ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54110 — 2010

ВОДОРОДНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОПЛИВА

Часть 1

Безопасность

ISO 16110-1:2007
(NEQ)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2011

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0 — 2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Некоммерческим партнерством «Национальная ассоциация водородной энергетики» (НП НАВЭ)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 29 «Водородные технологии»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 декабря 2010 г. № 804-ст

4 В настоящем стандарте учтены соответствующие положения международного стандарта ИСО 16110-1—2007 «Водородные генераторы на основе технологий переработки топлива. Часть 1. Безопасность (ISO 16110-1:2007 «Hydrogen generators using fuel processing technologies. Part 1. Safety», NEQ)

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «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

© Стандартинформ, 2011

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 распространения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 2
4 Безопасность. Требования и защитные меры . . . 6
4.1 Анализ безопасности и надежности . . . 6
4.2 Техническое описание оборудования . . . 7
4.3 Условия эксплуатации и содержания оборудования . . . 8
4.4 Принципы проектирования . . . 9
4.5 Выбор материалов . . . 11
4.6 Оборудование и системы трубопроводов, работающие под давлением . . . 13
4.7 Предотвращение опасностей возгорания и взрыва . . . 15
4.8 Предотвращение опасностей поражения электрическим током . . . 20
4.9 Электромагнитная совместимость (EMC) . . . 20
4.10 Системы управления и оборудование защиты и безопасности . . . 20
4.11 Пневматическое и гидравлическое оборудование . . . 23
4.12 Клапаны . . . 24
4.13 Оборудование с вращающимися элементами конструкции . . . 24
4.14 Шкафы . . . 25
4.15 Термоизоляционные системы и материалы . . . 26
4.16 Энергосредства . . . 26
4.17 Установка и техническое обслуживание . . . 26
5 Методы испытаний . . . 27
5.1 Погрешности измерения . . . 27
5.2 Испытательное топливо и давление . . . 28
5.3 Основные условия проведения испытаний . . . 28
5.4 Типовые/квалификационные испытания . . . 28
5.5 Контрольные испытания . . . 39
6 Маркировка, обозначения и упаковка . . . 39
6.1 Маркировка водородного генератора . . . 39
6.2 Маркировка компонентов . . . 40
6.3 Техническая документация оборудования . . . 40
Приложение А (справочное) Существенные опасности и опасные ситуации, указанные в настоящем стандарте . . . 45
Приложение Б (справочное) Науглероживание и совместимость материалов для работы в водородной среде . . . 47
Приложение В (справочное) Утилизация водородных генераторов . . . 49
Приложение Г (справочное) Рекомендации по установке водородных генераторов . . . 50
Библиография . . . 51

Введение

Настоящий стандарт распространяется на водородные генераторы на основе переработки топлива и содержит требования и рекомендации, относящиеся к водородным генераторам на основе технологий переработки водородсодержащих топлив с целью обеспечения:

- безопасности людей и имущества;
- эффективного управления;
- удобства технического обслуживания и эксплуатации.

Высокие эксплуатационные характеристики, включая производительность, не являются приоритетными факторами по сравнению с упомянутыми выше требованиями.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ВОДОРОДНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТОПЛИВА

Часть 1

Безопасность

Hydrogen generators using fuel processing technologies. Part 1. Safety

Дата введения 2011 — 07 — 01

1 Область распространения

Стандарт распространяется на автономные водородные генераторы или генераторные системы с производительностью водорода менее 400 м^3/ч при 0 °С и 101,325 кПа (далее — водородные генераторы), преобразующие подаваемое топливо в водородсодержащий газ, состав и состояние которого пригодны для устройств, использующих водород (например, энергетических установок на топливных элементах или систем компрессии, хранения и транспортирования водорода).

Настоящий стандарт распространяется на водородные генераторы, использующие один из следующих видов подаваемого топлива или их комбинацию:

- природный газ и другие метаносодержащие газы, выделенные из возобновляемой биомассы или источников природного топлива, например газ из органических отходов, биогаз, угольный газ;
- топливо, полученное при переработке нефти, например дизельное топливо, бензин, сжиженные нефтяные газы, такие как пропан и бутан;
- спирты, эфиры, сложные эфиры, альдегиды, кетоны, синтетические жидкие углеводороды и другие водородсодержащие органические соединения, выделенные из возобновляемой биомассы или источников природного топлива, например метанол, этанол, демитиловый эфир , биодизельное топливо;
- газообразные смеси, содержащие водородный газ, например синтез-газ и бытовой газ.

Настоящий стандарт распространяется на стационарные водородные генераторы, предназначенные для коммерческого, промышленного, полупромышленного и бытового использования в помещении и вне помещения.

Целью документа является раскрытие всех существенных рисков, опасных ситуаций и случаев, имеющих отношение к водородным генераторам, за исключением рисков, ассоциирующихся с совместимостью с окружающими условиями (условиями установки), когда они используются в соответствии с назначением и при соблюдении условий, предусмотренных изготовителем.

Примечание — Перечень существенных рисков и опасных ситуаций, рассматриваемых в настоящем стандарте, приводится в приложении А.

Настоящий стандарт применяется для оценки соответствия генераторов водорода требованиям национальной системы стандартизации, а также [32], [33].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р МЭК 60079-0 — 2007 Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования

ГОСТ Р МЭК 60079-2 — 2009 Взрывоопасные среды. Часть 2. Оборудование с защитой вида заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением «р»

Издание официальное

ГОСТ Р МЭК 60079-10-1—2008 Взрывоопасные среды. Часть 10-1. Классификация зон. Взрывоопасные газовые среды

ГОСТ Р МЭК 60079-10-2—2010 Взрывоопасные среды. Часть 10-2. Классификация зон. Взрывоопасные пылевые среды

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменяющим (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **режим обедненной горючей смеси** (air-rich condition): Режим работы, при котором в смеси топлива и воздуха содержание воздуха превышает содержание этого компонента в смеси стехиометрического состава.

Примечание — Режим обедненной горючей смеси применяется, когда необходимо полное сгорание топлива (например, в пламенных горелках).

3.2 **система обедненной горючей смеси** (air-rich system): Система, использующая обедненную горючую смесь.

3.3 **температура окружающей среды** (ambient temperature): Температура окружающей среды устройства, блока оборудования или установки.

3.4 **самовоспламенение** (auto-ignition): Явление, при котором смесь газов, паров, влаги, пыли или распылительных растворов воспламеняется без применения внешнего источника воспламенения [28].

3.5 **температура самовоспламенения** (auto-ignition temperature): Минимальная температура, при которой происходит самовоспламенение [28].

3.6 **автотермический риформинг** (auto-thermal reforming): Комбинированный процесс частичного окисления и парового риформинга.

3.7 **система управления горелкой** (burner control system): Система, отслеживающая производственный процесс топливных горелок, содержащая программный блок и детектор пламени, который также может включать источник воспламенения и/или воспламеняющее приспособление.

3.8 **шкаф** (cabinet): Конструкция, содержащая водородный генератор, предназначенная для его защиты от климатических воздействий и негативных воздействий внешних условий, случайного контакта с людьми и животными, а также для обеспечения безопасности людей и животных и защиты от случайного контакта с опасными частями или материалами конструкции водородных генераторов и их арматуры.

3.9 **каталитическое частичное окисление** (catalytic partial oxidation): Экзотермическая реакция конверсии углеводородных соединений с небольшим содержанием воздуха в водородсодежащие продукты под воздействием катализатора.

3.10 **горючий газ, жидкость или пар** (combustible gas, liquid or vapour): Газ, жидкость или пар, которые в смеси с воздухом или кислородом способны воспламеняться под воздействием источника воспламенения.

3.11 **коммерческий** (commercial): Термин, применяемый в отношении водородных генераторов, эксплуатируемых малоквалифицированными специалистами на непроизводственных коммерческих площадях, таких как магазины, гостинницы, офисные здания, образовательные учреждения и заправочные станции и др.

3.12 **расположение в недоступном месте** (concealed location): Месторасположение, недоступное без разрушения частей конструкции здания или облицовки.

Примечание — Области выше, ниже или позади легкосъемных панелей или дверей не считаются недоступными.

3.13 **оценка соответствия** (conformity assessment): Выполнение действий, направленных на определение соответствия продукции, процесса, системы, лица или органа законодательным и нормативным техническим требованиям.

Примечание — Предмет оценки соответствия включает в себя виды деятельности, указанные в [31], такие как испытания, инспекция и сертификация, а также аккредитация органов по оценке соответствия.

3.14 **критический отказ** (critical failure mode): Отказ программного или аппаратного блока, способный привести к недопустимому риску или ущербу.

3.15 **максимально допустимое давление** (maximum allowable pressure): Максимальное давление, на которое спроектировано оборудование.

3.16 **расчетная температура** (design temperature): Значение температуры, применяемое при проектировании оборудования, находящегося под давлением.

3.17 **процесс горения** (direct ignition): Процесс горения горючей смеси непосредственно в основной горелке без использования источника воспламенения.

3.18 **пределы взрываемости** (explosion limits): Максимальная и минимальная концентрация газа, пара, влаги, распылителя или пыли в воздухе или кислороде для возникновения детонации.

Примечания

1 Пределы зависят от размера и геометрии камеры сгорания, условий, окружающей среды, концентрации топлива, а также средств воспламенения.

2 Термины «предел взрываемости» и «предел воспламенения» обычно используются как эквиваленты. Единственным веществом, для которого предел взрываемости существенно отличается от предела воспламенения, является водород [28].

3.19 **взрывоопасная среда** (explosive atmosphere): Химически активная смесь горючих веществ в форме газа, пара, влаги или пыли с воздухом при атмосферных условиях, находящаяся в таких условиях, при которых может произойти взрыв [35].

3.20 **взрывоопасная газовая среда** (explosive gas atmosphere): Химически активная смесь горючих газов или паров с воздухом при атмосферных условиях, находящаяся в таких условиях, при которых может произойти взрыв.

Примечание — Несмотря на то что смесь, концентрация которой превышает верхний предел взрываемости, не является взрывоопасной газовой средой, она при определенных условиях вполне может стать таковой. В этой связи, в ряде случаев для целей классификации сред рекомендуется считать такую смесь взрывоопасной газовой средой [35].

3.21 **узлы заводской комплектации** (factory matched unit): Компоненты системы заводского производства, предназначенные для эксплуатации в сборе, упакованные для хранения и транспортирования, собираемые на месте сборки и эксплуатации.

3.22 **жидкость Фишера-Тропша** (Fischer-Tropsch liquids): Синтетические жидкие углеводороды, полученные методом, основанным на синтезе Фишера-Тропша.

Примеры

Газ — жидкость (Gas-to-liquids, GTL), метанол — бензин (methanol-to-gasoline, MTO), метанол — олефин — бензин и дистилляты (methanol-to-olefins-to-gasoline and distillates, MOGD), диметиловый эфир (dimethyl ether, DME) и т. д.

3.23 **детектор пламени** (flame detector): Устройство, сигнализирующее о наличие или отсутствии пламени.

Примечание — Детектор пламени включает в себя датчик пламени, может также включать усилитель и реле для передачи сигнала, встраиваемые в корпус детектора или устанавливаемые в программный блок.

3.24 **датчик пламени** (flame sensor): Первичное устройство детектора пламени, фиксирующее наличие пламени.

Примеры

Оптические датчики, пламенные электроды (пламенные стержни).

3.25 **время блокировки при прекращении горения** (flame failure lock–out time): Период времени между сигналом, указывающим на отсутствие пламени в горелке, и блокировкой систем генератора.

3.26 **предел воспламенения** (flammability limit): Нижняя (нижний предел воспламенения) и верхняя (верхний предел воспламенения) границы концентрации паров топлива или газа в воздухе, при которой возникает воспламенение горючей смеси.

Примечания

1 Пределы воспламенения зависят от химических свойств, температуры, давления, горючих смесей и энергии воспламенения.

2 Пределы воспламенения обычно выражаются в виде процентов (объемной долевой концентрации) [28].

3.27 **проскок пламени** (flashback): Смещение фронта пламени во внутреннюю полость горелки, вызванное снижением скорости подачи газовоздушной смеси ниже скорости распространения пламени.

3.28 **рама** (frame): Сборная конструкция сварного или другого типа, на которой установлен шкаф водородного генератора, его оборудование и компоненты, обеспечивающая фиксацию местоположения оборудования, устойчивость и надежность установки.

3.29 **система переработки топлива** (fuel processing system): Система каталитических или химических реакторов, преобразующих подаваемое топливо в газовую смесь, насыщенную водородом с заданным составом и параметрами.

3.30 **режим богатой горючей смеси** (fuel-rich condition): Смесь топлива и воздуха, в которой содержание топлива превышает стехиометрическую концентрацию смеси.

Примечание — Режим богатой горючей смеси применяется в тех случаях, когда необходимо полное окисление кислородом воздуха (например, в каталитическом частичном окислении, селективном окислении или автотермальных реакторах).

3.31 **система богатой горючей смеси** (fuel-rich system): Система, оперирующая с богатой горючей смесью.

3.32 **ущерб** (harm): Травма или ущерб здоровью, а также ущерб имуществу или окружающей среде [33].

3.33 **опасность** (hazard): Потенциальный источник ущерба.

Примечание — Термин «опасность» может быть ограничен определением для обозначения источника или природы возможного ущерба (например, опасность поражения электрическим током, опасность разрушения, опасность пореза, опасность отравления токсичными веществами, опасность возгорания, опасность затопления) [33].

3.34 **опасная зона** (hazardous area): Зона, в которой присутствует или может присутствовать взрывоопасная газовая среда в количествах, требующих принятия специальных мер предосторожности и применения специального оборудования [35].

3.35 **опасное условие** (hazardous situation): Обстоятельство, при котором люди, имущество и окружающая среда подвержены одной или более опасности [33].

3.36 **период воспламенения** (ignition activation period): Период времени, в течение которого происходит воспламенение, т. е. между приведением в действие основного газового клапана и прекращением использования средств воспламенения.

3.37 **авария** (incident): Событие или цепочка событий, которые могут привести к ущербу.

3.38 **промышленный** (industrial): Термин, относящийся к использованию водородных генераторов квалифицированным опытным персоналом в производственной среде или на промышленном предприятии, например на химическом заводе или в шахте.

3.39 **топливо, подаваемое в генератор** (input fuel): Химическое вещество, подаваемое в водородный генератор в качестве реагента или энергоносителя, обычно состоящее из углеводородов (природный газ и др.), спиртов или других органических соединений.

3.40 **источник воспламенения пульсирующего действия** (intermittent pilot): Источник воспламенения, который автоматически возникает в начале работы основной горелки, остается горящим в течение каждого рабочего периода и автоматически затухает при завершении рабочего цикла основной горелки.

3.41 **источник воспламенения прерывного действия** (interrupted pilot): Источник воспламенения, который автоматически возникает до подачи топлива к основной горелке и автоматически затухает после установления основного пламени.

3.42 **полупромышленный** (light industrial): Термин, относящийся к использованию водородного генератора персоналом, имеющим непрофессиональные навыки и квалификацию, опыт в смежных отраслях деятельности с ограниченными средствами контроля, например на промышленных предприятиях по производству компьютеров и электроники.

3.43 **газы предельных концентраций** (limit gases): Газы для тестов и испытаний, имеющие предельную концентрацию воспламенения, предназначенные для проверки работы спроектированого оборудования.

3.44 **блокировка** (lock-out): Безопасное выключение, при котором система переходит в энергонезависимое или энергозависимое состояние блокирования.

3.45 **нижний предел взрываемости [НПВ]** (lower explosive limit, LEL): Концентрация взрывоопасного газа или пара в воздухе, ниже которой газовая среда является невзрывоопасной.

3.46 **период установления основного пламени** (main flame establishing period): Временной период между моментом приведения в действие средств воспламенения основного пламени горелки и сигналом, указывающим на устойчивую ее работу.

3.47 **вентиляция** (ventilation): Воздухообмен, осуществляемый с помощью устройств, которые его осуществляют, например вентиляторов, и предназначенный для подачи свежего воздуха в зону вентиляции.

3.48 **безопасная зона** (non-hazardous area): Зона, в которой количество взрывоопасной среды не требует применения специальных мер предосторожности, установки и использования соответствующего оборудования

3.49 **энергонезависимая блокировка** (non-volatile lock-out): Безопасное выключение системы, после осуществления которого повторный запуск ее возможен только вручную, без применения каких-либо других средств.

3.50 **нормальный режим работы** (normal operation): Стандартная ситуация, при которой оборудование работает с расчетными параметрами

Примечания

1 Незначительные выбросы горючего материала могут быть частью нормального режима работы, если это не влияет на безопасность работы установки.

2 Неисправности (такие, как поломки насосных клапанов, фланцевых прокладок или разливы, относящиеся к аварийным ситуациям), которые требуют срочного ремонта и блокировки, не относятся к нормальному режиму работы, но и не считаются катастрофическими.

3 Нормальный режим работы включает процесс запуска и остановки.

3.51 **режим работы** (operating mode): Заданное условие (состояние) функционирования системы.

3.52 **укомплектованный блок** (packaged unit): Платформа или шкаф, содержащий компоненты системы, собранные на предприятии-изготовителе и предназначенные для совместной работы.

3.53 **разрешительный режим** (permissive): Условие в последовательности логических операций, которое должно быть удовлетворено перед тем, как последовательность перейдет в следующую фазу.

3.54 **источник воспламенения** (pilot): Источник пламени меньшего размера по сравнению с основным пламенем, используемый для воспламенения основной горелки или горелок.

3.55 **устройство контроля отклонения давления в теплообменнике** (pressure gradient monitor): Предохранительное устройство, установленное непосредственно в теплообменнике для контроля протекания теплообменных потоков и изолирующее теплообменник в момент, когда перепад давления между потоками становится меньше минимального заданного порогового значения.

Примечание — Устройство контроля отклонения давления может использоваться для защиты качества воды, пригодной для бытовых нужд, от загрязняющих примесей, например токсичных охлаждающих жидкостей.

3.56 **период продувки** (purge time): Период, в течение которого вводится воздух для удаления оставшихся топливовоздушных смесей или продуктов сгорания в зонах сгорания и дымовых каналах.

3.57 **пирофорный материал** (pyrophoric material): Материал, способный самовоспламеняться при контакте с воздухом [22].

3.58 **время блокировки при проявлении отказа** (reaction failure lock-out time): Временной период между моментом обнаружения отказа и автоматическим выключением подачи топлива в режиме обедненной горючей смеси или автоматическим отключением подачи всех реагентов в режиме богатой горючей смеси в процессе блокировки.

3.59 **продолжительность воздействия отказа** (reaction initiation failure time): Временной период, в течение которого отказ был обнаружен и осуществлено автоматическое выключение подачи топлива в режиме обедненной горючей смеси или автоматическое отключение подачи всех реагентов в режиме богатой горючей смеси

3.60 **время повторения цикла** (recycle time): Временной период между сигналами отключения подачи топлива после прекращения горения пламени и началом новой процедуры запуска генератора.

3.61 **повторный цикл** (recycling): Процесс, с помощью которого, вслед за неудачным запуском водородного генератора, осуществляется повторная попытка запуска.

3.62 **нормальные условия** (reference conditions): Условия измерения объема газа, приведенные к температуре 15 °С и абсолютному давлению 101,325 кПа.

3.63 **нормальные газы** (reference gases): Испытательные газы для проверки оборудования в нормальных условиях.

3.64 **повторное воспламенение** (reignition): Процесс, с помощью которого, вслед за поступлением сигнала о затухании пламени, устройство воспламенения повторно приводится в действие без прерывания подачи топливного потока.

3.65 **бытовой** (residential): Термин, относящийся к использованию водородных генераторов не квалифицированными специалистами в частных жилых помещениях.

3.66 **время отклика системы** (response time): Временной период, необходимый для перехода водородного генератора из одного заданного режима в другой.

3.67 **риск** (risk): Сочетание вероятности ущерба и уровня его серьезности [33].

3.68 **анализ риска** (risk analysis): Систематическое использование имеющейся информации для определения опасностей и степени риска серьезности [33].

3.69 **оценка риска** (risk assessment): Процесс, состоящий из анализа риска и определения степени риска серьезности [33].

3.70 **определение степени риска** (risk evaluation): Процедура, основанная на анализе риска с целью определения его допустимости, серьезности [33].

3.71 **защита** (safeguarding): Набор действий системы управления, основанный на соблюдении технологического процесса и нацеленный на предотвращение технологического режима, который может быть опасным для персонала, предприятия, продукции или окружающей среды.

3.72 **анализ безопасности и надежности** (safety and reliability analysis): Документально оформленный и систематизированный набор действий, нацеленный на обнаружение и оценку потенциальной неисправности продукции/процесса и результатов воздействия этой неисправности, определение мер, необходимых для ликвидации или сокращения риска нанесения ущерба, возникающего в связи с потенциальной неисправностью.

3.73 **безопасное отключение** (safety shutdown): Процесс, следующий незамедлительно за сигналом защитного устройства или обнаружением ошибки в системе управления, который выводит систему из рабочего режима, закрывает запорные газовые клапаны и отключает устройство воспламенения.

3.74 **автономный блок** (self contained unit): Целостный и независимый блок.

3.75 **существенность** (severity): Качественное изменение ситуации, которое может свидетельствовать о возникновении опасности.

3.76 **исходное положение** (start position): Положение, указывающее на то, что система не находится в режиме блокировки, еще не получила сигнал запуска и не может перейти в цикл запуска.

3.77 **паровой риформинг** (steam reforming): Конверсия углеводорода с водой для производства водорода с подачей энергии, обычно с использованием катализатора.

3.78 **испытательные газы** (test gases): Газы, предназначенные для проверки рабочих характеристик оборудования, использующего горючие газы.

3.79 **допустимый риск** (tolerble risk): Риск, который считается допустимым при данных обстоятельствах на основе текущих оценок безопасности [33].

3.80 **переход** (transition): Процесс, при котором водородный генератор меняет один рабочий режим на другой.

3.81 **высший предел взрываемости [ВПВ]** (upper explosive limit, UEL): Концентрация горючего газа или пара в воздухе, превышающая концентрацию, при которой газовая среда является взрывоопасной.

3.82 **энергозависимая блокировка** (volatile lock-out): Безопасное выключение системы, при котором возможен ее повторный запуск вручную или путем применения дополнительных средств для последующего востановления работы генератора.

3.83 **система водоподготовки** (water treatment system): Система, предназначенная для подготовки и очистки оборотной и вновь добавляемой воды, используемой в работе водородного генератора.

4 Безопасность. Требования и защитные меры

4.1 Анализ безопасности и надежности

Изготовитель должен продемонстрировать, что анализ безопасности и надежности был проведен в соответствии с нормами [52], [61] или аналогичными нормативными документами.

Изготовитель должен гарантировать, что

- все возможные опасности и опасные условия, связанные с водородными генераторами в течение всего срока их эксплуатации, были установлены;
- риск каждой из этих опасностей был оценен в соответствии с национальными или международными нормами [23], [63], [66];

- риски в процессе проектирования были устранены или снижены, насколько это возможно (преимущественно путем проектирования и конструирования с учетом требований безопасности);

- необходимые защитные меры относительно неустранимых рисков были приняты, включая обеспечение оборудования предохранительными и защитными устройствами;

- были приняты меры по информированию пользователей о любых дополнительных мерах безопасности, которые могут потребоваться при установке оборудования.

4.2 Техническое описание оборудования

4.2.1 Система переработки топлива

Водородный генератор должен быть оборудован системой переработки топлива.

Технология переработки топлива должна включать следующие этапы:

- очистка топлива, которая может состоять из фильтрации и десульфуризации;

- первичная конверсия, в процессе которой топливо вступает в реакцию с образованием водорода, двуокиси углерода и окиси углерода путем парового риформинга, автотермического риформинга, каталитического или некаталитического частичного окисления;

- конверсия водяного пара, в процессе которой окись углерода вступает в реакцию с паром с выделением водорода;

- очистка, при которой из газовой смеси, насыщенной водородом, удаляются остаточные примеси;

- доведение заданных параметров газовой смеси по температуре и влажности до уровня, подходящего для устройства, использующего водород;

- дожигание остаточного газа, в процессе которого не вступившее в реакцию топливо и неиспользованный водород сжигаются каталитическим или некаталитическим способом перед выбросом в окружающую среду.

4.2.2 Система контроля рабочей среды

Водородный генератор должен быть оборудован системой контроля рабочей среды.

Система контроля рабочей среды должна измерять, приводить в нужное состояние, регулировать давление рабочей среды, используемой водородным генератором. Рабочая среда может быть в виде: реагента, такого как воздух (оксидант), топливо, вода, промежуточного продукта или отходов, например инертного газа и теплообменных жидкостей (вода, масло). Система контроля рабочей среды может включать комплексные подсистемы, такие как паровые генераторы, компрессоры, системы водообработки и др.

4.2.3 Система термоконтроля

Водородный генератор должен быть оборудован системой термоконтроля, обеспечивающей отведение тепла для поддержания теплового равновесия. Система термоконтроля может также осуществлять возврат избыточного тепла и способствовать нагреву блока во время запуска генератора.

Примечание — Система термоконтроля позволяет оптимизировать организацию теплообмена и массообмена в целях минимизации потерь при охлаждении и нагревании, а также минимизировать энергетические потери, объединяя горячие и холодные технологические потоки термодинамически эффективным способом, уменьшать водопотребление.

4.2.4 Автоматическая система управления

Водородный генератор оборудуется автоматической системой управления технологическими процессами, регулирующей эффективное взаимодействие всех компонентов для поддержания технологических параметров в пределах, заданных изготовителем генератора, без вмешательства оператора.

Примечание — Автоматическая система управления технологическими процессами может содержать механические, гидравлические, пневматические, электрические, электронные, программно-электронные элементы и элементы компьютерного программного и аппаратного обеспечений.

4.2.5 Электрическая система

Водородный генератор оборудуется электрической системой. Электрическая система может содержать цепи и устройства, регулирующие и распределяющие электрическую энергию в водородном генераторе.

4.2.6 Рама и шкаф

Водородный генератор устанавливается на раме и, при необходимости, защищается шкафом.

В шкафах может быть установлена естественная или искусственная вентиляция, обеспечивающая циркуляцию внешнего воздуха во внутренние отсеки и удаление избыточного тепла, опасных дымовых газов и паров.

4.2.7 Соединительный трубопровод

Водородный генератор может содержать трубы, соединенные муфтами и фитингами. В частности, водородный генератор может содержать систему выброса отходящих дымовых газов или трубопроводную систему подачи рабочего продукта, предназначенную для рабочей среды, содержащей газообразный водород, к конечному потребителю продукта (например, для энергетической установки на топливных элементах или системы компримирования, хранения и транспортирования водорода).

4.3 Условия эксплуатации и содержания оборудования

4.3.1 Общие положения

Водородный генератор и защитные системы должны быть спроектированы и сконструированы таким образом, чтобы они были работоспособными в условиях, обозначенных в 4.3.2 — 4.3.8.

4.3.2 Потребляемая электрическая энергия

Потребляемая электрическая энергия водородного генератора должна соответствовать требованиям для установок промышленного применения [38] или бытового, коммерческого и полупромышленного применения [39]. В случае особого источника электрической энергии, например топливного элемента, потребляемая электрическая энергия водородного генератора должна соответствовать требованиям, установленным изготовителем.

4.3.3 Условия эксплуатации

В технической документации на поставляемое оборудование с учетом типа водородного генератора изготовитель должен указать условия эксплуатации:

- тип используемого помещения и прилегающей территории;
- максимальную высоту над уровнем моря, при которой водородный генератор обеспечивает заданные характеристики;
- диапазоны температур окружающей среды и влажности воздуха, при которых водородный генератор работает, обеспечивая заданные характеристики;
- сейсмическую зону, в которой возможна эксплуатация водородного генератора;
- возможность эксплуатации водородного генератора в опасных зонах;
- возможность эксплуатации водородного генератора в условиях загрязненной окружающей среды (пыль, соль, дым и коррозионные газы);
- риск возгорания при использовании вне помещения.

4.3.4 Исходное топливо

В технической документации на поставляемое оборудование с учетом типа водородного генератора изготовитель должен указать предельные характеристики и характеристики подачи исходного топлива, предназначенного для использования в водородном генераторе.

4.3.5 Вода

В технической документации на поставляемое оборудование с учетом типа водородного генератора изготовитель должен указать качество и характеристики подачи воды, предназначенной для использования в водородном генераторе.

4.3.6 Вибрация, толчок и удар

Конструкцией водородного генератора должна быть предусмотрена способность выдерживать воздействие вибрации, толчков и ударной нагрузки. В противном случае генератор должен быть оборудован средствами защиты от воздействия вибрации, толчков и ударной нагрузки, включая производимые самим генератором и сопутствующим оборудованием, а также физическими объектами, находящимися в зоне его эксплуатации, за исключением сейсмических толчков, которые будут отдельно рассмотрены в 4.4.3. Для этой цели необходимо применять виброустойчивое оборудование, размещать источник вибрации вдали от водородного генератора или использовать антивибрационные установочные плиты. Изготовитель должен указать в технической документации на оборудование средства, которые должны использоваться для защиты водородного генератора от воздействия вибрации, толчков и ударной нагрузки в тех случаях, когда это необходимо.

4.3.7 Ветер

Водородный генератор должен пройти испытания на воздействие ветра, описанные в 5.4.11.

4.3.8 Погрузочно-разгрузочные работы, транспортирование и хранение

Конструкция водородного генератора должна выдерживать воздействие температуры транспортирования и хранения в диапазоне от минус 25 °С до плюс 55 °С на короткие периоды времени, не превышающие 24 ч, и до 70 °С в соответствии с нормами [38]; или должны быть приняты меры предосторожности для

защиты генератора от такого температурного воздействия. Альтернативные температурные диапазоны определяются изготовителем и включаются в техническую документацию на поставляемое оборудование.

Водородный генератор или каждый его компонент должен:

- перемещаться и транспортироваться безопасно и, при необходимости, быть обеспечен приспособлениями для погрузочно-разгрузочных работ, выполняемых кранами или другим оборудованием;

- быть укомплектован или спроектирован таким образом, чтобы обеспечивалось его безопасное хранение (например, достаточная устойчивость, специальное крепление и т. д.).

Изготовитель должен указать в технической документации на поставляемое оборудование наличие специальных приспособлений для погрузочно-разгрузочных работ, транспортирования и хранения в тех случаях, когда это необходимо.

4.3.9 Продувка системы

Отсек (отсеки) генератора, где из соображений безопасности после отключения или перед запуском требуется безопасное состояние рабочей среды, должны быть оборудованы системой продувки. Изготовитель должен указать в технической документации характеристики средства, которое будет использоваться для продувки, и соответствующие процедуры для исключения ошибки оператора во время ручной продувки.

4.4 Принципы проектирования

4.4.1 Общие требования

Водородный генератор должен обеспечивать установленное качество эксплуатации, функционировать, транспортироваться, монтироваться, регулироваться, обслуживаться, демонтироваться и ликвидироваться в безопасном режиме, исключающем ситуации, приводящие к травмам или вреду здоровью обслуживающего персонала.

Водородный генератор должен быть спроектирован, сконструирован и оборудован таким образом, чтобы были исключены все возможные риски, возникающие в связи с обращением газа, жидкости, пыли и пара, выбрасываемыми во время его эксплуатации и технического обслуживания или используемыми в его конструкции.

При размещении и маркировке мест забора проб и мест ввода в трубопровод продукта, содержащего взрывоопасные, огнеопасные или токсические жидкости, должны быть приняты все необходимые меры предосторожности, предусмотренные техникой безопасности.

Элементы конструкции, в которых конденсат или другие жидкие продукты могут скапливаться до или во время запуска установки, а также в процессе ее нормальной работы, должны быть оборудованы средствами для безопасного сброса давления, если существует потенциальная опасность выпаривания жидкости.

Жидкотопливные водородные генераторы должны включать в себя техническое обеспечение для улавливания, повторного рабочего цикла и/или безопасного удаления высвобожденного жидкого топлива. Для предотвращения нерегулируемых выбросов конструкцией генераторов должны быть предусмотрены поддоны для сбора пролива или трубы с двойными стенками, а также указатели уровня.

По возможности:

а) доступные части водородного генератора не должны иметь острых выступающих углов и шероховатых поверхностей, способных причинить травму;

б) водородный генератор или его части, рядом с которыми возможно движение или нахождение людей, должны быть спроектированы и сконструированы таким образом, чтобы исключить наличие скользких поверхностей, опасность споткнуться или вероятность падения людей как на указанные элементы конструкции, так и с них;

в) подвижные части водородного генератора должны быть спроектированы, собраны и расположены таким образом, чтобы предотвратить опасности, а в тех местах, где опасность сохраняется, следует установить ограждения или защитные устройства так, чтобы избежать всех рисков контакта, которые могут привести к несчастному случаю;

г) проектированием и оборудованием любых зон, требующих присутствие персонала в процессе производства, регулировки и операций технического обслуживания, должен быть обеспечен безопасный вход/выход и доступ к элементам конструкции.

Оборудование или компоненты, неисправность которых может привести к возникновению опасных условий согласно анализу безопасности и надежности по 4.1, должны быть отдельно испытаны на соответствие нормам безопасности или сертифицированы для использования по назначению.

4.4.2 Расчетная температура

Значения максимальной и минимальной температуры компонентов и материалов, установленных в водородном генераторе, не должны превышать установленных изготовителем пределов.

4.4.3 Механическая устойчивость

Конструкцией водородных генераторов, компонентов и фитингов должна быть обеспечена устойчивость к условиям эксплуатации, включая климатические и сейсмические условия.

В ином случае должны быть предоставлены средства крепления, которые должны быть указаны в технической документации на поставляемое оборудование.

Различные части водородного генератора и их соединения должны быть сконструированы таким образом, чтобы при нормальной эксплуатации не возникали неустойчивость, отклонение, поломка или износ, способные снизить их безопасность.

Все части должны быть надежно смонтированы или закреплены на жесткой раме. Амортизаторы могут использоваться, там где это необходимо по назначению.

4.4.4 Температура поверхностей, доступных пользователям

Изготовитель должен принять меры по устранению любого риска травмирования в результате контакта с генератором или с воздействием теплового излучения от высокотемпературных элементов конструкции водородного генератора.

При потенциальном контакте пользователей с внешними поверхностями водородного генератора без средств индивидуальной защиты во время работы генератора, изготовитель должен:

- ограничить повышение температуры компонентов генератора относительно температуры окружающей среды, как указано в таблице 1; или
- установить ограждения или защитные устройств таким образом, чтобы предотвратить риск контакта, который может привести к несчастному случаю.

4.4.5 Температура прилегающих стен, пола и потолка

Уровень тепловыделения водородного генератора должен быть таким, чтобы температура окружающих генератор стен, пола и потолка не превышала более чем на 50 °С температуру окружающей среды при условиях испытания по 5.4.9.

4.4.6 Температура полимерных компонентов

Полимерные компоненты, встроенные в водородные генераторы (включая вентиляционные системы, поставленные изготовителем) должны сохранять свою функциональную пригодность в заданном диапазоне рабочих температур. Данное положение соблюдается в случае, если полимерные компоненты соответствуют требованиям, изложенным в 5.4.10.

Таблица 1 — Максимальное повышение температуры поверхности элементов конструкции водородного генератора относительно температуры окружающей среды, с которыми возможен контакт пользователей во время эксплуатации без средств индивидуальной защиты [39]

Материал	Максимальное повышение температуры поверхности относительно температуры окружающей среды °С
Металл	35
Фарфор или стекловидный материал	45
Пластик, резина или дерево	60

Примечания

1 Значения повышения температуры, приведенные в таблице, соотносятся с температурой окружающей среды 25 °С.

2 Предел повышения температуры для металла применяется к частям с металлическим покрытием толщиной не менее 0,1 мм и к металлическим частям с пластиковым покрытием толщиной менее 0,3 мм.

3 В условиях нормальной эксплуатации возможны только кратковременные контакты персонала с поверхностями элементов конструкции генератора.

4.4.7 Шум

Водородный генератор должен быть спроектирован и сконструирован таким образом, чтобы в процессе использования оборудования по назначению, с учетом его месторасположения, уровень излучения шума соответствовал применяемым сводам правил и стандартам.

4.4.8 Система сброса конденсата отработанного газа

Конденсат отработанного газа, образующийся в дымоотводном канале и соединительных трубах, должен быть удален через отводную трубу (трубы) или любое другое устройство, обеспечивающее безопасное удаление конденсата. Внутренний диаметр внешнего соединения системы сброса конденсата должен быть не менее 13 мм. Система сброса конденсата должна быть частью водородного генератора, легкодоступной для осмотра и очистки в соответствии с инструкциями изготовителя.

Система сброса конденсата не должна пропускать продукты сгорания в помещение, где установлен водородный генератор. Если используется влагоотделитель, уровень гидрозатвора должен быть не менее 25 мм при максимальном давлении в камере сгорания и максимальной длине дымоотводного канала, указанных изготовителем.

Поверхности, находящиеся в контакте с конденсатами (например, дренажные трубы, влагоотделители и сифоны), должны быть спроектированы таким образом, чтобы предотвратить нежелательное удерживание конденсата.

4.4.9 Окись углерода

Концентрация окиси углерода в отработавших газах водородного генератора, выбрасываемых в атмосферу, при нормальных условиях эксплуатации не должна превышать 300 ppm.

Примечание — Данный порог может быть дополнительно ограничен изготовителем для специальных областей назначения в зависимости от особенностей использования и потенциального воздействия на людей и животных углекислого газа.

Концентрация окиси углерода в выбросе водородного генератора в атмосферу при заблокированном выпуске не должна превышать 600 мкл/л согласно испытанию по 5.4.12.2. Кроме того, в отработавших газах водородного генератора концентрация окиси углерода не должна быть более 600 ppm при заблокированной подаче воздуха на впуске согласно испытанию по 5.4.12.3.

4.4.10 Прочность газонесущих частей

Все газонесущие части водородного генератора должны быть прочными. Прочность проверяется испытанием по 5.4.3.

4.5 Выбор материалов

4.5.1 Выбор материалов с учетом факторов их опасности для здоровья (материалы)

Если материалы, используемые в конструкции водородного генератора, могут представлять при определенных условиях опасность, изготовитель обязан принять необходимые меры и включить в техническую документацию на поставляемое оборудование требования и информацию, необходимую для предупреждения угрозы безопасности или здоровью людей в течение всего жизненного цикла водородного генератора (упаковка, транспортирование, установка, ввод в эксплуатацию, эксплуатация, хранение, техническое обслуживание, вывод из эксплуатации, переработка и ликвидация).

4.5.2 Асбест

Асбест или асбестсодержащие материалы не должны использоваться в конструкции водородного генератора.

4.5.3 Пирофорные материалы

При использовании в конструкции водородного генератора общеизвестных пирофорных материалов изготовитель должен указать в технической документации на оборудование требования и процедуры, связанные с обезвреживанием или изолированием этих материалов при их безопасной погрузке-разгрузке, транспортировании, переработке или ликвидации в соответствии с применяемыми национальными или региональными сводами правил и стандартами по использованию опасных материалов.

4.5.4 Образование карбонил никеля

В случае возникновения вероятности образования карбонил никеля в предполагаемых условиях эксплуатации водородного генератора, изготовитель должен обеспечить условия для полного распада карбонил никеля в процессе работы генератора.

Такие условия могут быть достигнуты, если осуществлять продувку окисью углерода до момента, когда температура любой части слоев катализатора или других никельсодержащих компонентов будет ниже 200 °С. Если автоматическая продувка не выполняется, блокировочное устройство продувки должно исключить повторный запуск генератора до проведения ручной продувки.

Кроме того, изготовитель должен включить в техническую документацию оборудования предупреждение, информирующее пользователя, что зона рядом с выпускным трубопроводом во время ручной продувки должна быть свободна.

4.5.5 Свойства материала

4.5.5.1 Общие свойства

Металлические и неметаллические материалы, используемые в конструкции внутренних и внешних частей водородного генератора должны быть пригодными для использования во всех физических, химических и температурных условиях, возможных в процессе всего срока эксплуатации оборудования и для всех испытательных условий.

Данное требование, в частности, применяется к материалам, непосредственно или косвенно подвергающимся воздействию влаги, и к материалам, которые соприкасаются с рабочими потоками газа или жидкости, а также частям и материалам, используемым для крепления или соединения, например расходные материалы для сварки.

4.5.5.2 Механические свойства

Материалы должны сохранять свою механическую устойчивость, включая усталостные характеристики, предел усталости и ползучести при всех рабочих условиях и в течение всего срока эксплуатации, указанного изготовителем.

4.5.5.3 Химические и физические свойства

Материалы должны быть стойкими к химическому и физическому воздействию жидкостей, которые они содержат, а также к экологической деградации.

Химические и физические свойства, необходимые для обеспечения рабочей безопасности, не должны изменяться в течение запланированного срока эксплуатации оборудования, за исключением случаев, когда планируется их замена. При выборе материалов и технологических методов должное внимание следует уделить следующим свойствам материала:

- коррозии и стойкости к износу;
- электропроводности;
- удароустойчивости;
- стойкости к старению;
- воздействию температурных изменений;
- воздействию ультрафиолетового излучения;
- воздействию, возникающему при совмещении разнородных материалов, например контактной коррозии;
- стойкости к науглероживанию и разрушающему воздействию водорода на механические характеристики материала.

Примечание — Руководство по расчету науглероживания и разрушающего воздействия водорода на механические характеристики материала приводится в [28] и в приложении В.

При эрозии, коррозии, другом химическом воздействии или температурной деградации, согласно анализу безопасности и надежности по 4.1, должны быть приняты меры по:

- минимизации этого воздействия в процессе проектирования, например, дополнительным утолщением или средствами защиты, например, с помощью прокладок, облицовочных материалов, нанесения покрытий на поверхности, с учетом использования продукта по назначению;
- разрешению на замену поврежденных частей и
- указанию в руководстве по техническому обслуживанию и ремонту типа и периодичности осмотра, а также средств технического обслуживания, необходимых для продолжительного и безопасного использования, с указанием, при необходимости, частей, подвергающихся износу и критериев для их замены.

4.5.5.4 Проницаемость материалов для водорода

Величина утечки вследствие проницаемости материалов, используемых в конструкции компонентов, содержащих горючие газы, в частности водород, должна соответствовать требованиям 4.7. Проницаемость резины, пластиковых рукавов и рукавов в сборе для водорода и других горючих газов, нерастворимых в воде, должна быть испытана в соответствии с [4].

4.5.6 Пластиковые и эластомерные материалы

Пластиковые или эластомерные материалы должны использоваться в соответствии ГОСТ Р МЭК 60079-10-1, ГОСТ Р МЭК 60079-10-2 и [35]. Пластиковые или эластомерные материалы, должны быть антистатическими для предупреждения образования статического электричества при подаче сухих газов. Данные материалы должны соответствовать требованиям и пройти испытания в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60079-0 (подразделы 7.3 и 26.13).

4.6 Оборудование и системы трубопроводов, работающие под давлением

4.6.1 Оборудование, работающее под давлением

Сосуды высокого давления, включая реакторы, теплообменники, газовые трубные печи и котлы, электрические котлы, кулеры, аналогичные емкости и сопутствующие механизмы сброса давления (например, предохранительный клапан и другие аналогичные устройства) должны быть сконструированы и промаркированы в соответствии с общепринятым национальным/региональным стандартом, доказавшим свою пригодность в обеспечении общественной безопасности на основе достаточного производственного опыта в коммерческой сфере. В качестве такого стандарта может использоваться один из документов, признанный [29] .

Сосуды, не являющиеся сосудами высокого давления в соответствии с общепринятым национальным/региональным стандартом, указанным выше, должны быть сконструированы из материалов в соответствии с требованиями по 4.4 и 4.5. Такие сосуды и сопутствующие соединительные муфты и фитинги должны быть спроектированы и сконструированы таким образом, чтобы предотвратить непредусмотренные утечки.

4.6.2 Системы трубопроводов

4.6.2.1 Общие положения

Настоящие положения применяются ко всем системам трубопроводов, используемым в качесте элементов конструкции водородного генератора, включая его соединительные элементы. Изготовитель должен указать в технической документации на поставляемое оборудование элементы соединения, материалы системы трубопроводов, требования к конструкции и испытаниям и другие существенные ограничения. Настоящее положение, в частности, относится к системе вентиляции дымовых газов и системе подачи водородсодержащего продукта в распределительные компоненты. Системы металлических, неметаллических, жестких и гибких трубопроводов и сопутствующие соединительные муфты и фитинги должны соответствовать применимым требованиям [26].

Системы трубопроводов с внутренним избыточным давлением от 0 до 105 кПа, предназначенные для транспортирования негорючих, нетоксичных и безопасных жидкостей с расчетной температурой от минус 29 °С до плюс 186 °С [26], должны быть изготовлены из материалов по 4.5 и в соответствии с применимыми требованиями по 4.4. Такие трубы и относящиеся к ним соединительные муфты и фитинги должны быть спроектированы и сконструированы таким образом, чтобы предотвратить непредусмотренные утечки.

4.6.2.2 Проектирование и конструирование

При проектировании и конструировании жестких и гибких труб должны учитываться следующие аспекты:

- Материалы должны соответствовать требованиям, указанным в 4.5.

- Внутренние поверхности системы трубопроводов должны быть тщательно очищены от механических частиц, а концы труб должны быть обработаны для удаления шероховатости и неровностей.

- Изготовитель должен обеспечить средства дренажа и удаления осадков из нижних зон оборудования, доступ во время очистки, осмотра и технического обслуживания. В частности, изготовитель должен принять меры по предупреждению образования осадка или скопления конденсата в системе регулирования газообразного топлива. Должны быть установлены отстойники или фильтры, а в технической документации должны быть указаны соответствующие рекомендации.

- Изготовитель должен принять меры по предотвращению скопления осадков в системе регулирования жидкого топлива. Фильтр должен быть установлен до системы регулирования топлива.

- Системы неметаллических трубопроводов, использующиеся для горючих газов, должны быть защищены от возможного перегрева. В соответствии с требованиями безопасности и надежности, указанными в 4.1, должны быть приняты меры по предотвращению повышения температуры компонентов, транспортирующих горючие газы, выше их расчетной температуры.

- Системы неметаллических трубопроводов, используемых для горючих газов, должны быть защищены от возможного механического повреждения посредством адекватного расположения или обеспечением ограждений и опор.

- Выбросы разгрузочного клапана давления должны регулироваться в соответствии с требованиями 4.7.

Выброс из разгрузочного клапана давления должен производиться по трубе наружу, с использованием вентилятора, через систему вентиляции дымовых газов или разбавляться вентиляционным воздухом.

4.6.2.3 Специальные требования к системам вентиляции дымовых газов

Водородный генератор должен быть оборудован системой вентиляции дымовых газов продуктов сгорания из рабочей зоны генератора в атмосферу. Изготовитель должен спроектировать и построить

вентиляционную трубу для дымового газа или включить в техническую документацию поставляемого оборудования инструкции по проектированию и строительству такой трубы в соответствии со следующими требованиями:

- Материалы должны соответствовать требованиям, обозначенным в 4.5. В частности, система вентиляции дымовых газов должна быть построена из материала, стойкого к коррозии конденсата. Неметаллический материал должен быть оценен на предмет его температурного предела, прочности и стойкости к воздействию конденсата.

- Конструкция части системы вентиляции дымовых газов должна быть жесткой, плотно прилегать и соответствовать требованиям механического испытания по 5.4.7.

- Реле давления, используемые в бытовых, коммерческих и полупромышленных водородных генераторах для контроля потока выходных газов, должны быть отрегулированы предприятием-изготовителем. Средства регулировки должны быть заблокированы изготовителем. Реле давления должно иметь маркировочный знак, указывающий на номер детали изготовителя или дистрибьютора, соответствующий заводской настройке. Для реле давления водородных генераторов, предназначенных для промышленного использования, допускается отсутствие регулировок, устанавливаемых предприятием-изготовителем. В этом случае в технической документации на поставляемое оборудование должен быть указан метод регулирования.

- Регулирующая аппаратура, контактирующая с конденсатом отработанного газа, должна быть коррозионностойкой к этой среде при нормальных рабочих температурах.

- Температурные характеристики материалов, используемых в конструировании системы вентиляции дымовых газов, должны иметь достаточный запас при работе в температурных условиях отработанных газов, отводящихся этой системой.

Изготовитель должен включить в техническую документацию требования к установке системы вентиляции дымовых газов.

Примечание — Рекомендации по установке системы вентиляции дымовых газов включены в приложение Г.

4.6.2.4 Специальные требования к трубопроводам рабочего продукта

Водородный генератор может быть оборудован соединительным трубопроводом, используемым для подачи газообразного водородсодержащего продукта по элементам конструкции, которые могут входить в состав генератора или располагаться отдельно, например в энергетическую установку на топливных элементах или систему компримирования, хранения и транспортирования водорода.

Изготовитель должен спроектировать и сконструировать систему подачи рабочего продукта или включить в техническую документацию инструкции по проектированию и конструированию такой системы, в соответствии с нижеследующими требованиями [26]:

- Материалы должны соответствовать требованиям 4.5. В частности, системы трубопроводов рабочего продукта должны быть сконструированы из материала:

  - предназначенного для работы в водородной среде, имеющего механические характеристики, обеспечивающие непроницаемость и стойкость к воздействию водорода;

  - стойкого к коррозии в среде конденсата.

Примечание — Неметаллические материалы должны быть определены с учетом температурного фактора, сопротивляемости и стойкости к воздействию конденсата.

- Системы трубопроводов продукта должны быть спроектированы и сконструированы таким образом, чтобы обеспечивалась компенсация, связанная с их расширением, усадкой, вибрацией, оседанием и горением.

- Системы трубопроводного транспортирования продукта должны быть спроектированы и сконструированы таким образом, чтобы предупредить возможность водородной утечки.

- На системы трубопроводной транспортировки продукта должно быть нанесено обозначение «ВОДОРОД» с интервалами, не превышающими 3 м. Буквы этой надписи должны быть различимого цвета.

- На выпускной патрубок системы трубопроводного транспортирования продукта водородного генератора должна быть нанесена следующая маркировочная надпись: «Для транспортирования продукта в данном водородном генераторе требуется специальная система трубопроводного транспортирования. Перечень запасных частей и методы установки указаны в инструкции по установке».

Изготовитель должен включить в техническую документацию инструкции по установке трубопровода рабочего продукта.

Примечание — Рекомендации по установке системы трубопровода рабочего продукта включены в приложение Г.

4.6.3 Система температурного контроля

Если система термоконтроля не связана с системой бытового водоснабжения, могут использоваться любые средства теплопередачи, с учетом химического воздействия применяемых жидкостей или газов.

Если присутствует риск взаимодействия системы температурного контроля с бытовым водоснабжением, теплообменник должен иметь двухстенную конструкцию. Между стенками должен быть воздушный зазор, сообщающийся с окружающей средой. Несмотря на вышеизложенное требование, может использоваться и одностенная конструкция, если давление токсичного охладителя по крайней мере на 70 кПа ниже, чем давление со стороны бытового водоснабжения, что должно контролироваться прибором регистрации перепада давления, или в случае, когда используется нетоксичный охладитель.

4.7 Предотвращение опасностей возгорания и взрыва

4.7.1 Общие положения

Водородный генератор должен быть спроектирован и сконструирован таким образом, чтобы обеспечивалось предупреждение любого возможного риска пожара или взрыва, возникающего в самом водородном генераторе или в результате воспламенения горючих газов, жидкостей, паров и других веществ, производимых или используемых водородным генератором.

4.7.2 Предотвращение опасностей возгорания и взрыва вблизи водородных генераторов, оборудованных шкафами

4.7.2.1 Водородные генераторы, оборудованные шкафами, предназначенные для эксплуатации в безопасных зонах

4.7.2.1.1 Вентиляция отсеков в которых могут содержаться горючие газы или пары

Отсеки водородного генератора, в которых могут содержаться горючие газы или пары, должны вентилироваться механическим путем при отрицательном давлении (разрежении) относительно других отсеков и их окружения. Перебои в работе вентиляции, установленные при измерении интенсивности вентиляционного потока или при измерении давления, должны привести к отключению водородного генератора.

Несмотря на вышеупомянутое требование, в водородных генераторах, предназначенных для использования вне помещения, отсеки с источниками горючего газа или пара могут вентилироваться при положительном давлении в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60079-2 и [35].

Минимальный вентиляционный поток должен быть отрегулирован таким образом, чтобы для скорости выброса горючих газов или паров из водородного генератора максимальная концентрация любого горючего газа в вентиляционном потоке составляла не более 25 % нижнего предела взрываемости во всех условиях эксплуатации, за исключением водорода, для которого выброс не должен превышать 25 % нижнего предела воспламенения.

Отсеки водородного генератора, содержащие электрическое или механическое оборудование, должны вентилироваться свежим воздухом при избыточном давлении относительно отсеков с источником горючих газов или паров, за исключением случаев, когда такие отсеки относятся к классифицированной зоне «Отсек с источником горючих газов или паров» в соответствии с ГОСТ Р МЭК 60079-2 и [35].

4.7.2.1.2 Выбросы огнеопасных веществ

Водородный генератор должен быть оборудован пассивными и активными средствами или комбинацией этих средств для предотвращения возможных выбросов огнеопасных веществ, газов или паров внутри отсеков водородного генератора со скоростью, при которой выбросы не могут быть перемешаны механической вентиляцией до уровней менее 25 % нижнего предела взрываемости, за исключением водорода, для которого выброс не должен превышать 25 % нижнего предела воспламенения.

Пассивные средства могут включать в себя механическое ограничение выбросов огнеопасных газов или паров до максимального значения с помощью сопел или других подобных методов ограничения потока, или предохранительных муфт, сконструированных таким образом, чтобы они ограничивали скорость выброса до предусмотренного максимального значения.

Активные средства могут включать в себя измерение и регулирование потока или устройства безопасности, например датчики огнеопасного газа. Эти средства должны соответствовать требованиям, изложенным в 4.10, и должны приводить к отключению водородного генератора при возникновении условий, при которых концентрация любого горючего газа в вентиляционном выбросе превышает 25 % нижнего предела взрываемости, за исключением водорода, для которого выброс не должен превышать 25 % нижнего предела воспламенения.

Примечание — Неожиданные и катастрофические неисправности не должны считаться сценарием обычного выброса в данном анализе, если защита от таких сбоев не была предусмотрена при проектировании емкостей для горюих газов и систем трубопроводов (см. также 4.6).

В водородных генераторах, предназначенных для использования в помещениях, вентиляция и вытяжное устройство дымового газа должны быть спроектированы в соответствии с требованиями к вентиляционной системе или системе дымового газа согласно 4.6.2.3.

Жидкотопливные водородные генераторы должны включать средства, обеспечивающие защиту от опасности возгорания, например вентиляционный шкаф или другие средства. Если выбрасываемое жидкое топливо можно уловить, используются соответствующие уловители, поддоны для утечки или другие контейнеры, сообщающиеся с окружающей средой.

4.7.2.2 Водородные генераторы, оборудованные шкафами, предназначенные для использования в опасных зонах

Водородные генераторы, предназначенные для использования в опасных зонах, должны соответствовать требованиям ГОСТ Р МЭК 60079-0, ГОСТ Р МЭК 60079-2, ГОСТ Р МЭК 60079-10-1, ГОСТ Р МЭК 60079-10-2, в части, их касающейся [34], [35], [36].

4.7.2.3 Опасности внутри шкафов генераторов

4.7.2.3.1 Общие положения

Шкафы водородного генератора дожны быть спроектированы таким образом, чтобы любые выбросы горючих жидкостей, газов или паров внутри шкафов генераторов и, следовательно, объем опасных зон их внутреннего пространства сводились к минимуму в рабочих и других условиях, с учетом частоты, продолжительности и количества этих выбросов.

4.7.2.3.2 Классификация опасных зон

Отсеки с горючим газом или паром в шкафах водородного генератора должны быть классифицированы, а объем опасных зон определен согласно ГОСТ Р МЭК 60079-10-1, ГОСТ Р МЭК 60079-10-2 и [35], с учетом возможной частоты и скорости выброса, физических свойств выбрасываемого материала, вентиляции, геометрии системы и других значимых факторов.

4.7.2.3.3 Источники воспламенения внутри шкафов

Изготовитель должен устранить источники воспламенения в классифицированных (опасных) зонах шкафа, соблюдая следующие требования:

- применяемое электрооборудование для использования в классифицированных зонах должно соответствовать ГОСТ Р МЭК 60079-10-1, ГОСТ Р МЭК 60079-10-2 и [35];

- установленные устройства для электроподогрева должны соответствовать [67];

- температура поверхностей не превышает 80 % температуры самовоспламенения горючего газа или пара, °С.

Примечание — Сведения о температурах воспламенения различных огнеопасных жидкостей приведены в [36];

- возможность статического разряда должна быть устранена надлежащим электрическим соединением и заземлением [38] и правильным подбором материалов согласно 4.5;

- оборудование, содержащее материалы, ускоряющие реакцию окисления огнеопасных газов в смеси с воздухом, должно сдерживать распространение реакции из оборудования в окружающую огнеопасную среду.

4.7.2.3.4 Продувка вентилируемых зон

Если тип классифицированной зоны предусматривает наличие принудительной вентиляции, продувка этой зоны должна быть обеспечена не менее чем пятикратным воздухообменом до включения любых устройств, неприменяемых в невентилируемых классифицированных зонах.

В ином случае генератор должен быть оборудован приборами для измерения состава вентиляционного выброса, контролирующими качество продувки, необходимой для достижения уровней ниже 25 % нижнего предела взрываемости, за исключением водорода, для которого выброс не должен превышать 25 % нижнего предела воспламенения.

Все приборы, включаемые до продувки или для осуществления продувки, должны быть пригодными для использования в невентилируемых классифицированных зонах.

Продувка не осуществляется, если среда внутри отсека и конструкция сопутствующих трубопроводов соответствуют принятым критериям безопасности.

4.7.2.3.5 Техническое обслуживание оборудования, оказывающего влияние на классификацию опасных зон

Изготовитель должен включить в техническую документацию на поставляемое оборудование инструкции, гарантирующие, что оборудование всех видов, оказывающее влияние на классификацию зон, при его техническом обслуживании и последующем вводе в эксплуатацию, должно быть тщательно провере-

но до и после повторной сборки для сохранения целостности первоначальной конструкции, поскольку его состояние влияет на безопасность.

4.7.3 Предотвращение опасностей возгорания и взрыва вблизи водородных генераторов, не оборудованных шкафами

Водородные генераторы, не оборудованные шкафами, предназначенные для использования вне помещения, являются потенциальными источниками выброса огнеопасного газа и пара. Они должны быть спроектированы таким образом, чтобы все выбросы горючих жидкостей, газов или паров из водородного генератора и, следовательно, объем опасных зон вблизи генератора были сведены к минимуму при рабочих и других условиях, с учетом частоты, продолжительности и количества выбросов. Информация по эксплуатации и техническому обслуживанию водородного генератора с учетом вышеизложенного требования должна быть включена в техническую документацию оборудования.

Все площади вблизи водородного генератора, не оборудованного шкафами, должны быть классифицированы, а объем опасных зон определен, согласно ГОСТ Р МЭК 60079-10-1, ГОСТ Р МЭК 60079-10-2 и [35], с учетом возможной частоты и скорости выброса, физических свойств выбрасываемого материала, вентиляции, геометрии системы и других значимых факторов.

Техническая документация на поставляемое оборудование должна содержать инструкции по установке, указывающие на то, что в классифицированных опасных зонах источники возгорания должны быть устранены, при этом:

- установленное электрооборудование применимо для использования в классифицированных зонах согласно ГОСТ Р МЭК 60079-10-1, ГОСТ Р МЭК 60079-10-2 и [35];

- значение температуры поверхностей не превышает 80 % значения температуры самовоспламенения горючего газа или пара, °С;

- установленные устройства для электроподогрева должны соответствовать [67].

Примечание — Сведения о температурах воспламенения различных огнеопасных жидкостей приведены в [36].

- возможность статического разряда устранена путем надлежащего электрического соединения и заземления [38] и правильным подбором материалов согласно 4.5;

- оборудование, содержащее материалы, допускающие ускорение реакции горючих газов с воздухом, должно сдерживать распространение реакции из оборудования в окружающую горючую среду.

Изготовитель должен включить в техническую документацию водородного генератора следующую информацию:

- инструкции, определяющие, что в классифицированных зонах в случае применения механической вентиляции зона установки водородного генератора принудительно продувается перед включением любых устройств, не применяемых для использования в невентилируемых классифицированных зонах:

Примечания

1 Интенсивность продувки определяется анализом характеристик потока и геометрии системы.

2 Все приборы, включаемые до продувки или для осуществления продувки, должны быть применимы для использования в невентилируемых классифицированных зонах.

3 Продувка не осуществляется, если среда внутри отсека и конструкция сопутствующих трубопроводов соответствуют принятым критериям безопасности;

- инструкции, определяющие, что вблизи водородных генераторов, предназначенных для использования вне помещения, отсеки, содержащие электрическое и механическое оборудование, вентилируются при положительном давлении воздухом или негорючими жидкостями согласно ГОСТ Р МЭК 60079-2 [34], за исключением случаев, когда оборудование применимо для использования в классификационных зонах согласно ГОСТ Р МЭК 60079-10-1, ГОСТ Р МЭК 60079-10-2 и [35];

- инструкции, определяющие, что любое оборудование, оказывающее влияние на классификацию зон, при его техническом обслуживании и вводе в эксплуатацию тщательно проверяется до и после повторной сборки на предмет сохранения целостности первоначальной конструкции, поскольку его состояние влияет на безопасность;

- информацию, требования и другие ограничения по установке и эксплуатации водородных генераторов без шкафов для предотвращения рисков здоровью или безопасности.

4.7.4 Горелки

Конструкцией водородных генераторов должна быть исключена возможность скопления горючих или взрывоопасных газов в горелках (стартовых, основных и вспомогательных горелках в печи риформинга, горелках остаточного газа).

Основная горелка должна быть оборудована источником воспламенения или устройством прямого воспламенения.

При использовании устройства прямого воспламенения оно должно регулироваться автоматически и не должно приводить к повреждениям основной горелки. Должны быть обеспечены средства предотвращения неправильной сборки или неправильного монтажа любого устройства прямого воспламенения.

При использовании источника воспламенения он должен регулироваться автоматически, причем источником воспламенения должно зажигаться любое топливо. Должны быть обеспечены средства для предотвращения некачественной сборки или неправильного монтажа любого источника воспламенения.

Когда источник воспламенения является неотъемлемой частью стартовой горелки, она должна соответствовать техническим условиям, устанавливаемым настоящим стандартом.

Автоматизированные электрические системы управления горелкой должны соответствовать требованиям, изложенным в 4.10.2.1.

Пламя основной горелки, источника воспламенения или их обоих должно контролироваться детектором пламени. Если основная горелка воспламеняется источником воспламенения, присутствие пламени в источнике воспламенения должно быть обнаружено детектором до подачи газа в основную горелку. Система с источником воспламенения пульсирующего действия должна контролировать наличие пламени в основной горелке сразу же после периода установления основного пламени.

Источник воспламенения должен эффективно выполнять свои функции при любом уровне подачи топлива в него.

Когда подвод энергии источником воспламенения пилотом не превышает 0,250 кВт, не требуется определять период установления основного пламени. Когда подвод энергии пилота превышает 0,250 квт или в случае прямого воспламенения основной горелки, период установления основного пламени определяется изготовителем таким образом, чтобы при испытании задержки воспламенения по 5.4.6.2.7, не возникала угроза для здоровья или безопасности обслуживающего персонала или повреждения водородного генератора.

Сигнал к подаче газа в основную горелку должен подаваться только после того, как детектор обнаружил пламя источника воспламенения.

Каждая процедура активизации источника воспламенения или устройства прямого воспламенения основной горелки должна начинаться с открывания топливных клапанов и заканчиваться их закрыванием. Искра должна сохраняться до возникновения воспламенения или до конца периода установления основного пламени.

Не должно осуществляться более трех попыток включения источника воспламенения или устройства прямого воспламенения основной горелки, причем каждая попытка должна сопровождаться продувкой. Отсутствие пламени после третьей попытки должно привести по крайней мере к энергозависимой блокировке системы.

В случае загасания пламени система должна осуществить повторное воспламенение, повторный цикл или энергозависимую блокировку.

Время блокировки при загасании пламени источника воспламенения или устройства прямого воспламенения основной горелки не должно превышать 3 с.

Если осуществляется повторное воспламенение при условиях испытания по 5.4.6, устройство прямого воспламенения должно быть отключено не более чем на 1 с после исчезновения сигнала пламени. В этом случае период установления основного пламени должен быть определен с учетом включения устройства воспламенения. Отсутствие пламени в конце периода установления пламени, указанного изготовителем, должно по крайней мере привести к энергозависимой блокировке.

Повторному циклу, осуществляемому при условиях испытания по 5.4.6, должно предшествовать прерывание подачи газа и продувка; цикл воспламенения должен быть повторно запущен с начала. В этом случае начало периода установления основного пламени рассчитывается с момента включения источника воспламенения. Попыток повторного цикла не должно быть более трех, каждая попытка должна сопровождаться продувкой. Отсутствие пламени в конце третьей попытки приведет по крайней мере к энергозависимой блокировке.

Цикл работы горелки должен быть организован таким образом, чтобы двигатель, конденсатор или схожее устройство не приводили в действие топливный клапан или источник воспламенения после того, как функция управления отключила основную горелку.

Соответствующие средства должны обеспечивать автоматическую продувку кожуха или корпуса горелки от любой смеси горючего газа перед пробной попыткой воспламенения или между попытками

повторного цикла, когда из соображений безопасности требуется пассивное состояние до запуска или после отключения. Такая продувка должна обеспечивать по крайней мере четырехкратный воздухообмен в кожухе или корпусе горелки.

Компоненты источника воспламенения должны быть установлены таким образом, чтобы работа этих устройств и воспламенение горелки не подвергались воздействию посторонних частиц при нормальном режиме эксплуатации.

Должны быть обеспечены эффективные средства, предотвращающие возврат воздуха в топливопровод или топлива в воздухопровод при смешивании первичного потока воздуха с топливом. Системы регулирования подачи воздуха и топлива должны подтвердить наличие воздушного потока до воспламенения и препятствовать входу топлива в каждую из горелок до тех пор, пока присутствует воздушный поток, а в случае сбоя воздушного вентилятора отключить подачу топлива.

Механическая связь между системами регулирования подачи топлива и воздуха, если таковая используется, должна быть спроектирована таким образом, чтобы она поддерживала соотношение топлива и воздуха и была устойчивой к неисправностям и отключениям.

При отключении опасные газы должны быть помещены в надежные контейнеры или уничтожены.

Если воздух и топливо или потоки горючего технологического газа контактируют с системой термоконтроля, изготовитель должен оборудовать водородный генератор средствами предотвращения рисков для здоровья или безопасности, возникающих при попадании воздуха в топливопровод или линию горючего технологического газа, или при попадании топлива или горючего технологического газа в воздухопровод.

4.7.5 Системы каталитического окисления топлива (каталитические горелки)

Изготовитель должен предотвращать небезопасное скопление огнеопасных или взрывоопасных газов внутри компонентов водородного генератора, несущих жидкости, в которых производятся огнеопасные или взрывоопасные газы для получения контролируемой реакции каталитического окисления топлива (например, каталитическое частичное окисление, каталитическое горение).

Соответствующие средства должны обеспечивать продувку компонентов системы каталитического окисления топлива, когда в целях безопасности требуется обеспечить ее пассивное (инертное) состояние до запуска или после отключения. В системе продувки должно применяться средство, указанное изготовителем. Перечень этих средств включает, но не ограничивается азотом, воздухом и паром. Объем продувки должен быть указан изготовителем и определен с учетом характеристик потока, динамики и геометрии системы.

Изготовитель должен обеспечивать средства, предотвращающие попадание воздуха в топливопровод или топлива в воздухопровод и создание топливовоздушных смесей.

В системах с обедненной горючей смесью регуляторы подачи воздуха и топлива должны подтвердить наличие воздушного потока до начала реакции и препятствовать входу топлива в реактор, пока система не будет приведена в эксплуатационную готовность.В системах с богатой горючей смесью регуляторы подачи воздуха и топлива должны подтвердить наличие топлива до начала реакции и препятствовать входу воздуха в реактор, пока система не будет приведена в эксплуатационную готовность.

Механическая связь между системами регулирования подачи топлива и воздуха, если таковая используется, должна поддерживать соотношение топлива и воздуха и быть устойчивой к неисправностям и отключениям.

Максимальное время задержки начала реакции должно быть указано изготовителем и определено с учетом инерционности определения времени реакции контрольными устройствами системы и времени, требуемого для скопления максимально допустимого количества горючей или взрывоопасной смеси, которая может безопасно находиться в системе, с учетом скорости потока, воспламеняемости топливовоздушной смеси и геометрии системы. Если каталитическая реакция не началась в установленное изготовителем время, система автоматически должна отключить подачу топлива в режиме обедненной горючей смеси или подачу всех реагентов в режиме богатой горючей смеси.

Если температура или интенсивность нарастания температуры катализатора выходит из диапазона, определенного изготовителем, система должна автоматически блокироваться с отключением подачи топлива в режиме обедненной горючей смеси или подачи всех реагентов в режиме богатой горючей смеси. Время блокировки при отказе не должно превышать 3 с.

При отключении системы опасные газы должны быть обезврежены или уничтожены.

Для случаев, когда смесь топлива и воздуха может потенциально скопиться внутри водородного генератора, вызванных отказом при запуске в течение максимального времени начала реакции, указанного изготовителем, прекращением реакции, увеличением или сокращением скорости реакции до небезопасного значения величины, изготовитель должен обеспечить такие условия, чтобы максимальное количество

горючей смеси, которое может скопиться при сгорании, не превышало установленные уровни давления и температуры для компонентов, подвергающихся такому воздействию.

Если воздух и топливо или смесь горючего технологического газа контактируют с системой термоконтроля, изготовитель должен оборудовать водородный генератор средствами предотвращения рисков для здоровья или безопасности, возникающих при попадании воздуха в топливопровод или линию горючего технологического газа, или при попадании топлива или горючего технологического газа в воздухопровод.

4.8 Предотвращение опасностей поражения электрическим током

Проектирование и конструирование электрической системы, а также применение электрического и электронного оборудования, включая электрические двигатели и электрические детали, должны соответствовать требованиям [38] в случае промышленного применения или [39] в случае бытового, коммерческого и полупромышленного применения электрооборудования.

Электрические компоненты, установленные в водородные генераторы без шкафов, предназначенных для использования вне помещения, должны быть защищены от дождя, с минимальным классом электрической защиты IPX4D [43].

Изготовитель должен включить в техническую документацию продукции требование о том, что выпускные отверстия вентиляционной системы водородного генератора, предназначенного для установки вне помещения, должны быть защищены от дождя для предотвращения намокания электрических компонентов внутри шкафа.

Тип преобразователя должен быть пригодным для применения в соответствии с [37].

Электрически безопасное расстояние (по воздуху), утечка тока (по поверхности), а также толщина сплошной изоляции должны соответствовать [44] в части, их касающейся.

4.9 Электромагнитная совместимость (EMC)

Водородный генератор не должен производить электромагнитные помехи, превышающие допустимый уровень в местах, предназначенных для его использования. Кроме этого, оборудование должно иметь соответствующий уровень помехоустойчивости для его правильного функционирования в условиях эксплуатации. В зависимости от конкретного случая, водородный генератор должен соответствовать [53] — [60].

4.10 Системы управления и оборудование защиты и безопасности

4.10.1 Общие требования

Настройки параметров системы безопасности должны осуществляться на основе анализа безопасности и надежности, описанного в 4.1.

Водородный генератор должен быть спроектирован таким образом, чтобы единичный отказ компонента оборудования не приводил последовательно к возникновению опасных условий. Средства, предотвращающие возникновение последовательных отказов, включают в себя (но не ограничиваются):

- защитные устройства в водородном генераторе (например, устройства блокировки и расцепления);
- защитную блокировку электрической цепи;
- использование испытанных методик и компонентов оборудования;
- обеспечение частичного или полного резервирования или диверсификации системы;
- средства для функциональных испытаний.

Примечание — Руководство по проектированию электрических, электронных и программируемых систем управления приводится в [62], [68].

4.10.2 Работа систем управления

4.10.2.1 Общие положения

Бытовые, коммерческие и полупромышленные водородные генераторы и автоматические электрические и электронные системы управления должны соответствовать [46].

Системы управления промышленных водородных генераторов должны соответствовать [46] и [68].

Автоматические электрические системы управления горелками должны соответствовать [47] .

Автоматические электрические системы управления реакторами каталитического окисления должны соответствовать, в зависимости от конкретного случая, [47] и частным требованиям 4.7.5.

Системы ручного управления должны иметь четкую маркировку и быть спроектированы с учетом предотвращения непреднамеренного изменения регулировок и включения.

4.10.2.2 Запуск

Запуск системы должен быть возможен только при функционировании предохранительных устройств.

Правильный последовательный запуск должен обеспечиваться адекватными блокировочными устройствами.

Для водородного генератора с дистанционным управлением в автоматическом режиме должна быть предусмотрена функция перезапуска после остановки, только после того, когда удовлетворены условия безопасности. Перезапуск генератора может также осуществляться с помощью системы ручного управления, предусмотренной для этой цели, после проверки безопасности такого перезапуска. Данное требование не применяется к перезапуску водородного генератора в результате нормальной последовательности автоматического цикла.

4.10.2.3 Отключение

4.10.2.3.1 Общие положения

В соответствии с анализом безопасности и надежности, приведенным в 4.1, и функциональными требованиями к водородному генератору, водородный генератор должен иметь функции безопасного выключения и регулируемого выключения в соответствии с 4.10.2.3.2 и 4.10.2.3.3.

4.10.2.3.2 Безопасное выключение

4.10.2.3.2.1 Общие положения

Водородный генератор должен иметь функции безопасного выключения, предупреждающие реальную или приближающуюся опасность, которая не может быть отрегулирована системами управления.

Данные функции должны отключать питание от устройств подачи потока топлива в режиме обедненной горючей смеси и от устройств подачи потока топлива и технологического воздушного потока в режиме богатой горючей смеси в результате действия ограничителя, прерывателя или обнаружения внутренней ошибки системы.

Кроме того, функции безопасного выключения должны:

- отключить всю подачу энергии для питания оборудования и предотвратить возможность возникновения опасных условий, не создавая дополнительные опасности.

Примечание — Системы управления/регулирования, способные безопасно оперировать в опасных условиях, могут быть оставлены включенными для поддержания целостности системы или предоставления сведений о ней;

- инициировать или разрешать инициирование определенных защитных действий при необходимости;
- определять все другие функции и операции во всех режимах;
- предотвращать повторную инициализацию перезапуска;
- иметь такие блокировочные устройства повторного запуска, чтобы команда повторного запуска могла воздействовать на нормальную работу только после того, как эти блокировочные устройства были преднамеренно переустановлены.

Если защитное устройство или устройство блокировки приводит к аварийному выключению водородного генератора, сигнал об этом состоянии должен быть передан в логический узел системы управления.

Повторный запуск функции безопасного выключения не должен приводить к возникновению опасных условий.

Системы управления/регулирования, способные безопасно оперировать в опасных условиях, могут быть оставлены включенными для поддержания целостности системы или предоставления сведений о системе.

4.10.2.3.2.2 Аварийная остановка

Водородный генератор должен быть оборудован средствами аварийной остановки. Средства аварийной остановки должны иметь легкоразличимые и легкодоступные устройства управления [21].

4.10.2.3.2.3 Функции управления в случае отказа системы управления

В случае ошибки логического узла системы управления, отказа или повреждения аппаратного обеспечения системы управления:

а) остановка водородного генератора должна беспрепятственно осуществляться после подачи команды остановки;

б) автоматическая или ручная остановка подвижимых частей должна осуществляться беспрепятственно;

в) защитные устройства должны действовать в полном объеме;

г) водородный генератор не должен внезапно перезапускаться.

4.10.2.3.3 Регулируемое выключение

Нештатные условия, безопасно регулирующиеся или не представляющие непосредственной опасности, могут корректироваться функцией регулируемого выключения.

Функция регулируемого выключения должна отключить питание от устройств подачи потока топлива в режиме обедненной горючей смеси или от устройств подачи потока топлива и технологического воздушного потока в режиме богатой горючей смеси, в результате открытия цепи управления регулирующим устройством, например термостатом. Функция должна вернуть систему в исходное положение.

Функция регулируемого выключения может полностью отключить подачу энергии к оборудованию или сохранить подачу энергии только к приводу генератора.

Продувка системы выполняется в случае, если это требуется в целях безопасности (см. 4.3.9).

4.10.2.4 Разрешительные функции

Разрешительные функции должны использоваться в соответствии с требованиями, установленными в анализе безопасности и надежности, описанном в 4.1.

4.10.2.5 Комплексная установка

Если водородный генератор спроектирован для совместной работы с другим оборудованием (например, как часть энергетической установки с топливными элементами), управление остановкой водородного генератора, включая аварийную остановку, должно быть обеспечено средствами (например, сопряжение сигналов) для возможности регулируемого отключения всего оборудования выше или ниже по потоку водородного генератора, если продолжение работы становится опасным.

4.10.2.6 Рабочие режимы

4.10.2.6.1 Основные рабочие режимы и переход из одного режима в другой

Должно быть два основных рабочих режима: режим «включено» и режим «выключено».

В режиме «включено» компоненты водородного генератора должны быть активными и функционировать в соответствии с необходимостью подачи водорода. Кроме этого, в режиме «включено» должны учитываться следующие условия:

- режим простоя (производство водорода не осуществляется) и
- режим, разрешающий автоматический запуск генератора (осуществляется подвод энергии к клеммам водородного генератора).

В режиме «выключено», все компоненты технологического оборудования должны быть отключены от источника питания. При использовании вне помещения должно обеспечиваться соответствующее утепление.

Должны быть два основных режима перехода: запуск и выключение.

Запуск или автоматический переход из режима «выключено» в режим «включено» должен инициироваться внешним сигналом.

Выключение или автоматический переход из режима «включено» в режим «выключено» должен инициироваться внешним или внутренним сигналом вследствие возникновения запредельных условий регулирующего устройства водородного генератора.

4.10.2.6.2 Вспомогательные режимы и переход из одного режима в другой

Вспомогательные рабочие режимы и переход из одного режима в другой могут использоваться, например, для обеспечения различных уровней производительности генератора или для регулировки, технического обслуживания и осмотра.

4.10.2.6.3 Выбор режима

Если водородный генератор был спроектирован и построен для использования в нескольких режимах работы и контроля, представляющих различные уровни безопасности (для регулирования, технического обслуживания, осмотра и т.д.), он должен быть обеспечен устройством выбора режима, снабженным средствами защиты в каждом положении. Каждое положение переключателя режима должно соответствовать одному режиму работы или контроля и иметь блокировочные устройства повторного запуска. Команда для осуществления нового запуска должна начать воздействовать на нормальный режим эксплуатации только после преднамеренной переустановки блокировочных устройств.

Переключатель режимов должен быть надежным и спроектирован таким образом, чтобы предупреждать непреднамеренные изменения режимов, приводящие к возникновению опасных условий, и оснащен такими средствами, как регулировочная рукоятка, замок или команда программного обеспечения. Переключатель режима может быть спроектирован таким образом, чтобы ограничить доступ пользователей к определенным рабочим режимам водородного генератора (например, кодами доступа к определенным регулируемым функциям).

Выбранный режим должен переопределять все другие функции управления, за исключением безопасного выключения.

4.10.2.7 Дистанционные системы управления и контроля

Водородные генераторы, управляемые дистанционно, должны быть оборудованы локальным маркированным переключателем или другими средствами для отключения генератора от дистанционных сигналов, когда местный оператор выполняет осмотр или техническое обслуживание.

Дистанционные системы управления и контроля должны:

- применяться для водородных генераторов только в случае, если такое управление обеспечивает безопасные условия его работы;

- не перенастраивать устройства защиты и безопасности.

Процедуры внесения изменений в дистанционную систему контроля должны использоваться в соответствии с 6.3.4.2.

4.10.3 Оборудование защиты и безопасности

Защитные устройства и их сочетание содержат:

- устройства безопасности и

- контрольно-измерительные устройства, такие как индикаторы или сигнальные устройства, позволяющие предпринимать соответствующие действия автоматически или вручную для поддержания работы водородного генератора в допустимых пределах.

Устройства безопасности должны:

- быть спроектированы и сконструированы надежными и пригодными для использования по назначению, с учетом требований к техническому обслуживанию и испытанию устройств в заданных условиях;

- обладать самостоятельными функциями безопасности, независимыми от других возможных функций, и

- соответствовать установленым нормам проектирования, обеспечивающим надлежащую надежную защиту и безопасность.

Предупреждение перезагрузки оборудования должно обеспечиваться в процессе его проектирования посредством оснащения средствами измерения, устройствами регулирования и управления, такими как электрические предохранители, ограничители температуры, расходомеры, реле, регистраторы чрезмерной скорости и/или измерительные устройства подобных типов.

Устройства безопасности с функцией измерения должны быть спроектированы и сконструированы таким образом, чтобы они соответствовали предусмотренным техническим требованиям и особым условиям использования. Для случаев, когда условия использования могут повлиять на точность и доступность в обслуживании, должна обеспечиваться возможность проверки показаний точности и доступности обслуживания устройств безопасности. В качестве составляющего компонента таких устройств выступает коэффициент безопасности, обеспечивающий, что порог срабатывания устройства сигнализации лежит за регистрируемыми пределами, в частности, с учетом производственных условий установки и возможных отклонений измерительной системы.

Ограничители давления, такие как переключатели давления, должны соответствовать [48]. Контрольно-измерительные устройства температуры должны соответствовать [49]. Газовые датчики, используемые как средство безопасности, должны соответствовать [64] и выбираться, устанавливаться, использоваться и обслуживаться в соответствии с [65].

Все части водородных генераторов, настраиваемые или регулируемые на стадии производства и не подлежащие изменению со стороны пользователя или сборщика, должны быть защищены от вскрытия.

Рычаги и другие устройства регулировки и настройки должны иметь четкую маркировку и инструкции для предотвращения ошибочного манипулирования.

Их конструкция не должна допускать случайное изменение положения или режима работы.

4.11 Пневматическое и гидравлическое оборудование

Пневматическое и гидравлическое оборудование водородных генераторов должно быть спроектировано с учетом приведенных ниже требований [5], [6].

В частности, пневматическое и гидравлическое оборудование водородных генераторов должно быть спроектировано таким образом, чтобы:

- не превышалось максимально допустимое давление (например, путем использования ограничителей давления);

- падение давления, перепады давления или потеря вакуума не приводили к возникновению опасностей;

- утечки или неисправности системы не приводили к выбросу опасных жидкостей;

- воздухоприемники, резервуары с жидкостями или подобные сосуды, такие, как гидропневматические аккумуляторы, соответствовали правилам проектирования данных элементов (см. 4.6);

- все элементы оборудования, в особенности трубы и рукава, были защищены от разрушающих внешних воздействий;

- давление в резервуарах и подобных сосудах (например, гидропневматических аккумуляторах) автоматически снижалось при отключении водородного генератора от подачи электрической энергии или, если автоматическое снижение давления невозможно, должны быть обеспечены меры для их изоляции и локального снижения давления и измерения его значения;

- все элементы, которые находятся под давлением после изоляции водородного генератора от подачи электрического питания, обеспечены легкоопознаваемыми устройствами сброса и предупреждающей табличкой, привлекающей внимание к необходимости снижения давления в этих элементах до выполнения настройки или технического обслуживания водородного генератора.

4.12 Клапаны

4.12.1 Запорные клапаны

Все оборудование и системы, где требуются ограничение или блокировка потока технологической жидкости во время отключения, испытания, технического обслуживания, нештатных или аварийных условий, должны быть оборудованы запорными клапанами.

Механизмы управления, установленные на запорные клапаны, должны быть устойчивыми к теплоте, передаваемой от корпуса клапана.

Электрически, гидравлически или пневматически регулируемые запорные клапаны должны быть приближены по своему типу к предохранительному устройству при потере энергии механизма управления.

4.12.2 Клапаны подачи топлива

Клапаны подачи топлива должны соответствовать следующим требованиям:

- Все входное топливо, подаваемое в водородный генератор, должно проходить по крайней мере через два автоматических клапана по очереди, один из которых служит в качестве клапана управления, а другой — в качестве запорного устройства на случай безопасного выключения.

- Любое топливо, непосредственно подаваемое в топливосжигательное оборудование, такое как, например, пусковой котел или установка, в которой осуществляется процесс его переработки, должно проходить по крайней мере через два автоматических клапана по очереди, один из которых служит в качестве клапана управления, а другой — в качестве запорного устройства на случай безопасного выключения. Клапаны могут содержаться в одном корпусе регулятора.

- Электрические регулируемые клапаны подачи топлива должны соответствовать требованиям [50], [51], в зависимости от конкретного случая. Клапаны, использующиеся в качестве безопасных запорных устройств в водородном генераторе, должны соответствовать требованиям применяемого стандарта к безопасным запорным клапанам, указанным выше.

- При переработке газов, выходящих из водородного генератора, соединение может не иметь запорных клапанов, если предусмотрена безопасность этого процесса в соответствии с 4.1.

4.13 Оборудование с вращающимися элементами конструкции

4.13.1 Общие требования

Оборудование с вращающимися элементами конструкции должно быть спроектировано с учетом давления, температуры и жидкостей, которые в нем могут быть использованы в нормальном режиме эксплуатации.

Впускные и выпускные трубопроводы жидкости должны быть защищены от повреждения в результате вибрации.

Уплотнения вала должны быть совместимыми с перекачиваемыми жидкостями, рабочими температурами и давлением, предусмотренными для нормального и аномального режимов эксплуатации и во время нормального и аварийного выключений.

Уплотнения валов вращения должны быть сконструированы таким образом, чтобы предупреждалась утечка опасной жидкости или, если возможно, изготовитель должен обеспечить средства удержания или растворения жидкости, необходимые для предупреждения рисков для здоровья и безопасности.

Двигатели, подшипники и уплотнения должны быть пригодными для использования в предусмотренных рабочих циклах.

Оборудование с вращающимися элементами конструкции и сопутствующая система трубопроводов должны быть проанализированы с учетом воздействующих сил и вращающих моментов. Эти параметры должны находиться в пределах отклонений, допустимых изготовителем в нормальных режимах эксплуатации.

4.13.2 Компрессоры

4.13.2.1 Применяемые компрессоры должны соответствовать одному из стандартов [7], [12] — [15], [18], [19].

4.13.2.2 За исключением случаев, не указанных в анализе безопасности и надежности 4.1, компрессоры или компрессорные системы должны быть оборудованы:

- устройствами сброса давления, ограничивающими давление в каждой ступени сжатия до максимального рабочего давления в компрессоре сжатия и системе трубопроводов, входящих в состав данной ступени;
- автоматическим управлением прекращения нагнетания высокого давления и всасывания в агрегатах низкого давления;
- разгрузочным устройством, улавливающим и перерабатывающим выпускаемый газ для повторного использования и/или вентиляции, если требуется перезапуск компрессора после выключения;
- виброизоляцией от впускного трубопровода до всасывающей линии компрессора;
- ограничителем давления, предупреждающим избыточное давление на впуске.

4.13.2.3 Компрессоры, не включенные в 4.13.2.1 в связи с малогабаритностью и низким давлением нагнетания, должны соответствовать требованиям, указанным в 4.13.2.2.

4.13.2.4 Применяемые компрессоры низкого давления (пескоструйные вентиляционные установки) должны иметь защитные ограждения в соответствии с [17, пункт 4.3.1].

4.13.3 Электрические насосы

4.13.3.1 Применяемые электрические насосы для технологических жидкостей должны соответствовать [20] или [24]. Применяемые электрические насосы для воды должны соответствовать [40] или [41].

4.13.3.2 Электрические насосы или системы электрических насосов должны быть оборудованы:

- устройствами сброса давления, ограничивающими давление на входе и выходе до более низкого уровня, чем максимально допустимое давление системы трубопроводов, за исключением случаев, когда давление срабатывания запорного устройства электрического насоса меньше расчетного давления системы трубопроводов. В таких случаях ограничитель давления не устанавливается;
- автоматическим управлением прекращения нагнетания высокого давления, нагнетания и всасывания при низком давлении;
- магистралями всасывания и нагнетания, защищенными от повреждений в результате вибрации.

4.13.3.3 Компрессоры, не включенные в 4.13.2.1 в связи с малогабаритностью и низким давлением нагнетания, должны соответствовать требованиям, указанным в 4.13.2.2.

4.14 Шкафы

Шкафы водородного генератора должны иметь прочность, жесткость, износоустойчивость, стойкость к коррозии и другие свойства для обеспечения защиты компонентов водородного генератора и системы трубопроводов, а также соответствовать требованиям хранения, транспортирования, установки и условиям конечного местоположения.

Все части бытовых, коммерческих или полупромышленных водородных генераторов, предназначенных для использования вне помещения, должны быть заключены в соответствующую несущую конструкцию, такую как шкаф, корпус или оболочка.

Шкафы водородного генератора, предназначенные для использования в помещении, должны быть сконструированы и испытаны в соответствии со степенью защиты оболочки (код защиты IP20) [43]. Водородные генераторы, используемые вне помещения, в местах, защищенных от атмосферного воздействия, также должны быть спроектированы и испытаны в соответствиие со степенью защиты оболочки (код защиты IP44) [43].

Водородные генераторы, используемые вне помещения, в местах, незащищенных от атмосферного воздействия, должны нормально запускаться и функционировать, без повреждений или неисправности любой части, наличие которых может привести к возникновению опасных условий при испытани на устойчивость к воздействию дождя согласно условиям испытания перечисления а) пункта 14.2.4 [43].

Вентиляционные отверстия должны быть спроектированы таким образом, чтобы они не засорялись при нормальном режиме эксплуатации пылью, снегом или растительностью в соответствии с предусмотренным назначением.

Все материалы, используемые для конструирования шкафов, включая замковые соединения или прокладки дверей, должны выдерживать физические, химические и температурные условия, предусмотренные для всего жизненного цикла водородного генератора. Съемные панели, крышки или изоляция, которые необходимо убрать для нормального обслуживания и легкого доступа, должны быть спроектированы таким образом, чтобы многократное снятие и замена не приводили к повреждению или ухудшению качества изоляции и не были взаимозаменяемыми, если эта взаимозаменяемость может привести к небезопасным условиям. Съемные панели, крышки или двери, предназначенные для защиты оборудования от доступа, должны быть оборудованы средствами для фиксации и открываться только инструментом, ключом или подобными механическими средствами. Все части водородных генераторов, настроенные или отрегулированные на стадии производства, для которых не предусматривается контакт с персоналом, должны быть защищены от вскрытия. Должны обеспечиваться средства для дренажа жидкостей и передачи по трубам за пределы шкафов для уничтожения или транспортирования в технологические процессы, связанные с водородным генератором. Если персонал имеет свободный доступ в шкаф, минимальная общая площадь вентиляционных отверстий должна составлять 0,003 $м^2/м^3$ от объема шкафа.

4.15 Термоизоляционные системы и материалы

Термоизоляционные системы, применяемые в водородном генераторе, должны:

- быть химически совместимыми с изолируемыми металлами, в среде и температурах, предусмотренных для использования системы, и с различными компонентами самой изоляционной системы;
- быть защищены от предполагаемого температурного и механического воздействий, включая повреждения, вызванные атмосферными условиями;
- быть спроектированными с учетом обеспечения пожаробезопасности, например, путем предупреждения повышения температуры вблизи тепловыделяющих объектов до уровня, когда их температура становится недостаточной для воспламенения материалов, контактирующих с ними или расположенных рядом,
- быть спроектированными для возможности доступа к системе трубопроводов, фитингам, и т. д. для технического обслуживания.

Термоизолирующие материалы и их внутреннее крепление или адгезивные средства крепления, установленные на компонентах водородного генератора, должны:

- быть механически или адгезивно зафиксированы на месте и защищены от перемещения или повреждения механической нагрузкой или в процессе обслуживания;
- выдерживать скорости потока воздуха, температуры и жидкости, воздействию которых они могут подвергаться при нормальных режимах эксплуатации.

Для предотвращения угроз здоровью и безопасности, связанных с термоизолирующей системой, изготовитель должен указать в руководстве по техническому обслуживанию требования по осмотру и обеспечению безопасности конкретной данной системы.

4.16 Энергосредства

Водородный генератор должен быть спроектирован и сконструирован таким образом, чтобы при потере подачи энергосредств, например прерывании подачи электричества, воды, охлаждающей воды или пневмообеспечения, система могла безопасно выключиться:

а) не создавая любые угрозы для здоровья или безопасности; или

б) не приводить к постоянному нарушению или повреждению системы;

4.17 Установка и техническое обслуживание

4.17.1 Установка

Ошибки, обычно возникающие при установке или повторной установке определенных деталей и являющиеся источником риска, должны быть минимизированы на стадии проектирования таких деталей. Информация, привлекающая внимание к возможности возникновения подобных ошибок, должна быть размещена на самих деталях, потенциальных источниках и/или корпусах устройств, содержащих такие детали. Такая же информация должна быть размещена на подвижных деталях и их корпусах, если известно направление движения, при котором предупреждается возможный риск. Любая другая информация, которая может быть необходимой, должна быть включена в техническую документацию на водородные генераторы.

Неправильные соединения должны быть минимизированы на стадии проектирования для тех мест, где источником риска могут быть непригодная жидкость или электрическое соединение. За невозмож-

ностью этого, информация, привлекающая внимание к возможности неправильного соединения, должна размещаться на соответствующих трубах, кабелях и/или штепсельных блоках.

Примечание — В приложении Г приводится руководство по установке водородных генераторов.

4.17.2 Техническое обслуживание

Места регулировки, смазки и технического обслуживания не должны находиться в зонах риска травмирования или угрозы для здоровья человека. За неимением этого, должны обеспечиваться соответствующие инструкции в руководстве по техническому обслуживанию для предупреждения рисков для здоровья и безопасности. Если регулировка, техническое обслуживание, ремонт, очистка и обслуживание проводятся во время работы генератора, должны обеспечиваться средства для безопасной деятельности персонала, а в руководство по техническому обслуживанию оборудования должны быть включены соответствующие инструкции, исключающие возникновение риска здоровью и безопасности. Должны быть обеспечены средства для безопасного снятия и замены компонентов водородного генератора, требующих частой замены. Доступ к этим компонентам должен позволять беспрепятственное выполнение работы по замене с использованием необходимых технических средств (инструмент, измерительный инструмент и т. п.) в соответствии с технической документацией на водородные генераторы. Инструкции и схемы для защиты здоровья и безопасности, прикрепленные к корпусу водородного генератора, должны находиться на нем постоянно и быть устойчивыми и защищенными от воздействия атмосферных условий.

5 Методы испытаний

5.1 Погрешности измерения

За исключением специально указанных случаев, все измерения выполняются с погрешностями, приведенными ниже:

а) атмосферное давление: ± 0,5 кПа;

б) давление в камере сгорания и испытательного газа: ± 5 % полной шкалы или 5 Па,

в) давление газа: ± 2 % полной шкалы,

г) потеря давления водяного напора: ± 5 %;

д) водный поток: ± 1 %;

е) газовый поток: ± 1 %,

ж) воздушный поток: ± 2 %;

и) время:

- до 1 ч (включительно): ± 0,2 с,
- более 1 ч: ± 0,1 %;

к) вспомогательная электроэнергия: ± 2 %;

л) температура:

1) для температур, превышающих или равных 273 К:

- ± 2 % показания для температур 273 — 473 К;
- ± 5 % показания для температур выше 473 К;

2) для температур ниже 273 К:

- внешняя среда: ± 1 К;
- вода: ± 2 К;
- продукты сгорания: ± 5 К;
- газ: ± 0,5 К;
- поверхность: ± 5 К;

м) CO, CO_2 и O_2 для расчетов потерь дымового газа : ± 6 % показания;

н) теплотворная способность газа: ± 1 %;

о) плотность газа: ± 0,5 %;

п) масса: ± 0,05 %;

р) крутящий момент: ± 10 %;

с) сила: ± 10 %;

т) ток: ± 1 %;

у) напряжение: ± 1%;

ф) электроэнергия: ± 2 %.

Полный комплекс измерительного оборудования должен быть выбран таким образом, чтобы он был применим к максимальным расчетным значениям.

Метод, используемый для измерения скорости утечки, должен быть настолько точным, чтобы погрешность измерения не превышала 0,01 дм ^{3}/ч.

Указанные погрешности измерения применяются для отдельных измерений. Уменьшение погрешностей отдельных измерений может потребоваться для ограничения общей погрешности при измерениях, требующих применения нескольких отдельных измерений в сочетании.

5.2 Испытательное топливо и давление

Испытания водородного генератора, предназначенного для использования с природным газом, должны выполняться с газом, состав которого, а также максимальное и минимальное давления соответствуют параметрам состава и давления коммерчески доступного природного газа. При необходимости соблюдения требований, установленных в стране или месте назначения, испытания должны выполняться с контрольными газами.

Испытания водородного генератора, предназначенного для использования со сжиженным нефтяным газом, должны выполняться с газом, состав которого, а также максимальное и минимальное давления соответствуют параметрам состава и давления коммерчески доступного сжиженного нефтяного газа. При необходимости соблюдения требований, установленных в стране или месте назначения, испытания должны выполняться с предельными газами.

Испытания водородного генератора, предназначенного для использования с топливом других типов, должны выполняться с испытательным топливом, представляющим предельный разброс в составе и нагнетательном давлении типов топлива, для которых спроектирован водородный генератор.

Испытания водородного генератора, использующего топливо более одного типа, должны выполняться только с топливом одного типа, при условии, что в оборудовании и допустимых параметрах для топлива другого типа нет особенностей, которые могли бы повлиять на результаты испытаний.

5.3 Основные условия проведения испытаний

При проведении испытания все оборудование водородного генератора, включая воздушные фильтры, устройства запуска, системы вентиляции и вытяжки, а также полевое оборудование, должно быть установлено и эксплуатироваться в соответствии с инструкциями изготовителя.

За исключением специально указанных случаев, водородный генератор должен эксплуатироваться:

- при давлении, указанном в 5.1;
- с точностью до 2 % расчетного входного напряжения и частоты;
- с точностью до 5 % расчетного расхода топлива при эксплуатировании с расчетным выпуском водорода, указанного изготовителем.

Нормальные условия определены следующим образом:

- нормальная температура t_0 = 288,15 K (15 °C);
- нормальное давление p_0 = 101,325 кПа.

Изменения условий окружающей среды допускаются в пределах, не влияющих на результаты испытаний.

Испытание должно быть осуществлено при установившейся температуре компонентов водородного генератора, за исключением особо указанных случаев.

5.4 Типовые/квалификационные испытания

5.4.1 Общие положения

Оборудование, проверяемое на предмет соответствия настоящему стандарту, должно представлять собой производственный образец водородного генератора. Образец должен быть подвергнут испытаниям, описанным в 5.4.2—5.4.14.

5.4.2 Испытания под давлением

5.4.2.1 Общие положения

Водородные генераторы, соответствующие национальным/региональным стандартам по оборудованию, работающему под давлением [29], не должны подвергаться испытаниям под давлением, описанным в 5.4.2.2 и 5.4.2.3. Все подсистемы водородного генератора, содержащие опасные жидкости или газы и не испытанные на соответствие национальному/региональному стандарту, проверенному в реальных условиях эксплуатации и доказавшему свою пригодность в обеспечении общественной безопасности, должны быть испытаны на прочность согласно 5.4.2.2 и 5.4.2.3.

Испытание гидростатическим давлением соответствующих компонентов генератора должно выполняться в последнюю очередь, если они не используются в других испытаниях, описанных в настоящем стандарте.

Если изготовитель считает испытание гидростатическим давлением нецелесообразным, должно быть проведено пневматическое испытание с учетом опасных факторов, имеющих место при использовании сжатого газа.

Перед проведением испытания под давлением должно быть установлено, какие соединенные участки конструкции подвергаются одинаковому давлению в нормальном режиме эксплуатации водородного генератора. Эти части генератора должны рассматриваться как независимые испытуемые части конструкции (участок), в которые отдельно нагнетается давление и которые при необходимости изолируются от других участков водородного генератора технологически удобными средствами.

5.4.2.2 Гидростатическое испытание на прочность

5.4.2.2.1 Общие положения

Настоящий метод испытания должен использоваться для оценки испытательных участков, содержащих опасные жидкости, например жидкое топливо, токсические хладагенты. Он также может использоваться для оценки прочности испытательных участков, содержащих газообразные вещества.

5.4.2.2.2 Испытательная жидкость

В качестве испытательной жидкости должна использоваться рабочая жидкость (жидкое топливо, токсические хладагенты). При оценке прочности газосодержащих испытательных участков или если изготовитель считает непрактичным использование рабочей жидкости в испытании в качестве испытательной жидкости используют воду. Если имеется возможность повреждения в результате охлаждения или неблагоприятного воздействия воды на систему трубопроводов, следует использовать другую пригодную нетоксичную жидкость. Если жидкость горючая, ее точка возгорания должна быть не менее 50 °С, а также следует учитывать внешние условия испытания.

5.4.2.2.3 Испытание металлических частей конструкции

Гидростатическое испытательное давление в любой точке испытуемого участка, состоящего из металлических компонентов, должно быть:

а) не менее максимально допустимого давления, чем в 1,5 раза;

б) для расчетной температуры, превышающей испытательную температуру, минимальное испытательное избыточное давление $P_т$ должно быть расчитано по следующему уравнению, за исключением случаев, когда значение $S_т/S$ превышает 6,5:

$$P_т = 1{,}5\ (P \cdot S_т)/S,$$

где P — внутреннее расчетное избыточное давление;

$S_т$ — значение напряжения при испытательной температуре [26];

S — значение напряжения при расчетной температуре [26];

в) если испытательное давление производит номинальное или продольное напряжение, превышающее предел текучести материала при испытательной температуре, испытательное давление может быть снижено до максимального давления, не превышающего предел текучести при испытательной температуре;

г) если испытательное давление системы трубопроводов, присоединенных к сосуду, равно или меньше испытательного давления для сосуда, система трубопроводов может быть испытана вместе с сосудом при испытательном давлении системы трубопроводов;

д) если испытательное давление системы трубопроводов превышает испытательное давление сосуда и не считается целесообразным изолировать системы трубопроводов от сосуда, системы трубопроводов и сосуды по согласованию с изготовителем могут быть испытаны вместе при испытательном давлении сосуда. Испытание проводится при испытательном давлении не менее 77 % испытательного давления системы трубопроводов, рассчитанного по вышеприведенной формуле.

Предварительное испытание с использованием воздуха при избыточном давлении свыше 170 кПа может быть проведено до гидростатического испытания для определения местоположения основных источников утечки.

5.4.2.2.4 Испытание неметаллических частей конструкции

Гидростатическое испытательное давление в любой точке испытуемого участка, состоящего из неметаллических деталей, не должно быть меньше максимально допустимого давления, чем в 1,5 раза, но и не должно превышать максимальное расчетное давление самого низкого расчетного компонента в системе

более чем в 1,5 раза. Для термопластиковых трубопроводов, в которых расчетная температура выше испытательной, применяется расчетное уравнение 5.4.2.2.3, за исключением того, что:

- S_T — значение напряжения выбирается с учетом применения неметаллических материалов [26];
- S — значение напряжения при расчетной температуре с учетом применения неметаллических материалов [26].

5.4.2.2.5 Методика проведения испытания

В ходе испытания конструкции на герметичность испытуемая конструкция должна быть заполнена испытательной жидкостью и присоединена к гидравлической системе, включающей устройство измерения давления, способное выдержать требуемое испытательное давление. Должны быть приняты соответствующие меры для удаления из установки воздуха. Давление повышают ступенчато до достижения испытательного давления, поддерживая давление каждой ступени в течение времени, достаточного для выравнивания деформации системы трубопроводов. Испытательное давление выдерживается не менее 10 мин и в течение всего времени проверки соединительных муфт и узлов соединения для определения утечки.

5.4.2.2.6 Критерии приемлемости

Оборудование, работающее под давлением, должно выдерживать гидростатическое испытательное давление без разрывов, трещин или физических повреждений. На испытуемых объектах не должно быть признаков утечки во время проведения испытания.

5.4.2.3 Пневматическое испытание на прочность

5.4.2.3.1 Испытательная среда

Для участков, содержащих газ или пары, испытания в соответствии с настоящим стандартом должны проводиться с использованием негорючего и нетоксичного газа или пара (например, сухого воздуха или инертного газа), близких по физическим характеристикам (например, молекулярной массе) рабочей среде, предусмотренной для работы водородного генератора.

5.4.2.3.2 Испытательное давление

Испытательное давление газа на герметичность должно составлять 110 % максимально допустимого давления.

Системы трубопроводов, находящиеся под давлением, должны быть испытаны при избыточном давлении, в 1,5 раза превышающем рабочее давление, но не менее 105 кПа.

5.4.2.3.3 Методика проведения испытания

Испытуемую часть конструкции (участок) заполняют испытательной средой и присоединяют к используемой гидравлической системе, включающей в себя устройство измерения давления и устройство измерения утечки испытательной среды или устройство для определения перепада давления, используемое для определения утечки. Устройство измерения утечки должно быть расположено на входе в испытуемую часть конструкции генератора, после устройства измерения давления. Испытуемый участок должен быть герметически закрыт подходящими средствами.

Затем ступенчато повышают давление до достижения испытательного, поддерживая давление каждой ступени в течение времени, достаточного для выравнивания деформации системы трубопроводов. Испытательное давление поддерживается не менее 10 мин. В течение этого времени устройство измерения утечки или другие средства обнаружения утечки, например устройство определения падения давления, должны обнаружить любую утечку.

5.4.2.3.4 Критерии приемлемости

Оборудование, работающее под давлением, должно выдерживать пневматическое испытательное давление без разрывов, трещин или физических повреждений.

5.4.3 Испытание на допустимую утечку опасного газа

5.4.3.1 Метод испытания на герметичность участков системы, содержащих опасный газ

5.4.3.1.1 Общие положения

Все участки водородного генератора, которые могут содержать опасные газы, например огнеопасные или горючие смеси, должны быть испытаны на герметичность.

Испытания, описанные в настоящем пункте, должны быть проведены дважды: до и после всех испытаний, указанных в. 5.4.6—5.4.14.

Перед проведением испытания на герметичность должно быть установлено, какие участки конструкции подвергаются одинаковому давлению в нормальном режиме эксплуатации водородного генератора. Эти участки должны рассматриваться как отдельная испытуемая часть, в которую отдельно подается давление и которую, при необходимости, изолируют от других участков водородного генератора подходящими для этих испытаний средствами.

5.4.3.1.2 Испытательная среда

Для участков, содержащих газ или пары, испытания в соответствии с настоящим стандартом должны проводиться с использованием негорючего и нетоксичного газа или пара (например, сухого воздуха или инертного газа), близкого по физическим характеристикам (например, молекулярной массе) рабочей среде, предусмотренной для работы водородного генератора.

5.4.3.1.3 Испытательное давление

Испытательное давление для определения утечки газа при пневматическом испытании должно составлять 110 % максимально допустимого давления. Системы трубопроводов, подвергающиеся воздействию давления, должны быть испытаны при внутреннем избыточном давлении, в 1,5 раза превышающем рабочее давление, но не менее 105 кПа.

5.4.3.1.4 Методика проведения испытания

Испытуемую часть конструкции заполняют испытательной средой и присоединяют к используемой системе нагнетания давления, включающей в себя устройство измерения давления и устройство измерения утечки испытуемой среды или устройство для определения перепада давления, используемое для измерения утечки. Устройство измерения утечки должно быть расположено на входе в испытуемый участок, после устройства измерения давления. Испытуемая часть конструкции должна быть герметически закрыта подходящими для этих испытаний средствами.

Затем давление повышают ступенями до достижения испытательного, поддерживая давление каждой ступени в течение времени, достаточного для выравнивания деформации системы трубопроводов. Испытательное давление поддерживается не менее 10 мин. В течение этого времени устройство измерения утечки или другие средства обнаружения утечки, например устройство определения падения давления, должны обнаружить любую утечку.

5.4.3.1.5 Выражение результатов

Если в качестве испытательного газа используется гелий, скорость газовой утечки рабочего газа L_H рассчитывают по нижеследующему алгоритму. Данный алгоритм адаптируют, если используются другие газы.

$$L_H = R \cdot L_{Test},$$

где L_{Test} — скорость утечки испытательного газа;

$$R = 1/2(d_{Test} / d_{Fuel}),$$

где d_{Test} — относительная плотность испытательного газа;

d_{Fuel} — относительная плотность топливного газа; или

$$R = \mu_{Test}/\mu_{Fuel},$$

где μ_{Test} — абсолютная вязкость испытательного газа;

μ_{Fuel} — абсолютная вязкость топливного газа.

Данные уравнения используются для подсчета значений R и наихудшего варианта, т. е. верхнего значения скорости утечки опасного газа.

5.4.3.1.6 Критерии приемлемости

Общая скорость утечки в системах водородного генератора должна быть такой, чтобы максимальная концентрация любого огнеопасного газа в вентиляционном выбросе водородного генератора для вентиляционного потока в шкафу составляла менее 25 % нижнего предела взрываемости, за исключением водорода, для которого выброс не должен превышать 25 % нижнего предела воспламенения.

Оборудование, работающее под давлением, должно выдерживать пневматическое испытательное давление без разрывов, трещин или физических повреждений.

5.4.3.2 Метод испытания на герметичность системы вентиляции дымовых газов

5.4.3.2.1 Методика проведения испытания

Испытание проводится с использованием максимальной длины воздухозаборного патрубка и вентиляционной трубы и максимального числа соединительных муфт, включая фитинги, в соответствии с указаниями изготовителя. Для проведения испытания изготовитель должен обеспечить.

- систему вентиляции, включающую максимальное заданное число фитингов, и
- герметично закрытый испытательный фитинг, содержащий вентиляционный патрубок, к которому будет присоединена вентиляционная система.

Испытательный фитинг должен также иметь впускное отверстие (отверстия), к которому присоединяют источник давления и устройство измерения давления.

Вся система воздухозабора и вентиляции, включая трубопроводы и крышку, должна быть в сборе (при необходимости герметически закрыта) в соответствии с инструкциями изготовителя.

5.4.3.2.2 Водородные генераторы с отдельной воздухозаборной секцией и отдельной секцией вытяжной вентиляции

Воздухозаборный и выпускной патрубки снимают, а вход в секцию забора технологического воздуха герметично закрывают в месте входа в водородный генератор. Всю систему, включая соединения технологического воздуха и отработанного газа между водородным генератором и воздухозаборным и выпускным патрубками, устанавливают и герметично закрывают в соответствии с инструкциями изготовителя.

Вытяжное отверстие и воздухоприемное отверстие герметично закрывают в месте присоединения к выпускному и водухозаборному патрубкам. Средства герметизации должны включать в себя фитинги для подачи воздуха в водухозаборную секцию и секцию вытяжной вентиляции, а также устройства для измерения внутреннего давления в каждой секции системы. Внутреннее давление в системе определяют посредством присоединения устройств измерения внутреннего давления к манометру, заполненному водой, со шкалой до 2,5 Па.

Соответствующее количество чистого воздуха подается через измерительное устройство в секцию системы прямой вентиляции, в которой повышается давление через фитинг подачи воздуха. Фитинг подачи воздуха в секцию системы, которая не находится под давлением, должен быть открыт.

5.4.4 Испытание эксплуатационных характеристик горелки

5.4.4.1 Приемлемость

Нижеследующая методика применяется к водородным генераторам, оборудованным различными топливосжигающими котлами или нагревающим устройством (например, стартовая горелка) и используется как для горячей, так и для холодной горелки в следующих условиях:

а) при давлении нагнетания и работе с испытательными газами по 5.2;

б) при максимальном и минимальном давлениях топлива, указанных изготовителем, если эти значения отличаются от давления по 5.4.4.1 перечисление а);

в) при 85 % и 110 % отклонении входного напряжения от расчетного значения. Если водородный генератор оборудован средствами защиты от перепада напряжения в указанном диапазоне, систему испытывают в пределах, установленных для защитного устройства. Кроме того, устройство защиты от перепада напряжения должно быть проверено согласно 5.4.4.

5.4.4.2 Общие положения испытания

Автоматическая система воспламенения должна вызвать воспламенение топлива в горелке, как только оно достигнет выходного отверстия горелки (горелок). Если есть источник воспламенения непрерывного действия, он не должен затухать при отключении или подключении подачи топливного газа в горелку.

Данное положение не применяется к источникам воспламенения периодического или прерывного действия, когда подача топлива в горелку отключена.

В течение испытания проверяется, чтобы:

- топливо горелки эффективно воспламенялось без задержки воспламенения, проскока пламени, чрезмерного шума или повреждения оборудования, при включенной подаче топлива;

- пламя горелки потухало без проскока пламени или чрезмерного шума, при выключенной подаче топлива;

- пламя горелки не выходило наружу камеры сгорания;

- в горелке не накапливались продукты сгорания; и

- в основные отверстия горелки для выпуска воздуха не попадал газ и не возникало противодавление.

5.4.4.3 Испытание в предельных условиях

Испытание проводят без изменения регулировочных параметров горелки и запальной горелки. Давление на входе должно быть сокращено до 70 % нормального давления. При таких условиях подачи должна демонстрироваться безопасная работа горелки, а эмиссия CO не должна превышать уровень, указанный в 4.4.9. Испытание повторяют при минимальном количестве подводимого тепла, допускаемого устройствами управления, если в таких условиях возможно воспламенение.

5.4.5 Испытания автоматической системы управления горелками и реакторов каталитического окисления

5.4.5.1 Общие положения

Нижеследующий порядок проведения испытания имеет место в отношении запуска всех компонентов, предназначенных для осуществления регулируемой реакции окисления, такой как горение в стартовой горелке печи риформинга, каталитическое селективное окисление и каталитическое горение.

5.4.5.2 Испытания автоматической системы воспламенения горелок водородных генераторов

5.4.5.2.1 Испытание на эффективность воспламенение

Для водородных генераторов, работающих при расчетном напряжении, активизируют устройство воспламенения и наблюдают за процессом воспламенения.

Устройство воспламенения должно зажигать топливо основной горелки в момент появления его в выходном отверстии. Пламя не должно выходить наружу водородного генератора, а водородный генератор не должен быть поврежден. Следует предпринять не менее пяти процедур воспламенения. В каждом случае воспламенение должно возникать в момент прохождения топлива через выходное отверстие горелки.

5.4.5.2.2 Испытание на перепад напряжения

5.4.5.2.2.1 Испытание при пониженном напряжении воспламенения

Напряжение водородного генератора должно быть отрегулировано до 85 % номинального напряжения. При этом устройство воспламенения должно зажигать топливо основной горелки в опеделенный период установления основного пламени. Эмиссию СО измеряют в соответствии с 4.4.9. Пламя не должно выходить наружу водородного генератора, а водородный генератор не должен быть поврежден. Следует предпринять не менее пяти процедур воспламенения. В каждом случае воспламенение должно произойти в установленных пределах.

5.4.5.2.2.2 Испытание при повышенном напряжении

Напряжение водородного генератора должно быть отрегулировано до 110 % номинального напряжения. При этом устройство воспламенения должно зажигать топливо основной горелки в определенный период установления основного пламени. Эмиссию СО измеряют в соответствии с 4.4.9. Пламя не должно выходить наружу водородного генератора, а водородный генератор не должен быть поврежден. Следует предпринять не менее пяти процедур воспламенения. В каждом случае воспламенение должно произойти в установленных пределах.

5.4.5.2.3 Испытание на соответствие периоду установления основного пламени

Период установления основного пламени проверяется для водородного генератора в соответствии с условиями, указанными в 5.3. Время от момента включения подачи топлива до активации устройства воспламенения или пламени горелки, в зависимости от конкретного случая, не должно превышать период установления основного пламени, определенный изготовителем.

5.4.5.2.4 Испытание для определения времени блокировки при угасании пламени

Водородный генератор должен работать при расчетной скорости расхода топлива до момента достижения теплового режима. Время блокировки при погасании пламени измеряется между моментом преднамеренного погашения источника воспламенения (если имеется) и основной горелки путем прекращения подачи топлива и моментом отключения подачи топлива автоматическим устройством. Автоматическая система должна отключить питание от всех предохранительных запорных клапанов в течение времени блокировки при погасании пламени, указанного в 4.7.4.

При работающей горелке погасание пламени моделируется путем отсоединения детектора пламени. Измеряется период времени между моментом отключения детектора пламени и моментом, когда система отключит подачу топлива. В качестве критериев приемлемости данного испытания используется время блокировки при погасании пламени, указанное изготовителем.

5.4.5.2.5 Испытание цикла с повторным искровым восстановлением

Для систем с повторным циклом воспламенения время осуществления повторного цикла должно быть определено в режиме работы генератора с расчетной скоростью расхода топлива. При восстановлении подачи искры проверяют, чтобы после погасания пламени устройство воспламенения повторно зажгло топливо в течение периода установления основного пламени. Пламя не должно выходить наружу водородного генератора, а водородный генератор не должен быть поврежден. При горящей горелке погасание пламени моделируется путем отсоединения детектора пламени. Измеряется период времени между моментом отключения детектора пламени и моментом, когда детектор пламени отключит подачу топлива. Измеряется также период времени между моментом остановки потока топлива и моментом повторного включения устройства воспламенения. В качестве критериев приемлемости данного испытания используется время блокировки при погасании пламени, указанное изготовителем.

5.4.5.2.6 Испытание сокращением пламени источника воспламенения

Если основная горелка оборудована источником воспламенения, он должен эффективно воспламенять основную горелку при сокращении подачи топлива до минимального количества, соответствующего подаче, при которой предохранительный клапан остается в открытом состоянии, или незначительно превы-

шающего уровень погасания пламени. Из этих двух значений выбирается то, при котором скорость подачи топлива источника воспламенения выше. Пламя не должно выходить наружу водородного генератора, а водородный генератор не должен быть поврежден.

Испытание проводится как при холодном запуске, так и непосредственно после прогрева водородного генератора до установившегося режима сгорания продуктов реакции. При снижении скорости подачи топлива источника воспламенения основная горелка должна успеть воспламениться в течение времени, предшествующего срабатыванию блокировки вследствие погасания основного пламени.

5.4.5.2.7 Испытание для определения задержки воспламенения

В водородных генераторах, использующих прямое воспламенение топлива основной горелки электрическим устройством, задержка воспламенения не должна приводить к выбросу пламени наружу водородного генератора или повреждению водородного генератора и присоединенной вентиляционной системы. Для этого испытания используют максимальную продолжительность попытки воспламенения топлива основной горелки автоматической системой, указанную изготовителем.

Для систем, отключающих воспламенитель раньше момента воспламенения, испытания проводят с использованием максимального расчетного периода активации воспламенения, указанного изготовителем.

Для проведения испытания при комнатной температуре генератор запускают при нормальной скорости подвода энергии средствами воспламенения с различными временными интервалами в соответствии с максимальным периодом задержки воспламенения или максимальным периодом активации воспламенения, указанными изготовителем, в зависимости от того, какой период меньше. Для систем многократного действия попытки воспламенения должны осуществляться с различными временными интервалами и в любое время активации воспламенителя в общей последовательности операций вплоть до блокировки. За воспламенением основной горелки наблюдают при каждой попытке. Кроме того, испытание замедленным воспламенением выполняют в соответствии с периодом установления основного пламени, указанным изготовителем.

5.4.5.2.8 Температурное испытание компонентов системы воспламенения

Термопары или аналогичные устройства измерения температуры устанавливают в каждом компоненте системы воспламенения. Водородный генератор выводится на установившийся расчетный режим скорости расхода топлива, после чего измеряют температуру компонентов. Температура не должна превышать значений, указанных изготовителем.

5.4.5.2.9 Испытание горелки продувкой

Испытание применяется к системам, требующим продувку по 4.7.4.

В установленном изготовителем порядке определяются объем продувки или время продувки форсунок, которые проверяются в соответствии с техническими условиями изготовителя:

Объем продувки определяют следующим образом:

а) водородный генератор находится в нерабочем состоянии и выдержан при температуре окружающей среды. К продувочному устройству (вентилятору) подают электрическое напряжение для обеспечения реальных условий продувки;

б) скорость продувки измеряется с пределом погрешности 5 % на выходе канала для удаления продуктов сгорания при температуре окружающей среды и корректируется до нормальных условий;

в) изготовитель должен установить объем цикла с горением.

Период продувки определяется следующим образом:

а) водородный генератор находится в нерабочем состоянии и выдержан при температуре окружающей среды;

б) измеряется время между началом работы продувочного вентилятора и моментом открытия отсечных запорных клапанов.

5.4.5.3 Испытание системы автоматического управления реакторами каталитического окисления

5.4.5.3.1 Испытания для определения времени начала реакции

Водородный генератор должен работать в соответствии с требованиями изготовителя до достижения условий, необходимых для начала реакции. Затем открывают подачу топлива в режиме обедненной горючей смеси или подачу воздуха в режиме богатой горючей смеси. Измеряют время между моментом открытия подачи топлива (воздуха) и моментом, когда контрольно-измерительные устройства реактора подают сигнал об успешном начале реакции. Измеренное время не должно превышать максимальное время начала реакции, указанное изготовителем.

5.4.5.3.2 Время блокировки при отказе

Водородный генератор должен работать в соответствии с 5.3 до достижения условий, необходимых для начала реакции. Затем закрывают подачу топлива в режиме обедненной горючей смеси или подачу

воздуха в режиме богатой горючей смеси. Для горящего каталитического реактора отказ реакции моделируется путем отсоединения устройства, отслеживающего температуру реакции. Время, измеренное между этим моментом и моментом, когда система управления выключает подачу топлива в режиме обедненной горючей смеси или подачу всех реагентов в режиме богатой горючей смеси, не должно превышать время блокировки при отказе, указанное в 4.7.5.

5.4.6 Механическое испытание систем вентиляции

5.4.6.1 Общие положения

Системы вентиляции должны быть механически испытаны за исключением случаев, когда соответствие вентиляционных систем нижеследующим требованиям определяется расчетным способом.

5.4.6.2 Испытания на растяжение и кручение

Систему вентиляции на водородном генераторе устанавливают в соответствии с инструкциями изготовителя. Компоненты системы вентиляции должны быть собраны таким образом, чтобы вентиляционная труба проходила за пределами корпуса водородного генератора. Если система вентиляции в сборе включает в себя зацементированные швы, цемент должен высохнуть в соответствии с инструкциями изготовителя. Вдоль продольной осевой линии вентиляционной трубы прилагают механическую силу 223 Н в направлении, растягивающем вентиляцию от водородного генератора. Такую же силу затем прилагают в противоположном направлении. В каждом случае сила применяется в течение пяти минут.

Крутящий момент 34 Н·м применяется к осевой линии агрегата в сборе в течение одной минуты в направлении вращения.

Затем крутящий момент применяется в противоположном направлении в течение одной минуты. Вращение вентиляционной трубы относительно выпускного отверстия считается приемлемым, если это место соединения проходит последующее испытание вентиляционной системы на герметичность.

После испытания соединения вентиляции и другие внутренние части проверяются на возможность утечки, разлома или размонтирования. Оборудование считается приемлемым по данному положению испытания, если водородный генератор также соответствует требованиям испытания на горение при заблокированном выпуске и испытаниям на герметичность вентиляции, описанным в 5.4.11.2 и 5.4.3.2.

5.4.6.3 Испытание на нагрузку выпускного патрубка вентиляции

Систему вентиляции собирают в соответствии с инструкцией изготовителя по установке. Вертикальную подвешенную нагрузку, превышающую в семь раз номинальный диаметр трубы в мм, но не более 750 Н, равномерно распределяют без ударного нагружения над крайним торцом вентиляции и оставляют на одну минуту. При удалении груза не должно возникать существенной деформации любой части выпускного патрубка или такого отклонения в конструкции водородного генератора, при котором оборудование не может нормально работать.

После указанной проверки водородный генератор выводят в номинальный режим работы и доводят до устойчивого теплового режима. Концентрация окиси углерода должна соответствовать 4.4.9.

5.4.6.4 Испытание на ударную нагрузку выпускного патрубка вентиляции

Воздействие осуществляют посредством движения маятника. Мешок, наполненный песком, массой 12 кг подвешивают на трос или канат таким образом, чтобы длина маятника, измеренная от точки вращения до центра тяжести мешка, составляла 2,20 м. В состоянии покоя мешка расстояние от его края до поверхности вентиляционного устройства должно быть не более 25 мм. Точка ударного воздействия на вентиляционное устройство должна быть напротив центра тяжести мешка. Затем мешок поднимают на заданный испытательный угол между маятниковым рычагом с мешком в состоянии покоя и маятниковым рычагом в поднятом состоянии.

Одно воздействие производится на каждую из нижеследующих точек .

а) центр вертикальной передней поверхности выпускного патрубка вентиляции;

б) передний край с левой стороны выпускного патрубка вентиляции, с маятниковой траекторией, смещенной влево под углом 45° к траектории, применяемой в перечислении а);

в) передний край с правой стороны выпускного патрубка вентиляции, с маятниковой траекторией, смещенной вправо под углом 45° к траектории, применяемой в перечислении а).

После указанной проверки водородный генератор выводят в номинальный режим работы и доводят до устойчивого теплового режима. Концентрация окиси углерода не должна превышать требований 4.4.9. В соответствии с инструкциями изготовителя выпускной патрубок вентиляции можно заменять после каждого испытания на ударную нагрузку и проверку содержания окиси углерода.

5.4.7 Температурное испытание поверхности и компонентов

При достижении водородным генератором режима установившегося сгорания температура измеряется в соответствии с требованиям 4.4.5, 4.4.2 и, если применимо, 4.7.2.3.3 и 4.7.3.

5.4.8 Температурное испытание стены, пола и потолка

Данное испытание проводится только для водородных генераторов, предназначенных для использования в помещении. Водородный генератор помещают в шестисторонний прямоугольный невентилируемый испытательный корпус, изготовленный из фанеры номинальной толщиной 20 мм, окрашенной в бледно-черный цвет. Размеры испытательного корпуса должны быть такими, чтобы в него помещался водородный генератор с учетом минимального безопасного расстояния до горючего материала, указанного изготовителем в инструкции по установке.

Повышение температуры определяется термопарами с проводом малого сечения.

Примечание — Термопары диаметром менее 0,3 мм считаются термопарами с проводом малого сечения.

Термопары, используемые для определения повышения температуры на поверхности стен, потолка и пола испытательного корпуса, прикрепляют к задней стороне медных или латунных дисков, покрашенных черной краской, диаметром 15 мм и толщиной 1 мм. Передняя часть диска располагается заподлицо с поверхностью испытуемых деталей корпуса.

Термопары должны располагаться так, чтобы они могли фиксировать максимально высокую температуру и их можно было перемещать, при необходимости, во время испытания.

До запуска водородного генератора измеряют и записывают значения температуры окружающей среды.

Водородный генератор испытывают при максимальной выходной мощности. После достижения установившегося режима измеряют температуру испытуемых поверхностей.

Значение температуры должно быть не более указанного в 4.4.5.

5.4.9 Температура полимерных компонентов

Максимально высокая рабочая температура полимерных компонентов определяется:

- для водородных генераторов, применяемых в помещении — размещением термопар на полимерных компонентах во время температурного испытания стен, пола и потолка по 5.4.8;

- для водородных генераторов, применяемых вне помещения — размещением термопар на полимерных компонентах при испытании водородного генератора при максимальной выходной мощности, при максимальной температуре воздуха, указанной изготовителем, и с использованием защищающих от ветра конструкций по 4.3.3.

Функциональную целостность полимерного компонента определяют после воздействия температуры не ниже 70 °С или воздействия температуры на 10 °С выше максимальной рабочей температуры (в зависимости от того, какая выше) в течение семи часов в сушильном шкафу при полной загрузке.

Во время испытания не должно возникать усадки, коробления или другой деформации компонента, способной повлиять на его предназначенную функцию или создать угрозу безопасности.

5.4.9.1 Температурное испытание выпускных труб

При достижении водородным генератором установившегося режима измеряют температуру всех выпускных труб. Измеренная температура не должна превышать максимальную температуру, указанную изготовителем.

5.4.10 Испытания на действие ветра

5.4.10.1 Метод калибровки ветряного источника для ветров, направляемых перпендикулярно к стене

Схема расположения для калибровки ветряного источника должна состоять из центра ветряного источника, направленного перпендикулярно к центру испытательной стены, оборудованной четырьмя отверстиями вокруг выпускного патрубка вентиляции, установленного в соответствии с инструкциями изготовителя по центру испытательной стены. Отверстия должны быть соединены трубопроводами для получения одного среднего значения статического давления. При ветрянном источнике, направленном против стены, среднее значение статического давления, измеренное манометром во впускном отверстии воздуха, подаваемого в камеру сгорания, составляет основу для калибровки ветряного источника с использованием отношений, приведенных в таблице 2.

Таблица 2

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

Кроме того, ветряной источник, откалиброванный со скоростью 50 км/ч, не должен создавать скоростное давление по линии отверстий, превышающее 12 Па (16 км/ч) на расстоянии 305 мм от испытательной стены.

5.4.10.2 Водородные генераторы, предназначенные для использования вне помещений

5.4.10.2.1 Применяемость

Данные испытания применяются только к водородным генераторам или компонентам водородного генератора, предназначенным для использования вне помещений.

5.4.10.2.2 Проверка работы под действием ветра

Шкафы водородных генераторов, предназначенных для использования вне помещений, должны быть подвергнуты и выдерживать испытание на действие ветра при использовании следующего метода.

Водородный генератор должен запускаться и нормально эксплуатироваться, без повреждения или неисправностей какой-либо части и не создавая небезопасных условий при воздействии ветра при номинальной скорости 50 км/ч и меньше.

Ветряной источник, калиброванный по 5.4.10.1, направляют на внешнюю поверхность водородного генератора, в наиболее критическую точку (точки). Ветряной источник располагается таким образом, чтобы однородный поток ветра, полностью покрывающий заданную внешнюю поверхность, был направлен горизонтально к водородному генератору при указанной скорости, измеренной по вертикальной плоскости на расстоянии 50 см от наветренной поверхности водородного генератора. Если водородный генератор оборудован источником воспламенения, он должен воспламениться при номинальной скорости ветра 16 км/ч.

При номинальной скорости ветра 50 км/ч газ в горелке должен воспламениться от источника воспламенения в течение периода установления основного пламени, а пламя горелки и источника воспламенения не должно затухать. Источник воспламенения (если имеется) проверяют самостоятельно или одновременно с горелкой.

5.4.10.2.3 Эмиссия CO под действием ветра

Во время испытания по 5.4.10.2.2 проверяют эмиссию CO на выходе из водородного генератора при скорости ветра от 0 км/ч до 50 км/ч. Водородный генератор должен работать при номинальном режиме на установившемся температурном режиме. При указанных скоростях потока ветра измеряют эмиссию для проверки соответствия требованиям по 4.4.9.

5.4.10.3 Водородные генераторы, предназначенные для использования в помещении

5.4.10.3.1 Применяемость

Испытания применяют в отношении водородных генераторов, предназначенных для работы в помещении. Испытания проводят на генераторах с максимальной длиной впускного воздуховода и вентиляционной трубы для дымовых газов, указанных изготовителем. Изготовитель для этого испытания должен предоставить систему воздухозабора и вентиляции дымовых газов. Всю систему воздухозабора и вентиляции дымовых газов, включая системы трубопроводов и концевую крышку, устанавливают в соответствии с инструкцией изготовителя на испытательной стене.

5.4.10.3.2 Проверка работы под действием ветровой нагрузки

5.4.10.3.2.1 Испытание ветровой нагрузкой, направленной параллельно испытательной стене

Ветровой источник должен быть откалиброван на номинальную скорость ветра 50 км/ч (скоростное давление свободного потока 117 Па) с использованием трубки Пито, при направлении потока параллельно с испытательной стеной в трех местах, расположенных на плоскости, перпендикулярной к испытательной стене, в центре системы вентиляции дымового газа.

В процессе данного испытания поток воздуха направляют параллельно испытательной стене с номинальной скоростью 50 км/ч. Водородный генератор при таких условиях испытания должен запускаться и устойчиво работать в течение 10 мин при воздействии ветрового потока со скоростью 50 км/ч.

5.4.10.3.2.2 Ветер, направляемый перпендикулярно к стене

В процессе данного испытания поток воздуха, производимый ветряным источником, отрегулированный по 5.4.10.1, направляют перпендикулярно к испытательной стене с номинальной скоростью 50 км/ч.

Под воздействием ветрового потока со скоростью 50 км/ч источник воспламения должен зажечь газ в горелке в течение периода установления основного пламени, а пламя горелки и источника воспламенения не должно затухать.

Источник воспламенения (если имеется) испытывают самостоятельно или одновременно с горелкой. Водородный генератор должен быть выдержан в рабочем состоянии в течение 10 мин, системы автоматического управления должны обеспечивать нормальную работу генератора в режимах «включено» и «выключено».

5.4.10.3.2.3 Эмиссия CO при воздействии ветра

Во время испытания по 5.4.10.3.2.1 проводят испытания по измерению эмиссии CO при направлении ветра против воздухозаборного патрубка (патрубков) со скоростью от 0 до 50 км/ч. При этом водородный генератор должен нормально работать при установившемся температурном режиме. Изменение эмиссии осуществляют в соответствии с требованиями 4.4.9.

5.4.11 Испытания на эмиссию CO

5.4.11.1 Испытания на установившемся тепловом режиме

При достижении водородным генератором установившегося рабочего состояния измеряют эмиссию CO для проверки соответствия требованиям 4.4.9. Водородные генераторы испытывают при 25 %, 50 %, 75 % и 100 % уровнях мощности.

5.4.11.2 Испытание с заблокированным выпуском

Уровни эмиссии CO проверяют при перекрытии выпускного отверстия для отработанных газов водородного генератора, включая его полное закрытие. Водородный генератор выдерживают при номинальном режиме работы не менее 15 мин, после чего площадь сечения выпускного отверстия водородного генератора постепенно сокращается до размера, при котором устройство управления, автоматически регулирующее подачу топлива в условиях заблокированного выпускного отверстия, продолжает осуществлять подачу топлива. Уровень эмиссии CO определяют на соответствие требованиям 4.4.9.

5.4.11.3 Испытание с заблокированной системой подачи воздуха

Данное испытание проводят для водородных генераторов с изменяющейся подачей воздуха через воздухозаборный трубопровод. Водородный генератор выдерживают при номинальном режиме работы не менее 15 мин. После этого поступательно перекрывают воздухозаборный канал и измеряют уровень эмиссии CO для определения соответствия требованиям 4.4.9. Кроме того, проводят испытания при окрывающемся воздухозаборнике. При этом воздухозаборный канал постепенно открывают и определяют степень блокировки, при которой происходит воспламенение горелки. На этом уровне блокировки при достижении установившегося режима работы водородного генератора измеряют уровень эмиссии CO для определения соответствия его требованиям 4.4.9.

5.4.11.4 Испытание на перепад напряжения

Данное испытание проводится для водородных генераторов, использующих механические средства (например, вентилятор) для подачи воздуха в горелки или для вентиляции выбросов. Водородный генератор выдерживают при номинальном режиме работы не менее 15 мин.

Напряжение на электрических контактах вентилятора постепенно сокращают. Фиксируется регулировка автоматики, отключающей подачу газа прежде, чем концентрация CO в продуктах сгорания превысит требования 4.4.9. Для водородного генератора, эксплуатируемого при нормальных условиях окружающей среды, напряжение на контактах вентилятора постепенно увеличивают от нулевого значения до значения, при котором происходит воспламенение горелки. При этом напряжении измеряют уровень эмиссии CO на соответствие 4.4.9.

5.4.12 Испытание в предельных условиях, связанных с прекращением подачи энергоресурсов

Водородный генератор устанавливают и эксплуатируют в соответствии с положениями 5.3. Испытание должно быть проведено с ограничением подачи каждого энергоресурса, например топлива, электричества, воды, охлаждающей воды, технологического воздуха и т. п., подачу которых уменьшают постепенно.

Система должна безопасно отключаться без:

- создания любых угроз для здоровья и безопасности;
- нарушения или повреждения системы.

Если для защиты водородного генератора во время выключения и хранения требуется продувочный газ, генератор испытывают на одновременную потерю инертного газа и второго энергоресурса. В любом случае испытание на потерю подачи продувочного газа должно сопровождаться предупреждением об опасности.

5.4.13 Проверка режима работы

5.4.13.1 Общие положения

Целью данного испытания является проверка того, чтобы выработка водорода при испытательных условиях по 5.3 и номинальном режиме работы была не меньше установленого значения выработки водорода и его степень чистоты — не меньше установленного предела.

5.4.13.2 Функции

Должны быть испытаны все функции водородного генератора, в особенности относящиеся к безопасности и защите. Испытывают все режимы и переходные состояния, указанные изготовителем. Система должна безопасно работать без:

- создания любых угроз для здоровья и безопасности;
- нарушения или повреждения системы.

5.4.13.3 Режим работы

Скорость потока получаемого газообразного продукта и подачу топлива измеряют при 100 % мощности на установившемся режиме работы. Поток газа и жидкого топлива определяют стандартными средствами. Водородные генераторы испытывают при 25 %, 50 %, 75 % и 100 % уровнях мощности.

Водородные генераторы с разными настройками производительности испытывают по каждой настройке. Измерения каждого уровня мощности и каждой настройки производительности выполняют на установившихся рабочих режимах работы.

Излучение воздушного шума определяют согласно [45].

На основе измерений, проведенных по 5.1, определяют следующие характеристики:

- норму выработки водорода;
- скорость подведения топлива;
- содержание водорода в выходном потоке на сухую массу;
- давление, температуру и влажность выходного водородного потока;
- потребление электроэнергии при расчетной выработке;
- излучение шума.

5.4.13.4 Испытание на суммарную наработку

После испытаний по 5.4.12 и 5.4.13.3 проводят испытание на 720-часовую суммарную наработку. После испытания на суммарную наработку повторно проводят испытание на герметичность по 5.4.3.

5.5 Контрольные испытания

Контрольные испытания должны проводиться для каждого водородного генератора перед поставкой и включают в себя:

- испытание на герметичность секций водородного генератора, несущих горючие жидкости, по 5.4.2.2 и 5.4.3;
- испытание эксплуатационных характеристик горелки по 5.4.4;
- испытание на электрическую прочность диэлектрика для высоковольтных электрических схем водородного генератора согласно [38] — для электрооборудования промышленных машин или [39] — для бытовых, коммерческих и полупромышленных электрических приборов, применяемое в течение одной минуты, или используя напряжение, равное 120 % испытательного напряжения, применяемого в течение одной секунды.

Примечание — Если водородный генератор использует такой компонент как, например, полупроводниковый прибор, который может быть поврежден диэлектрическим напряжением, испытание может быть проведено после отсоединения компонента от массы или до его включения;

- испытание на целостность цепи и защитного заземления кабельных оболочек согласно [38] — для электрооборудования промышленных машин или [39] — для бытовых, коммерческих и полупромышленных электрических приборов.

6 Маркировка, обозначения и упаковка

6.1 Маркировка водородного генератора

На каждом водородном генераторе должна быть прикреплена табличка основных технических данных или нанесены соответствующие маркировочные обозначения, расположенные в местах, удобных для чтения при установке водородного генератора.

Маркировочные обозначения должны четко отражать все ограничения в использовании, в частности, требования к вентиляционной зоне, в которой устанавливается водородный генератор.

Примечание — В [28] приводятся принципы, относящиеся к вентиляции зон, содержащих оборудование водородного генератора.

Табличка технических данных и/или маркировочные обозначения должны включать в себя:

а) наименование предприятия-изготовителя, торговую марку и адрес;

б) номер по каталогу, номер модели или типа;

в) серийный номер;

г) диапазон напряжения электроэнергии на входе, В;

д) номинальный ток, А;

е) частоту переменного тока, Гц и число фаз;

ж) расчетную номинальную мощность на входе, Вт;

и) расчетную номинальная тепловую мощность на входе (если применяется);

к) тип и качество входного топлива, используемого водородным генератором;

л) разрешенный диапазон нагнетательного давления топлива;

м) использование в помещении или вне помещения;

н) производительность водорода, кг/ч;

о) содержание водорода в выходном потоке на сухую массу;

п) давление водорода на выходе, кПа;

р) обозначение настоящего стандарта.

Если водородный генератор рассчитан на работу в опасных зонах согласно ГОСТ Р МЭК 60079-10-1, ГОСТ Р МЭК 60079-10-2 и [35], он должен иметь соответственное маркировочное обозначение.

Водородный генератор должен быть обозначен следующим образом: «Следуйте инструкции по установке, в которой приводятся перечень деталей и методика установки системы трубопроводов, электрических и технологических соединений».

6.2 Маркировка компонентов

Для обозначения опасности поражения электрическим током, наличия дренажных клапанов, горячих компонентов и механических опасностей используются предупредительные знаки. Предпочтительно должны использоваться стандартные символы [3]. Если вместо графического символа используется предупредительная надпись, она должна содержать сигнальное слово, например «Опасность», «Внимание», «Осторожно» и способ предупреждения опасности. В качестве минимального требования шкаф водородного генератора должен быть обозначен легкоразличимыми предупредительными знаками, указанными в 6.3.3.

Устройства управления, визуальные индикаторы и устройства отображения информации, используемые в интерфейсе «человек-машина», должны быть четко обозначены с учетом их функций или сопряженных с ними единиц оборудования.

Особое внимание следует уделить устройствам, относящимся к обеспечению безопасности.

6.3 Техническая документация оборудования

6.3.1 Общие положения

Изготовитель должен обеспечить каждый водородный генератор информацией по его безопасной установке и обслуживанию и должен, в частности, привлечь внимание ко всем ограничениям в использовании. Информация должна быть представлена в виде технических документов, таких как иллюстрации, схемы, графики, таблицы и инструкции, которые должны быть на соответствующем языке и на адекватном носителе данных.

Часть технической информации может быть предназначена только для квалифицированного персонала. В таком случае изготовитель должен определить критерии квалификации персонала.

Информация, предоставленная вместе с водородным генератором, должна содержать:

а) четкое и детальное описание оборудования, установки и монтажа, а также присоединения к источникам электроснабжения;

б) технические условия на водородный генератор, включающие по крайней мере информацию для маркировки по 6.1;

в) требования к электроснабжению;

г) сведения о физической среде и рабочие условия по 4.3;

д) схемы электрической цепи;

е) информацию (при необходимости) по:

1) погрузочно-разгрузочным работам, транспортированию и хранению,

2) программному обеспечению для программирования,

3) последовательности операций,

4) периодичности осмотра,

5) периодичности и методу функционального тестирования,

6) регулировке, техническому обслуживанию и ремонту, в частности, защитных устройств и цепей, и

7) перечень деталей и рекомендуемый перечень запасных деталей;

ж) описание (включая схемы соединений) предохранительных устройств, функций взаимоблокировки и взаимоблокировки предохранителей в потенциально опасных условиях, в частности для водородных генераторов, эксплуатируемых во взаимодействии с другим оборудованием (например, с энергетической установкой с топливными элементами или системой компрессии, хранения и транспортирования водорода);

и) описание защиты и средств обеспечения защиты (например, ручное программирование, проверка программы).

Вся информация, требуемая настоящим стандартом, должна быть включена в техническую документацию водородного генератора.

6.3.2 Руководство по установке

Руководство по установке должно обеспечивать сборщика всей информацией, необходимой для проведения предварительных работ по установке генератора.

В частности, в руководство должна быть включена схема или таблица межсоединений. Схема или таблица должна содержать полную информацию по внешним соединениям (например, электроснабжение, водоснабжение, сигналы управления, вытяжная вентиляция, вентиляционные соединения, схемы транспортирования продукта и т. д.).

Руководство по установке должно содержать, в зависимости от конкретного случая, нормы по:

а) расположению и проектированию фундамента под генератор, включая противовибрационные установки;

б) вентиляционные требования;

в) проектированию, конструированию и установке вентиляционной трубы сброса давления, системы вентиляции дымовых газов и системы трубопроводов продукта;

г) защите от опасного атмосферного воздействия;

д) рекомендуемой высоте относительно базового уровня подъема воды;

е) ограждающей конструкции;

ж) минимальным безопасным расстояниям от горючих материалов или источников воспламенения, растительности, пешеходных дорожек, общедоступных проездов, дорог и железнодорожных путей;

и) защите от транспортного воздействия;

к) свободному пространству для технического обслуживания, обслуживания и правильного режима работы в метрах; и

л) средствам крепления.

Примечание — В приложении Г приводится информация по установке водородных генераторов.

6.3.3 Руководство пользователя

К водородным генераторам, предназначенным для бытового, коммерческого и полупромышленного использования (например, в качестве источника водорода для бытовых энергетических установок с топливными элементами), должно прилагаться руководство пользователя вместе с дополнительной информацией для поддержки технического обслуживания (адреса импортеров, ремонтных служб и т. п).

Руководство должно быть на языке пользователя.

Руководство пользователя должно быть отпечатано или набрано и отформатировано в удобочитаемой форме.

Для идентификациии компонентов водородного генератора, сборных компонентов и мест соединения должны прилагаться иллюстрации. Иллюстрации также должны использоваться для идентификации местоположения обслуживаемых компонентов и правильных методов обслуживания.

Если текст на оборудовании поставлен в кавычки, в руководстве пользователя он должен отражаться точно таким же образом.

Руководство пользователя должно быть прикреплено к водородному генератору в специальной ячейке или зажимом, являющимся частью водородного генератора, или передано пользователю в конверте с пометкой для сборщика о необходимости прикрепления руководства к водородному генератору и сохранения для последующего использования.

Каждое руководство должно быть разделено на главы или разделы и включать содержание.

Первая страница обложки должна содержать самые важные инструкции по безопасности. В качестве минимальных требований передняя часть обложки или, при отсутствии обложки, первая страница должна содержать нижеследующие меры безопасности, заключенные в рамку, как показано на рисунках 1—3, в зависимости от конкретного случая.

ВНИМАНИЕ!
ОПАСНОСТЬ ВОЗГОРАНИЯ ИЛИ ВЗРЫВА

Несоблюдение предостережения об опасности может привести к серьезной травме, смерти или повреждению имущества.
☐ Не хранить и не использовать бензин или другие горючие пары и жидкости вблизи этого и любого другого сопутствующего оборудования.
☐ ПОЧУВСТВОВАВ ЗАПАХ ГАЗА

- **Не пытайтесь осветить оборудование.**
- **Не прикасайтесь к электрическим переключателям; не пользуйтесь телефоном в этой зоне.**
- **Немедленно покиньте зону.**
- **Немедленно позвоните поставщику газа. Следуйте его инструкциям.**
- **Если нет возможности связаться с поставщиком газа, позвоните в отделение пожарной охраны.**

☐ Установка и обслуживание должны выполняться только квалифицированным сборщиком, сервисной службой или поставщиком газа.

Рисунок 1 — Минимальные меры по обеспечению безопасности для одорированных газотопливных систем

ВНИМАНИЕ!
ОПАСНОСТЬ ВОЗГОРАНИЯ ИЛИ ВЗРЫВА

Несоблюдение предостережения об опасности может привести к серьезной травме, смерти или повреждению имущества.
☐ Не хранить и не использовать бензин или другие горючие жидкости вблизи этого и любого другого сопутствующего оборудования.
☐ Установка и обслуживание должны выполняться только квалифицированным сборщиком, сервисной службой или поставщиком газа .

Рисунок 2 — Минимальные меры по обеспечению безопасности для неодорированных газотопливных систем

ВНИМАНИЕ!
ОПАСНОСТЬ ВОЗГОРАНИЯ ИЛИ ВЗРЫВА

Несоблюдение предостережения об опасности может привести к серьезной травме, смерти или повреждению имущества.
☐ Не хранить и не использовать бензин или другие горючие жидкости вблизи этого и любого другого сопутствующего оборудования.
☐ ЗАМЕТИВ УТЕЧКУ ЖИДКОСТИ

- **Не пытайтесь осветить оборудование.**
- **Не прикасайтесь к электрическим переключателям; не пользуйтесь телефоном в этой зоне.**
- **Немедленно покиньте зону.**
- **Немедленно позвоните поставщику топлива. Следуйте его инструкциям.**
- **Если нет возможности связаться с поставщиком топлива, позвоните в отделение пожарной охраны.**

☐ Установка и обслуживание должны выполняться только квалифицированным сборщиком, сервисной службой или поставщиком топлива.

Рисунок 3 — Минимальные меры по обеспечению безопасности для жидкотопливных систем

Первая страница обложки должна содержать утверждение, информирующее пользователей о необходимости прочтения инструкций руководства и хранения руководства для последующего использования.

Раздел по безопасности должен быть включен в начало руководства и знакомить пользователей с перечнем потенциальных опасностей и инструкциями по обеспечению безопасности для конкретного водородного генератора. В раздел по безопасности должна быть включена по крайней мере следующая информация со ссылкой на определенные разделы или страницы руководства:

а) указания о том, что участок, прилегающий к водородному генератору, должен быть чистым и свободным от горючих материалов, бензина и других огнеопасных паров и жидкостей;

б) там, где требуется воздух для горения или вентиляции, инструкции, запрещающие блокировать воздушные отверстия водородного генератора, воздушные отверстия, сообщающиеся с зоной, где установлен водородный генератор, и необходимое пространство вокруг водородного генератора, обеспечивающее проход для воздухообеспечения и выброса;

в) инструкции по запуску и выключению водородного генератора, которые должны иллюстративно демонстрировать и определять местоположение средств взаимодействия пользователя с программой;

г) следующее утверждение: «Не использовать водородный генератор, если любая его часть находится под водой. Водородный генератор, поврежденный под воздействием воды, является потенциально опасным. Попытки использования водородного генератора могут привести к возгоранию или взрыву. Необходимо связаться с квалифицированной сервисной службой для осмотра водородного генератора и замены всех устройств управления газом, частей системы управления и электрических частей, которые подверглись намоканию»;

д) технические условия по периодичности замены фильтра или очистки, размерам и типу фильтра для замены, включая указания по съему и замене фильтров, графически иллюстрирующие и определяющие местоположение всех компонентов, предоставленных изготовителем, в соответствии с инструкциями;

е) рекомендуемые методы периодической очистки деталей;

ж) инструкции по проверке установки водородного генератора для определения, что:

1) все входные и выходные отверстия, связанные с дренажом, вентиляцией и системами вытяжной вентиляции, очищены и освобождены от препятствий;

2) физическая опора водородного генератора прочная, без трещин, разломов и пр. вокруг фундамента и обеспечивает герметичное соединение между опорой и фундаментом;

3) нет очевидных признаков неисправности водородного генератора;

и) указания о необходимости и минимальной периодичности проверки по перечислению ж) — для пользователя и требования к периодическому осмотру водородного генератора — для квалифицированных специалистов службы.

Внутритекстовые инструкции по безопасности ссылаются или включают меры предосторожности, размещенные на первой странице, части обложки и в разделе по безопасности. Для потенциально опасных условий, описанных в руководстве, должны быть созданы отдельные предупредительные утверждения.

6.3.4 Руководство по эксплуатации

6.3.4.1 Общие положения

В руководстве по эксплуатации детально описываются процедуры запуска и эксплуатации водородного генератора. Особое внимание следует уделить предусмотренным мерам безопасности и неправильным методам использования.

Отдельный раздел руководства по эксплуатации должен быть посвящен опасностям, относящимся к применению водородного генератора. Данный раздел, в качестве минимального требования, должен включать описание опасностей, относящихся к присутствию водорода и использованию продувочных газов.

Если режим работы оборудования может быть запрограммирован, в руководство по эксплуатации включают подробную информацию о методах программирования, необходимом оборудовании, проверке программы и дополнительных правилах техники безопасности при необходимости.

В инструкциях должна содержаться информация о шуме, излучаемом при работе водородного генератора, — его реальном значении или значении, установленном на основе измерений, проведенных на идентичном генераторе. Если водородный генератор предназначен для использования в потенциально взрывоопасной среде, в инструкции должна быть включена вся необходимая информация в соответствии с требованиями ГОСТ Р МЭК 60079-10-1, ГОСТ Р МЭК 60079-10-2 [34], [35], [36] о типах необходимой защиты.

Для случаев, когда водородный генератор предназначен для использования непрофессиональными операторами, стиль изложения инструкций по эксплуатации с учетом основных требований, указанных выше, должен соответствовать общему уровню образования таких операторов.

6.3.4.2 Дистанционная система контроля

Если водородный генератор оборудован дистанционной системой контроля, изготовитель должен включить в руководство по эксплуатации процедуры внесения изменений в дистанционную систему управления. Внесение изменений в систему управления и конторолля могут быть осуществлены:

- ответственным лицом, обеспечивающим безопасную эксплуатацию водородного генератора;
- если при эксплуатации водородного генератора не предусмотрено наличие ответственного лица, процедуры включают в себя, как минимум;

а) дистанционное изменение параметров управления и контроля;

б) дистанционный мониторинг параметров;

в) дистанционное обновление программного обеспечения;

г) фиксацию внесенных изменений;

е) загрузку программного обеспечения;

ж) подтверждение режима работы;

и) отмену всех изменений;

к) тестирование системы и распечатку его результатов.

6.3.5 Руководство по техническому обслуживанию

В руководстве по техническому обслуживанию должны быть подробно описаны правильные процедуры регулировки, обслуживания, профилактического технического осмотра и ремонта. Рекомендации по техническому обслуживанию и эксплуатационная документация должны быть включены в руководство по техническому обслуживанию.

Если приводятся методы проверки правильного режима работы (например, тест-программа), использование этих методов должно быть детально описано.

В руководстве по техническому обслуживанию должна содержаться четко выраженная, разборчивая и полная информация, как минимум, следующего содержания:

а) инструкции по запуску и выключению водородного генератора, графически иллюстрирующие и определяющие местоположение всех компонентов;

б) технические условия по периодичности замены фильтра или очистки, габаритам и типу фильтра для замены, включая указания по съему и замене фильтра, графически иллюстрирующие и определяющие местоположение всех компонентов, предоставленных изготовителем, в соответствии с инструкциями;

в) рекомендуемые методы периодической очистки деталей;

г) инструкции по смазке движущих частей, включая тип, сорт и количество смазочного вещества;

д) инструкции по проверке установки водородного генератора с целью определить, что:

1) все входные и выходные отверстия, связанные с дренажом, вентиляцией и системами вытяжной вентиляции, очищены и освобождены от препятствий;

2) нет очевидных признаков неисправности водородного генератора или его опоры (фундамента, рамы, шкафа, и т.п.);

ж) периодическая проверка вентиляционной системы и всех функциональных деталей;

и) периодическое взятие образцов эмиссии CO в равновесных рабочих условиях по 5.4.1.1;

к) перечень деталей, включая информацию, необходимую для заказа запасных или сменных деталей.

В руководстве по техническому обслуживанию должны быть перечислены все виды работ по техническому обслуживанию компонентов водородного генератора и указана необходимая и минимальная периодичность этих работ.

Периодический технический осмотр, проводимый специалистами квалифицированной сервисной службы, должен быть подробно описан.

С целью предупреждения рисков для здоровья и безопасности изготовитель должен включить в руководство по техническому обслуживанию требования к эксплуатации, снятию и уничтожению водородного генератора, его материалов или компонентов, указав необходимость проверки соответствия региональным, национальным сводам правил и стандартам, а также методы его переработки. Руководство по переработке водородных генераторов приводится в приложении В.

Приложение А
(справочное)

Существенные опасности и опасные ситуации, указанные в настоящем стандарте

Существенные опасности и опасные ситуации, указанные в настоящем стандарте, приведены в таблице А.1.

Таблица А.1

Наименование существенной опасности и опасной ситуации	Пункт настоящего стандарта
Механические опасности вследствие:	
Формы (острые поверхности)	4.4
Относительного местоположения (опасность спотыкания/падения)	4.4
Массы и устойчивости (потенциальная энергия элементов, которые могут двигаться под воздействием силы тяжести)	4.4
Массы и скорости (кинетическая энергия элементов при регулируемом или нерегулируемом движении)	4.4, 4.13
Несоответствия механической прочности (несоответствующие технические условия на материал или конструкцию)	4.4, 4.6, 4.14
Жидкостей под давлением (аномально высокое давление, выброс жидкостей под давлением, вакуум)	4.4, 4.6
Опасности поражения электрическим током вследствие:	
Контакта людей с частями под напряжением (прямой контакт)	4.8
Контакта людей с частями под напряжением при аварийных условиях (непрямой контакт)	4.8
Приближения к частям под высоким напряжением	4.8
Электростатических явлений	4.6, 4.8
Электромагнитных явлений	4.9
Тепловых/химических воздействий короткого замыкания, перегрузки	4.8
Выброса сварочных частиц	4.8
Тепловые опасности вследствие:	
Контакта людей с высокотемпературными поверхностями	4.4
Выброса высокотемпературных жидкостей	4.6
Термической усталости	4.5, 4.6
Перегрева оборудования, приводящего к небезопасному режиму работы	4.10
Опасности, производимые материалами и веществами	
Опасности при контакте или вдыхании вредных жидкостей (паров), газов, распылений, дыма или пыли	4.4
Опасность возгорания или взрыва вследствие утечки огнеопасных жидкостей	4.7
Опасность возгорания или взрыва вследствие внутреннего скопления горючей смеси	4.7
Опасные условия, вызванные ухудшением характеристик материалов (например, коррозией) или скоплением (например, внешнее загрязнение)	4.5
Удушье	4.4
Реактивные материалы (пирофорные)	4.4, 4.5

Окончание таблицы А.1

Наименование существенной опасности и опасной ситуации	Пункт настоящего стандарта
Опасности, вызванные неисправностями, связанные с:	
Небезопасным режимом работы вследствие поломок или неадекватности программного обеспечения и устройств управления	4.10
Небезопасным режимом работы вследствие отказа цепи управления или оборудования защиты и безопасности	4.10
Небезопасным режимом работы вследствие нарушения энергопотребления	4.10
Опасности вследствие несоблюдения эргономичных принципов:	
Опасности вследствие неадекватного проектирования, расположения или идентификации ручных устройств управления	4.10
Опасности вследствие неадекватного проектирования или расположения устройств визуального отображения и предупреждающих знаков	4.10
Шум	4.4
Опасности вследствие ошибочных действий сотрудников:	
Опасности вследствие отклонения от правильного режима эксплуатирования	4.10, 6.3
Опасности вследствие ошибок производства/монтажа установки	4.4, 6.3, 4.17
Опасности вследствие ошибок технического обслуживания	6.3, 4.17
Вандализм	4.14
Опасности вредного воздействия окружающей среды:	
Небезопасный режим работы при чрезмерном холоде/жаре	4.14, 4.15
Дождь, затопление	4.14
Ветер	4.14, 4.3
Землетрясение	4.4, 4.3
Дым	4.3
Снег, давление льда	4.14
Атака паразитов	4.14
Загрязнение:	
Загрязнение воздуха	4.4
Загрязнение воды	4.4, 4.5, 4.6
Загрязнение почвы	4.4

Приложение Б
(справочное)

Науглероживание и совместимость материалов для работы в водородной среде

Б.1 Науглероживание

Науглероживание высокотемпературных сплавов является одной из наиболее известных проблем печей парового риформинга. К науглероживанию приводит миграция углерода вовнутрь, источником которой является углеводородное растрескивание, обусловливающее образование карбидов в основном металле сплава. Процесс поддерживается высокой температурой, обычно свыше 800 °С, и приводит, в конечном итоге, к потере вязкости.

Науглероживание сплава приводит к снижению его вязкости при температуре окружающей среды. Науглероживание увеличивает объем металла и коэффициент расширения, обусловливая сильное внутреннее напряжение, которое приводит к преждевременному отказу оборудования. Поломка обычно выражается в разрушении при длительных нагрузках и малоцикловой выносливости. Если науглероживание достаточно сильное, оно также может повлиять на характеристики устойчивости к высокой температуре и прочности к разрывам. В этом смысле сплавы обладают различной сопротивляемостью. Как правило, степень науглероживания различна в зависимости от:

- температуры: степень практически удваивается при повышении температуры на каждые 55 °С;
- отношения CO/CO_2: кинетика реакции контролируется отношением CO/CO_2 в газе и температурой;
- условий сильного науглероживания: условиями сильного науглероживания являются потоки $CO/CH_4/H_2$ с низким отношением пар/углерод при средней температуре (обычно 450 °С — 850 °С) и наличие оксидного слоя с трещинами;
- содержания никеля и кремния: высокое содержание создает благоприятные условия;
- защитных и регенеративных оксидных пленок: для сплава благоприятны Cr, Si и Al.

Данные закономерности являются общими для процесса науглероживания, однако могут иметь место исключения, связанные с разнообразием характеристик материалов и влиянием окружающей среды.

Б.2 Совместимость материалов при работе в водородной среде

Б.2.1 Компоненты

Компоненты, в которых обрабатывается газообразный водород или водородсодержащие среды, а также все детали, используемые для герметизации и соединения этих компонентов, должны быть устойчивыми к химическому и физическому воздействиям водорода в условиях эксплуатации.

Б.2.2 Металлы и металлические материалы

Пользователи настоящего стандарта должны знать, что машиностроительные материалы, подвергающиеся воздействию водорода, могут иметь повышенную восприимчивость к водородной коррозии вследствие, например, наводораживания или необратимого водородного охрупчивания.

Водородное охрупчивание — процесс снижения прочности или вязкости металла вследствие проникания в его структуру атомарного водорода.

Водородное охрупчивание подразделяется на два типа.

Первый тип — внутреннее водородное охрупчивание возникает, когда водород проникает в металлический сплав во время обработки материалов и перенасыщает металл водородом.

Второй тип — внешнее водородное охрупчивание, которое обусловливается поглощением водорода твердыми металлами из водородсодержащей рабочей среды.

Атомарный водород, растворенный в металле, взаимодействует с дефектами металла, обычно приводя к растрескиванию сплава, ухудшая его вязкость и др. Растрескиванию металлов под воздействием водорода способствуют как физические свойства материала, так и факторы окружающей среды. Микроструктура материала и метод обработки могут существенно влиять на сопротивляемость металла к растрескиванию. Вторичные фазы материала, такие как, например, частицы феррита в аустенитных нержавеющих сталях, могут приводить к сложной анизотропной реакции в материалах. Известно, что сопротивляемость металлов к водородному растрескиванию уменьшается с увеличением прочности сплава.

Факторы окружающей среды, воздействующие на водородное растрескивание, включают в себя давление водорода, температуру химической среды и скорость деформации. В большинстве случаев восприимчивость к водородному растрескиванию увеличивается вместе с повышением давления водорода. Воздействие температуры вследствие ее повышения не столь однозначно, по сравнению с давлением. Некоторые металлы, такие как аустенитные нержавеющие стали, имеют локальный максимум восприимчивости к водородному растрескиванию в зависимости от температуры. Хотя это явление еще не до конца изучено, следы некоторых газов, смешанных с водородом, тоже влияют на водородное растрескивание. Влага, например, может неблагоприятно воздействовать на алюминиевые сплавы, в то время как для некоторых других сплавов она повышает сопротивляемость к водородному растрескиванию за счет образования поверхностных пленок, которые служат в качестве кинетических барьеров для проникновения водорода.

При температурах, близких к окружающей среде, данное явление может воздействовать на металлы, имеющие кристаллическую структуру с объемноконцентрированной кубической решеткой, например ферритные стали. В отсутствие остаточного напряжения или внешней нагрузки внешнее водородное охрупчивание проявляется в различных формах, таких как, например, томление металлов, образование трещин внутри сплавов, образование гидридов металлов и снижение вязкости. При воздействии напряжением растяжения, превышающим заданный порог, атомарный водород взаимодействует с металлом и вызывает докритическое развитие трещины, приводящее к растрескиванию.

Водородное охрупчивание может возникать при высокотемпературной термообработке и в процессе электролитического осаждения при контакте с рабочими химическими веществами, коррозионной реакции, катодной защите от коррозии и работе в водородной среде при высокой температуре и высоком давлении.

При температуре свыше 200 °С многие низколегированные стали могут подвергаться необратимому водородному охрупчиванию. Необратимое водородное охрупчивание — это необратимое разрушение микроструктуры стали, обусловленное химической реакцией между диффундирующим водородом и частицами карбида в стали, которое приводит к возникновению, развитию и слиянию пузырьков метана вдоль границ зерен и образованию трещин.

Гидридная хрупкость возникает в таких металлах, как титан и цирконий. Она представляет собой процесс образования термодинамически устойчивых и относительно хрупких гидридных фаз в структуре.

Сварные швы плакирующего слоя и сварные швы между несовместимыми материалами часто содержат высоколегированные материалы. Во время работы при температуре свыше 250 °С водород диффундирует в линию сплавления (шов) высоколегированного сплава и нелегированной/низколегированной основы металла. Пониженная растворяемость и диффузионная подвижность водорода разламывает шов путем нарушения сцепления.

Ниже приводятся общие рекомендации по предотвращению рисков водородного охрупчивания:

- Точно определить места, которые могут подвергаться воздействию водорода. Например, сульфид железа, образующийся в установках десульфуризации, может ускорить выработку водорода, тем самым увеличивая восприимчивость к водородному охрупчиванию и необратимому водородному охрупчиванию.

- Выбрать сырье с низкой восприимчивостью к водородному охрупчиванию путем регулирования его химических свойств (например, используя карбидообразующие легированные элементы), микроструктуры (например, используя аустенитные нержавеющие стали) и механических свойств (например, ограничение твердости, предпочтительно ниже 225 HV, и минимизация остаточного напряжения путем тепловой обработки). Для выбора металлических материалов, устойчивых к водородному охрупчиванию, используются методы испытаний по [16]. Ограничения различных типов стали в зависимости от давления и температуры водорода приводятся в [72]. Восприимчивость к водородному охрупчиванию некоторых широко используемых металлов обобщенно описывается в [28].

- Сварные швы плакирующего слоя и сварные швы между несовместимыми материалами, используемые для работы в водородной среде, должны быть испытаны ультразвуковым методом с равными интервалами и после регулируемого выключения, при котором оборудование может быстро остыть.

- При нанесении покрытий на детали следует контролировать анодную/катодную площадь поверхности и эффективность, что обусловливает надлежащий контроль приложенной плотности тока. Высокая плотность тока усиливает наводороживание.

- Очистить металлы в безкатодном щелочном растворе и ингибированном кислом растворе.

- Использовать абразивные очистители для материалов твердостью 40 HRC или выше.

- При необходимости проводить технологический контроль для сокращения риска водородного охрупчивания во время производства.

Б.2.3 Полимеры, эластомеры и другие неметаллические материалы

Большинство полимеров могут считаться приемлемыми для работы в газообразной водородной среде. Тем не менее нужно учитывать, что водороду намного проще диффундировать в эти материалы, чем в металлы.

В большинстве случаев для работы в водородной среде подходит политетрафторэтилен (ПТФЭ или Teflon® [2] и политрифторхлорэтилен (ПТФХЭ или Kel-F® [3]. Приемлемость других материалов должна проверяться [28], [97].

---

[2] Teflon® является торговым наименованием продукта, изготавливаемого компанией DuPont. Данная информация предоставлена для удобства пользователей настоящего стандарта и не подтверждает качество названного продукта организациями ИСО или МЭК. Эквивалентные продукты могут использоваться, если они демонстрируют аналогичные результаты.

[3] Kel-F® является зарегистрированным торговым наименованием компании 3М. В 1996 году компания 3М прекратила производство Kel-F, а сегодня все полимеры ПТФХЭ производятся компанией Daikin под торговым наименованием Neoflon® или компанией Allied Signal под торговым наименованием Aclon®. Тем не менее Kel-F до сих пор является наиболее распространенным торговым наименованием для описания ПТФХЭ. Данная информация предоставлена для удобства пользователей настоящего стандарта и не подтверждает качество названного продукта организациями ИСО или МЭК. Эквивалентные продукты могут использоваться, если они демонстрируют аналогичные результаты.

Приложение В
(справочное)

Утилизация водородных генераторов

В.1 Общие положения

Переработка оборудования водородного генератора зависит от таких факторов, как выбор материалов, доступность оборудования и легкость отделения материалов.

В.2 Типы компонентов системы и материалов

Процессы водородного генератора, как правило, осуществляются в металлических сосудах, обычно изготовленных из коррозионностойкой, высоколегированной хромоникелевой стали, содержащей катализаторы, обычно на основе ценных металлов.

Состав катализаторов определяется специфичным технологическим режимом работы, однако, с точки зрения переработки, можно сказать, что мотивом извлечения катализатора из сосуда с целью экстрагирования и переработки металла могут послужить достаточно привлекательные экономические характеристики такого извлечения. Обычно внутри металлического сосуда установлена высокотемпературная керамическая изоляция, изготовленная из оксида алюминия, оксида кремния и оксида циркония. Оксидно-цинковый сорбент, используемый для удаления серы из топлива, преобразуется в сульфид цинка и скапливается в блоке, после чего его можно удалить и уничтожить. Для удаления серы из топлива можно также использовать активированный уголь. Водородселективные проницаемые металлические мембраны из Pd, PdAg и других Pd-плавов, содержащиеся в стальном сосуде, могут использоваться в качестве альтернативы для дискретных компонентов десульфуризации, конверсии водяного газа и селективного окисления.

В.3 Экологические и конструкторские проблемы переработки

Для легкости переработки материалов сосуды должны быть спроектированы с учетом легкости удаления ценных металлов и отделения материалов. Предполагается, что стальные компоненты будут переработаны в существующем производственном процессе повторного цикла. Доступ к катализатору, содержащемуся в сосудах, должен быть возможен только в случае запланированного повторного цикла катализатора. В настоящее время никелевый катализатор с содержанием металла более 20 % или катализатор из драгоценного металла может быть экономично переработан с использованием существующих процессов.

Приложение Г
(справочное)

Рекомендации по установке водородных генераторов

Г.1 Общие положения

Водородные генераторы должны устанавливаться, регулироваться, эксплуатироваться и обслуживаться в соответствии с руководствами по установке и техническому обслуживанию.

Г.2 Система вентиляции дымовых газов

Выпускные отверстия вентиляционной трубы дымовых газов должны располагаться вне помещения, в безопасном месте, удаленном от пользовательских областей, источников возгорания, воздухозаборников, проемов и навесов сооружений, а также в соответствии с региональными или национальными стандартами.

Вентиляционная труба дымовых газов должна иметь надежную опору и дождевой колпак или другое приспособление, не ограничивающее и не препятствующее выбросу газового потока вертикально вверх.

Вентиляционная труба должна быть оборудована средствами (например, дренажной системой), предупреждающими скопление воды, льда и другого обломочного материала внутри трубы или закупорку трубы этими материалами.

Г.3 Системы трубопроводного транспортирования продукта

Г.3.1 Предупреждение опасных выбросов водорода

Системы трубопроводов водородсодержащего продукта должны быть установлены таким образом, чтобы предупреждалась возможность водородного выброса и возникновения опасных условий. С этой целью:

- системы трубопроводов водородсодержащего продукта не должны устанавливаться в местах возможного аварийного скопления водорода, таких как каналы циркуляции воздуха, дымо- или газовыпускные отверстия, вентиляционные каналы, малые грузовые лифты или шахты лифта, вблизи источников воспламенения;

- части системы трубопроводов водородсодержащего продукта, установленные в недоступных местах, не должны размещаться за закрепленными перегородками или сплошными стенами, за исключением установки в вентилируемом корпусе, и не должны иметь соединительных муфт, фитингов, эластичных прокладок в стыках труб, подвижных стыков труб, состоящих из нескольких фитингов. Исключения составляют соединение труб наплавкой и фитинги, испытанные и сертифицированные для использования в недоступных местах.

Г.3.2 Механические средства защиты

Системы трубопроводов водородсодержащего продукта должны быть защищены от физического повреждения. Системы должны быть оборудованы средствами, предупреждающими избыточное напряжение трубопровода, например в местах с плотным движением транспорта, возможным ухудшением почвенно-грунтовых условий, установкой трубопровода или фундаментных стен. С этой целью:

- там, где системы трубопроводов водородсодержащего продукта подвергаются избыточному воздействию влаги или коррозионных веществ, они должны быть защищены адекватным способом; при соединении несовместимых металлов под землей используется изолирующее соединение или фитинг; системы трубопроводов не должны контактировать со шлаком; резьбовые или сварные соединения враструб без покрытия не должны использоваться в системах трубопроводов, контактирующих с почвой, или в местах, где обычно возникает внутренняя или внешняя контактная коррозия;

- системы трубопроводов водородсодержащего продукта, установленные под землей, не должны проникать в наружный фундамент или основание здания и должны быть установлены на достаточно безопасном расстоянии от других подземных структур для предупреждения контакта с ними, защиты от повреждений вследствие контакта, а также для возможности технического обслуживания;

- в недоступных местах, когда системы трубопроводов проходят через отверстия или желобы в деревянных брусах, балках или аналогичных компонентах, труба должна быть защищена адекватными средствами, например защитными листами;

- системы трубопроводов водородсодержащего продукта, расположенные в монолитном бетонном полу на грунтовом основании, должны находиться в каналах и закрыты способом, позволяющим доступ к трубопроводу с минимальной возможностью повреждения установки и предупреждения скопления огнеопасных газов (например, используя страховые решетки); альтернативный вариант — установка в плотно закрытых металлических или пластиковых корпусах, вентилируемых наружу;

- системы трубопроводов водородсодержащего продукта, установленные над землей и вне помещения, должны иметь надежную опору и быть защищены от физического повреждения; системы трубопроводов, проходящие через наружную стену, должны быть защищены адекватными средствами, например защитным рукавом; они также должны быть защищены от коррозии нанесением покрытия или оборачиванием в инертный материал;

- системы трубопроводов водородсодержащего продукта, проходящие через внутренние бетонные, каменные или кирпичные стены, должны быть защищены от неравномерной осадки (стены, фундамента).

Г.3.3 Маркировка

Системы трубопроводов водородсодержащего продукта должны быть маркированы «ВОДОРОД» с интервалами не более 3 м. Буквы такой маркировки должны быть различимого цвета. Системы трубопроводов должны быть маркированы по крайней мере один раз, в каждом помещении или пространстве, через которое они проходят.

Библиография

[1] ISO 2626 — Copper — Hydrogen embrittlement test (Медь. Определение водородной хрупкости)

[2] ISO 3690 — Welding and allied processes — Determination of hydrogen content in ferritic steel arc weld metal (Сварка и смежные процессы. Определение содержания водорода в металле шва при сваривании ферритной стали дуговой сваркой)

[3] ISO 3864 (all parts) — Graphical symbols — Safety colours and safety signs (Символы графические. Цвета и знаки безопасности)

[4] ISO 4080 — Rubber and plastics hoses and hose assemblies — Determination of permeability to gas (Рукава и рукава в сборе резиновые и пластмассовые. Определение газопроницаемости)

[5] ISO 4413 — Hydraulic fluid power — General rules relating to systems (Приводы гидравлические. Общие правила применения оборудования в системах передачи и управления)

[6] ISO 4414 — Pneumatic fluid power — General rules relating to systems (Приводы пневматические. Общие правила применения оборудования в системах передачи и управления)

[7] ISO 5388 — Stationary air compressors — Safety rules and code of practice (Компрессоры воздушные стационарные. Правила безопасности и руководство по практическому применению)

[8] ISO 7000 — Graphical symbols for use on equipment — Index and synopsis (Графические символы, наносимые на оборудование. Перечень и сводная таблица)

[9] ISO 7539-6 — 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 (Коррозия металлов и сплавов. Испытание на коррозию под напряжением. Часть 6. Приготовление и использование образцов, подвергнутых предварительно растрескиванию)

[10] ISO 9587 — Metallic and other inorganic coatings — Pretreatments of iron or steel to reduce the risk of hydrogen embrittlement (Покрытия металлические и другие неорганические покрытия. Предварительная обработка чугуна или стали для снижения риска водородного охрупчивания)

[11] ISO 9588 — Metallic and other inorganic coatings — Post-coating treatments of iron or steel to reduce the risk of hydrogen embrittlement (Покрытия металлические и другие неорганические покрытия. Обработка чугуна или стали после покрытия для снижения риска водородного охрупчивания)

[12] ISO 10439 — Petroleum, chemical and gas service industries — Centrifugal compressors (Промышленность нефтяная, химическая и газовая. Центробежные компрессоры)

[13] ISO 10440-1 — Petroleum and natural gas industries — Rotary-type positive-displacement compressors — Part 1: Process compressors (oil-free) (Нефтегазовая промышленность. Объемные компрессоры ротационного типа. Часть 1: Производственные компрессоры (без масла))

[14] ISO 10440-2 — Petroleum and natural gas industries — Rotary-type positive-displacement compressors — Part 2: Packaged air compressors (oil-free) (Нефтегазовая промышленность. Объемные компрессоры ротационного типа. Часть 2: Компрессоры воздушные в сборе (без масла))

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

[16] ISO 11114-4 — Transportable gas cylinders — Compatibility of cylinder and valve materials with gas contents — Part 4: Test methods for selecting metallic materials resistant to hydrogen embrittlement (Баллоны газовые переносные. Совместимость материалов баллонов и клапанов с содержимым газом. Часть 4: Методы испытаний для выбора металлических материалов, стойких к водородному охрупчиванию)

[17] ISO 12499:1999 — Industrial fans — Mechanical safety of fans — Guarding (Вентиляторы промышленные. Механическая безопасность вентиляторов. Защитные устройства)

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

[19] ISO 13707 — Petroleum and natural gas industnes — Reciprocating compressors (Промышленность нефтяная и газовая. Поршневые компрессоры)

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

[21] ISO 13850 — Safety of machinery — Emergency stop — Principles for design (Безопасность машин. Аварийный останов. Принципы проектирования)

[22] ISO 13943 — Fire safety — Vocabulary (Пожарная безопасность. Словарь)

[23] ISO 14121 — Safety of machinery — Principles of risk assessment (Безопасность машин. Принципы оценки риска)

[24] ISO 14847	Rotary positive displacement pumps — Technical requirements (Насосы роторные объемные. Технические требования)
[25] ISO 15330	Fasteners — Preloading test for the detection of hydrogen embrittlement — Parallel bearing surface method (Детали крепежные. Испытание на предварительную нагрузку для обнаружения водородного охрупчивания. Метод с применением параллельных несущих поверхностей)
[26] ISO 15649	Petroleum and natural gas industries — Piping (Промышленность нефтяная и газовая. Система труб)
[27] ISO 15724	Metallic and other inorganic coatings — Electrochemical measurement of diffusible hydrogen in steels — Barnacle electrode method (Покрытия металлические и другие неорганические покрытия. Электрохимическое измерение диффундирующего водорода в сталях. Метод с применением задающего электрода)
[28] ISO/TR 15916:2004	Basic considerations for the safety of hydrogen systems (Основные требования безопасности водородных систем)
[29] ISO 16528 (all parts)	Boilers and pressure vessels (Котлы и сосуды, работающие под давлением)
[30] ISO 16110-1:2007	Hydrogen generators using fuel processing technologies. Part 1. Safety (Водородные генераторы на основе технологий переработки топлива. Часть 1. Безопасность)
[31] ISO/IEC 17000	Conformity assessment — Vocabulary and general principles (Оценка соответствия. Словарь и общие принципы)
[32] ISO/IEC Guide 7	Guidelines for drafting of standards suitable for use for conformity assessment (Руководство по разработке стандартов, используемых при оценке изделий на соответствие)
[33] ISO/IEC Guide 51	Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards (Аспекты безопасности. Руководство по включению вопросов безопасности в стандарты)
[34] IEC 60079-2	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 2: Pressurized enclosures "p" (Оборудование электрическое для взрывоопасных газовых сред. Часть 2: Оболочки по внутренним давлением «р»)
[35] IEC 60079-10:2002	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 10: Classification of hazardous areas (Оборудование электрическое для взрывоопасных газовых сред. Часть 10: Классификация опасных зон)
[36] IEC/TR 60079-20	Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Part 20: Data for flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus (Оборудование электрическое для взрывоопасных газовых сред. Часть 20: Данные по горючим газам и парам, относительно использования в электрическом оборудовании)
[37] IEC 60146-1-1	Semiconductor convertors — General requirements and line commutated convertors — Part 1-1: Specifications of basic requirements (Преобразователи полупроводниковые. Общие требования и преобразователи линейной коммутации. Часть 1-1: Технические условия на основные требования)
[38] IEC 60204-1	Safety of machinery — Electrical equipment of machines — Part 1: General requirements (Безопасность машин. Электрооборудование промышленных машин. Часть 1: Общие требования)
[39] IEC 60335-1:2004	Household and similar electrical appliances — Safety — Part 1: General requirements (Приборы электрические бытового и аналогичного назначения. Безопасность. Часть 1: Общие требования)
[40] EC 60335-2-41	Household and similar electrical appliances — Safety — Part 2-41: Particular requirements for pumps (Приборы электрические бытового и аналогичного назначения. Безопасность. Часть 2-41: Частные требования к насосам)
[41] 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 (Приборы электрические бытового и аналогичного назначения. Безопасность. Часть 2-51: Частные требования к стационарным циркуляционным насосам для нагревательных установок и водоснабжения)
[42] IEC 60417 (all parts)	Graphical symbols for use on equipment (Графические символы, наносимые на оборудовании)
[43] IEC 60529:2001	Degrees of protection provided by enclosures (IP Code) (Степени защиты, обеспечиваемые корпусами (Код IP))
[44] IEC 60664 (all parts)	Insulation coordination for equipment within low-voltage systems ((все части). Координация установки для оборудования в низковольтных системах)
[45] IEC 60704-3	Household and similar electrical appliances — Test code for the determination of airborne acoustical noise — Part 3: Procedure for determining and verifying declared noise emission values (Приборы электрические бытового и аналогичного назначения. Свод правил по определению издаваемого и распространяющегося в воздухе шума. Часть 3: Методика определения и проверки заявленных величин излучения шума)

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

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

[48] 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 (Устройства управления автоматические электрические бытового и аналогичного назначения. Часть 2-6: Частные требования к автоматическим электрическим устройствам управления, чувствительным к давлению, включая требования к механическим характеристикам)

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

[50] IEC 60730-2-17 Automatic electrical controls for household and similar use — Part 2-17: Particular requirements for electrically operated gas valves, including mechanical requirements (Устройства управления автоматические электрические бытового и аналогичного назначения. Часть 2-17: Частные требования к газовым клапанам с электроприводом, включая требования к механическим характеристикам)

[51] IEC 60730-2-19 Automatic electrical controls for household and similar use — Part 2-19: Particular requirements for electrically operated oil valves, including mechanical requirements (Устройства управления автоматические электрические бытового и аналогичного назначения. Часть 2-19: Частные требования к масляным клапанам с электроприводом, включая требования к механическим характеристикам)

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

[53] IEC 61000-3-2 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3-2: Limits — Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase) (Электромагнитная совместимость (EMC). Часть 3-2: Пределы. Пределы выбросов для синусоидального тока (оборудование с входным током меньше или равным 16 А на фазу))

[54] 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 (Электромагнитная совместимость (EMC). Часть 3-3: Пределы. Ограничение пульсаций напряжения и мерцания в низковольтных системах питания для оборудования с номинальным током не более 16 А на фазу, не подвергаемого обусловленному соединению)

[55] IEC/TS 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 (Электромагнитная совместимость (EMC). Часть 3-4: Пределы. Ограничение эмиссии гармонических и составляющих токов в низковольтных системах питания для оборудования с номинальным током свыше 16 А)

[56] IEC/TS 61000-3-5 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 3: Limits — Section 5: Limitation of voltage fluctuations and flicker in low-voltage power supply systems for equipment with rated current greater than 16 A (Электромагнитная совместимость (EMC). Часть 3: Пределы. Раздел 5: Ограничение пульсаций напряжения и мерцания в низковольтных системах питания для оборудования с номинальным током свыше 16 А)

[57] IEC 61000-6-1 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-1: Generic standards — Immunity for residential, commercial and light-industrial environments (Электромагнитная совместимость (EMC). Часть 6-1: Общие стандарты. Помехоустойчивость для жилых районов, районов с коммерческими предприятиями и районов с небольшими производственными предприятиями)

[58] IEC 61000-6-2 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-2: Generic standards — Immunity for industrial environments (Электромагнитная совместимость (EMC). Часть 6-2: Общие стандарты. Помехоустойчивость к промышленной окружающей среде)

[59] IEC 61000-6-3 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-3: Generic standards — Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments (Электромагнитная совместимость (EMC). Часть 6-3: Общие стандарты. Невосприимчивость для жилых районов, районов с коммерческими предприятиями и районов с небольшими производственными предприятиями)

[60] IEC 61000-6-4 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-4: Generic standards — Emission standard for industrial environments (Электромагнитная совместимость (EMC). Часть 6-4: Общие стандарты. Невосприимчивость к промышленной окружающей среде)

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

[62] IEC 61511-1 Functional safety — Safety instrumented systems for the process industry sector — Part 1: Framework, definitions, system, hardware and software requirements (Безопасность функциональная. Система безопасности, обеспечиваемая приборами для сектора обрабатывающей промышленности. Часть 1: Требования к структуре, определениям, системе и программному и аппаратному обеспечению)

[63] IEC 61511-3 Functional safety — Safety instrumented systems for the process industry sector — Part 3: Guidance for the determination of the required safety integrity levels (Безопасность функциональная. Система безопасности, обеспечиваемая приборами для сектора обрабатывающей промышленности. Часть 3: Руководство для определения необходимых уровней надежности безопасности)

[64] IEC 61779-4 Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases — Part 4: Performance requirements for group II apparatus indicating up to 100 % lower explosive limit (Электроаппаратура для обнаружения и измерения содержания горючих газов. Часть 4: Требования к рабочим характеристикам аппаратуры группы II с показаниями до 100 % нижнего предела взрываемости)

[65] IEC 61779-6 Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases — Part 6: Guide for the selection, installation, use and maintenance of apparatus for the detection and measurement of flammable gases (Электрооборудование для обнаружения и измерения содержания горючих газов. Часть 6: Руководство по выбору, установке, эксплуатации и техническому обслуживанию)

[66] IEC 61882 Hazard and operability studies (HAZOP studies) — Application guide (Исследование опасности и работоспособности (HAZOP). Руководство по применению)

[67] IEC 62086-1 Electrical apparatus for explosive gas atmospheres — Electrical resistance trace heating — Part 1: General and testing requirements (Оборудование электрическое для взрывоопасных газовых сред. Нагрев следящего устройства по электрическому сопротивлению. Часть 1: Общие положения и требования к испытанию)

[68] IEC 62061 Safety of machinery — Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems (Безопасность машин. Безопасность функциональная электрических, электронных и программно-электронных систем управления, связанных с обеспечением безопасности)

[69] IEC Guide 104 The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publications (Подготовка публикаций по безопасности и использование основополагающих и групповых публикаций по безопасности)

[70] API 934 Materials and Fabrication Requirements for 2-1/4Cr-1Mo and 3Cr-1Mo Steel Heavy Wall Pressure Vessels for High Temperature, High Pressure Hydrogen Service (Требования к материалам и изготовлению стальных толстостенных сосудов под давлением 2-1/4Cr-1Mo и 3Cr-1 для работы в высокотемпературной водородной среде под давлением)

[71] API 941 Steels for Hydrogen Service at Elevated Temperatures and Pressures in Petroleum Refineries and Petrochemical Plants (Стали для работы в водородной среде при повышенной температуре и давлении на нефтеочистительных и нефтехимических заводах)

[72] ASTM B577 Standard Test Methods for Detection of Cuprous Oxide (Hydrogen Embrittlement Susceptibility) in Copper (Стандартные методы испытаний для обнаружения закиси (восприимчивости к водородному охрупчиванию) в меди)

[73] ASTM B839 Standard Test Method for Residual Embrittlement in Metallic Coated, Externally Threaded Articles, Fasteners, and Rod — Inclined Wedge Method (Стандартный метод испытания на пониженную хрупкость металлопокрытых деталей с внешней резьбой, крепежных деталей и электрода. Метод с использованием клина отклонения)

[74] ASTM B849 Standard Specification for Pre-Treatments of Iron or Steel for Reducing Risk of Hydrogen Embrittlement (Стандартные технические условия на предварительную обработку железа или стали для сокращения риска водородного охрупчивания)

[75] ASTM B850 Standard Guide for Post-Coating Treatments of Steel for Reducing the Risk of Hydrogen Embrittlement (Стандартные принципы обработки стали после покрытия для сокращения риска водородного охрупчивания)

[76] ASTM E1681 Standard Test Method for Determining a Threshold Stress Intensity Factor for Environment-Assisted Cracking of Metallic Materials (Стандартный метод испытания для определения порога коэффициента интенсивности напряжений для растрескивания металлических материалов под действием окружающей среды)

[77] ASTM F326 — Standard Test Method for Electronic Measurement for Hydrogen Embrittlement from Cadmium-Electroplating Processes (Стандартный метод испытания для электронного измерения водородного охрупчивания процессов электроосаждения кадмия)

[78] ASTM F519 — Standard Test Method for Mechanical Hydrogen Embrittlement Evaluation of Plating/Coating Processes and Service Environments (Стандартный метод испытания на механическое водородное охрупчивание. Оценка процессов электролитического покрытия/плакирования и рабочих сред)

[79] ASTM F1459 — Standard Test Method for Determination of the Susceptibility of Metallic Materials to Hydrogen Gas Embrittlement (HGE) (Стандартный метод определения подверженности металлических материалов охрупчиванию водородным газом)

[80] ASTM F1624 — Standard Test Method for Measurement of Hydrogen Embrittlement Threshold in Steel by the Incremental Step Loading Technique (Стандартный метод испытания для измерения порога водородного охрупчивания стали способом инкрементального (шагового) нагружения)

[81] ASTM F1940 — Standard Test Method for Process Control Verification to Prevent Hydrogen Embrittlement in Plated or Coated Fasteners (Стандартный метод испытания для проверки технологического контроля для предотвращения водородного охрупчивания в крепежных деталях с электролитическим/плакированным покрытием)

[82] ASTM F2078 — Standard Terminology Relating to Hydrogen Embrittlement Testing (Стандартная терминология испытания на водородное охрупчивание)

[83] ASTM G129 — Standard Practice for Slow Strain Rate Testing to Evaluate the Susceptibility of Metallic Materials to Environmentally Assisted Cracking (Стандартная методика испытания на замедленную скорость деформации для оценки восприимчивости металлических материалов к растрескиванию под воздействием окружающей среды)

[84] ASTM G142 — Standard Test Method for Determination of Susceptibility of Metals to Embrittlement in Hydrogen Containing Environments at High Pressure, High Temperature, or Both (Стандартный метод испытания для определения восприимчивости металлов к охрупчиванию в водородсодержащих средах при высоком давлении, высокой температуре, или при том, и другом)

[85] ASTM G146 — Standard Practice for Evaluation of Disbonding of Bimetallic Stainless Alloy/Steel Plate for Use in High-Pressure, High-Temperature Refinery Hydrogen Service (Стандартная методика оценки нарушения сцепления в пластине стального/биметаллического нержавеющего сплава для использования в водородной среде высокой температуры и высокого давления на нефтеперерабатывающем заводе)

[86] ASTM G148 — Standard Practice for Evaluation of Hydrogen Uptake, Permeation, and Transport in Metals by an Electrochemical Technique (Стандартный метод определения поглощения, проникновения и транспорта водорода в металлах электрохимическим способом)

[87] ASME — Boiler and Pressure Vessel Code (Котлы и сосуды высокого давления. Свод правил)

[88] ANSI/ASME B31.1 — Power piping (Энергетические трубопроводы)

[89] ANSI/ASME B31.3 — Process Piping (Технологические трубопроводы)

[90] ANSI/AWS A4.3 — Standard Methods for Determination of the Diffusible Hydrogen Content of Martensitic, Bainitic, and Ferritic Steel Weld Metal Produced by Arc Welding (Стандартные методы определения содержания диффундирующего водорода в мартенситной, бейнитной и ферритной стали металла сварного шва в результате дуговой сварки)

[91] BS 17089 — Method of measurement of hydrogen permeation and determination of hydrogen uptake and transport in metals by an electrochemical technique (Метод измерения водородного проникания, поглощения и транспорта водорода в металлах электрохимическим способом)

[92] NACE TM0177 — Laboratory Testing of Metals for Resistance to Sulfide Stress Cracking and Stress Corrosion Cracking in H2S Environments (Лабораторное испытание металлов на стойкость к сульфидному растрескиванию и коррозионному растрескиванию под напряжением в сероводородсодержащих средах)

[93] NACE TM0284 — Standard Test Method — Evaluation of Pipeline and Pressure Vessel Steels for Resistance to Hydrogen-Induced Cracking (Стандартный метод испытания. Оценка стойкости стали трубопроводов и сосудов высокого давления к водородному растрескиванию)

[94] SAE/AMS 2451/4 — Plating, Brush, Cadmium Corrosion Protective, Low Hydrogen Embrittlement (Покрытие электролитическим способом, нанесение гальванопокрытия натиранием, покрытие кадмием для защиты от коррозии, низкая водородная хрупкость)

[95] SAE/AMS 2759/9 — Hydrogen Embrittlement Relief (Baking) of Steel Parts (Понижение водородной хрупкости (спекание) стальных деталей)

[96] SAE/USCAR 5-1 — Avoidance of Hydrogen Embrittlement of Steel (Предупреждение водородного охрупчивания стали)

[97] NASA NSS 1740 — NASA Safety Standard: Hydrogen and Hydrogen Systems. Guidelines for Hydrogen Systems Desing, Materials Selection, Operations, Storage and Transportation (12 feb 1997) (Стандарт безопасности НАСА: Водород и водородные системы. Основные требования к проектированию, подбору материалов, системам хранения, транспортировки водорода и их эксплуатации)

УДК 621.039.68: 006.354 ОКС 27.075

Ключевые слова: водородные генераторы, водород, безопасность, стандарты национальные Российской Федерации

Редактор *М. В. Глушкова*
Технический редактор *В. Н. Прусакова*
Корректор *С. И. Фирсова*
Компьютерная верстка *Т. Ф. Кузнецовой*

Сдано в набор 06.10.2011. Подписано в печать 21.11.2011. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная Усп. печ. л. 6,98. Уч.-изд. л. 6,30. Тираж 114 экз. Зак. 1204.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru
Набрано и отпечатано в Калужской типографии стандартов, 248021 Калуга, ул. Московская, 256.