ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 71076— 2023

ОБОРУДОВАНИЕ КРИОГЕННОЕ

Системы транспортирования и хранения жидкого водорода. Общие требования к эксплуатации

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН рабочей группой специалистов Публичного акционерного общества криогенного машиностроения (ПАО «Криогенмаш») и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»)

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

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 октября 2023 г. № 1315-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Обозначения и сокращения 5
5 Требования к конструкции оборудования 5
5.1 Общие требования 5
5.2 Общие требования к предохранительным устройствам 6
5.3 Требования к резервуарам и цистернам для жидкого водорода 6
5.4 Требования к космическим заправочным комплексам 8
5.5 Требования к трубопроводам 8
5.6 Требования к трубопроводной арматуре 10
5.7 Газосброс водорода и газосбросные устройства 10
5.8 Требования к тепловой изоляции 14
5.9 Требования к защите от коррозии и окраске 14
5.10 Монтаж и прием в эксплуатацию оборудования трубопроводов 15
6 Требования к электрооборудованию и электроосвещению 16
6.1 Общие требования 16
6.2 Требования к исполнению электрооборудования 16
6.3 Требования к электропроводке и кабельным линиям 16
6.4 Требования к защитному заземлению 17
6.5 Требования к молниезащите и защите от статического электричества 17
6.6 Прием в эксплуатацию и эксплуатация электрооборудования 17
7 Контрольно-измерительные приборы, автоматика, производственная сигнализация и связь. Системы противоаварийной автоматической защиты 17
7.1 Общие требования 17
7.2 Требования к контролю и автоматизации технологических процессов при производстве и применении водорода 18
8 Транспортирование жидкого водорода. Требования к эксплуатации систем транспортирования . . . 19
8.1 Порядок проведения технологических операций в системах транспортирования жидкого водорода 19
8.2 Подготовка цистерн к наполнению жидким водородом 19
8.3 Наполнение цистерн жидким водородом 23
8.4 Транспортирование цистерн с жидким водородом к потребителю 24
8.5 Приемка цистерн и слив жидкого водорода у потребителя 25
8.6 Возврат цистерн на станции наполнения 26
8.7 Периодический отогрев цистерн 26
8.8 Технологический газосброс водорода из цистерн 28
9 Требования к эксплуатации систем хранения 28
9.1 Порядок проведения технологических операций 28
9.2 Хранение 29
9.3 Периодический отогрев резервуара, полный или частичный 29
10 Дополнительные требования к эксплуатации систем хранения и выдачи охлажденного жидкого водорода 30
10.1 Дополнительные требования к оборудованию систем и эксплуатации 30
10.2 Охлаждение до температуры равновесной давлению 0,03 МПа (0,3 кг/см^2) (сброс перегрева) 31
10.3 Охлаждение и термостатирование жидкого водорода до температуры ниже температуры кипения при атмосферном давлении 31
10.4 Подготовка систем к работе с охлажденным жидким водородом 32
10.5 Наполнение резервуаров охлажденным жидким водородом 32
11 Требования к станции наполнения и слив 32
12 Консервация и ликвидация комплексов жидкого водорода 33
13 Требования пожарной безопасности. Организация пожарной безопасности 34
14 Индивидуальные средства защиты 34

15 Допуск к работе, инструктаж и обучение рабочих и инженерно-технических работников 35
Приложение А (рекомендуемое) Требования к конструкционным материалам. 36
Приложение Б (рекомендуемое) Рекомендации по защите от проявлений статического электричества 37
Приложение В (обязательное) Определение числа полосканий и времени продувки резервуаров при различных условиях наддува, сброса и продувки 38
Приложение Г (обязательное) Перечень основных контролируемых технологических параметров в системах транспортирования и хранения жидкого водорода 43
Приложение Д (рекомендуемое) Условная схема охлаждения жидкого водорода вакуумированием и защиты от натекания атмосферного воздуха 46
Приложение Е (обязательное) Перечень основных контролируемых технологических параметров при эксплуатации систем хранения охлажденного жидкого водорода 47
Приложение Ж (рекомендуемое) Условные технологические схемы охлаждения жидкого водорода . . . 53
Приложение И (рекомендуемое) Условные технологические схемы термостатирования с использованием циркуляционных систем. 55
Библиография 56

Введение

Настоящий стандарт разработан в соответствии с требованиями законодательства РФ в сфере технического регулирования, области обеспечения промышленной безопасности, охраны труда, пожарной безопасности и других нормативных документов рабочей группой специалистов Публичного акционерного общества криогенного машиностроения (ПАО «Криогенмаш») под общим руководством Главного конструктора ПАО «Криогенмаш» Шипова Д.Н. и Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «Институт стандартизации»).

Одним из важных элементов в обеспечении надежности и безопасности криогенных комплексов жидкого водорода, включающих в себя заводы-ожижители, хранилища у производителя и потребителя, емкости для транспортирования, транспортные средства, топливные системы у потребителя, является отработка технологии обращения с жидким водородом, обеспечивающая поддержание его качества и безопасные условия эксплуатации на всех технологических операциях.

В понятие «технология обращения с жидким водородом как горючим» входят: подготовка объемов оборудования к заполнению с выбором наиболее эффективного способа подготовки; захолаживание и заполнение резервуаров жидкого водорода, методы хранения, транспортирования, способы выдачи жидкого водорода, условия безопасного и аварийного газосброса водорода из систем и оборудования.

Качество жидкого водорода, а также допустимые с точки зрения безопасной эксплуатации накопления твердых примесей связаны прежде всего с его теплофизическими свойствами, которые приводят к динамическому характеру поведения растворенных в жидком водороде примесей и их накоплению, в том числе и в твердой фазе.

В отечественной и мировой практике в процессе создания инфраструктуры обеспечения ракетно-космической и других отраслей техники жидким водородом выполнен значительный объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по изучению и отработке в промышленных системах всего комплекса проблем, связанных с безопасной технологией обращения с жидким водородом.

Результаты выполненных исследований и накопленный отечественный и мировой опыт эксплуатации инфраструктуры снабжения потребителей жидкого водорода привел к необходимости создания данного стандарта.

В настоящем стандарте реализованы нормы технических регламентов Таможенного союза [1] и [2].

При применении настоящего стандарта необходимо соблюдать требования вышеперечисленных технических регламентов Таможенного союза.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ОБОРУДОВАНИЕ КРИОГЕННОЕ

Системы транспортирования и хранения жидкого водорода. Общие требования к эксплуатации

Cryogenic equipment. Liquid hydrogen transportation and storage systems. General requirements for operation

Дата введения — 2023—12—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования к эксплуатации криогенных систем хранения и транспортирования жидкого водорода.

Настоящий стандарт распространяется на динамическое, емкостное, электрооборудование, трубопроводы, контрольно-измерительную аппаратуру и иное оборудование, работающее с жидким и газообразным водородом.

Настоящий стандарт не устанавливает специальные требования к эксплуатации криогенных систем хранения и транспортирования жидкого водорода железнодорожного подвижного состава и его составных частей.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 12.1.004 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования

ГОСТ 12.2.085 Арматура трубопроводная. Клапаны предохранительные. Выбор и расчет пропускной способности

ГОСТ 9293 (ИСО 2435—73) Азот газообразный и жидкий. Технические условия

ГОСТ 9544 Арматура трубопроводная. Нормы герметичности затворов

ГОСТ 14202 Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки

ГОСТ 19433 Грузы опасные. Классификация и маркировка

ГОСТ 19755 Прокладки уплотнительные металлические конические для закрытых затворов соединений. Технические условия

ГОСТ 23866 Клапаны регулирующие односедельные, двухседельные и клеточные. Основные параметры

ГОСТ 32388 Трубопроводы технологические. Нормы и методы расчета на прочность, вибрацию и сейсмические воздействия

ГОСТ 34294 Арматура трубопроводная криогенная. Общие технические условия

ГОСТ 34347—2017 Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия

ГОСТ Р 56248 Водород жидкий. Технические условия

ГОСТ Р ИСО 14687-1 Топливо водородное. Технические условия на продукт. Часть 1. Все случаи применения, кроме использования в топливных элементах с протонно-обменной мембраной, применяемых в дорожных транспортных средствах

Издание официальное

СП 4.13130 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям

СП 30.13330 «СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий»

СП 34.13330 «СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги»

СП 52.13330 «СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение»

СП 112.13330.2011 «СНиП 21-01-97* Пожарная безопасность зданий и сооружений»

СП 162.1330610 Требования безопасности при производстве, хранении, транспортировании и использовании жидкого водорода

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов (сводов правил) в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

авария: Опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, а также к нанесению ущерба окружающей природной среде.

[[3], статья 2]

3.2 **аэродром:** Главный элемент аэропорта, специально подготовленный земельный участок, имеющий комплекс сооружений и оборудования, обеспечивающих полеты, хранение и обслуживание самолетов.

3.3 **бездренажное хранение:** Технологическая операция, связанная с хранением в резервуаре криогенной жидкости без сброса паров в атмосферу.

3.4 **безопасность:** Защищенность людей, окружающей среды и материальных ценностей от последствий несчастных случаев, аварий и катастроф на промышленных объектах.

3.5

взрыв: Быстрое химическое превращение среды, сопровождающееся выделением энергии и образованием сжатых газов.

[[4], статья 2]

3.6 **газгольдер:** Резервуар для хранения газообразных веществ.

3.7 **газоопасные работы:** Работы, выполняемые в загазованной среде или при которых возможен выход газа в атмосферу рабочей зоны.

3.8 **газосбросной трубопровод:** Трубопровод для сброса газообразного водорода, паров жидкого водорода и продувочных газов в атмосферу без флегматизации и с флегматизацией инертным газом.

3.9 **заправочный водородный комплекс наземной космической инфраструктуры:** Комплекс сооружений и оборудования, предназначенный для накопления и хранения жидкого водорода, предстартовой подготовки баков ракет-носителей, разгонных блоков и других летательных аппаратов, заправки их жидким водородом и подачи в них газообразного водорода, обеспечения теплового режима водородных баков в процессе стартовой стоянки, приема жидкого водорода при сливе из баков и обработки баков после слива.

3.10 **заправочная площадка:** Часть территории, предназначенная для заправки цистерн и резервуаров жидким водородом.

3.11 **защита:** Особенности конструкции, обеспечивающие сохранение безопасных условий в случае аварии, неисправности управляющих устройств или отключения электропитания.

3.12 **испаритель:** Аппарат для газификации криогенных продуктов.

3.13 **каркас:** Конструкция, состоящая из торцевых рам и несущих элементов, защищающих цистерну, способная выдерживать статические и динамические нагрузки, возникающие при подъеме, перегрузке, закреплении и транспортировании контейнера-цистерны, но не предназначенная заключать в себе транспортируемый груз.

3.14 **комплекс жидкого водорода:** Производственный комплекс, включающий установку ожижения водорода, систему хранения, выдачи и газификации жидкого водорода, а также площадку наполнения сосудов (резервуаров) жидким водородом.

3.15 **криогенный резервуар [цистерна]:** Стационарная или транспортируемая емкость с тепловой изоляцией, трубопроводами обвязки, арматурой и КИП предназначенная для накопления, хранения, транспортирования и выдачи криогенных продуктов потребителю.

3.16

криогенный насос: Насос, предназначенный для перекачки криогенных продуктов.
[ГОСТ Р 70068—2022, пункт 3.1]

3.17 **наземный резервуар:** Резервуар, у которого нижняя образующая находится на одном уровне или выше планировочной отметки прилегающей территории.

3.18

наружная установка: Комплекс аппаратов и технологического оборудования, расположенных вне зданий и сооружений.
[[4], статья 13]

3.19

обвалование: Выполненное из грунта ограждение, предназначенное для ограничения площади разлива жидкости.
[ГОСТ Р 53324—2009, пункт 2.5]

3.20 **опасность:** Потенциальная возможность возникновения процессов или явлений, способных вызывать поражение людей, наносить материальный ущерб и разрушительно воздействовать на окружающую среду.

3.21

опасный груз: Опасное вещество, материал, изделие и отходы производства, которые вследствие их специфических свойств при транспортировании или перегрузке могут создать угрозу жизни и здоровью людей, вызвать загрязнение окружающей среды, повреждение и уничтожение транспортных сооружений, средств и иного имущества.
[ГОСТ Р 22.0.05—2020, статья 22]

3.22 **орто-параконверсия:** Переход молекулярного водорода из одной спиновой формы в другую (из ортоводорода в параводород), сопровождается выделением тепла.

3.23 **площадка слива-налива:** Специальная площадка на территории для размещения транспортного заправщика при наливе (сливе) жидкого водорода.

3.24 **подземный (заглубленный в грунт или обсыпанный грунтом) резервуар:** Резервуар, в котором наивысший уровень жидкости ниже не менее чем на 0,2 м низшей планировочной отметки прилегающей площадки (в пределах 3 м от стенки резервуара).

3.25

пожар: Неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.
[[5], статья 1]

3.26

пожарная безопасность: Состояние защищенности населения и окружающей среды от опасных факторов и воздействий пожара.

[ГОСТ Р 22.0.05—2020, статья 24]

3.27

пожаровзрывоопасность веществ и материалов: Способность веществ и материалов к образованию горючей (пожароопасной или взрывоопасной) среды, характеризуемая их физико-химическими свойствами и (или) поведением в условиях пожара.

[[4], статья 2]

3.28 **полоскание:** Технологическая операция по замене одной газовой среды во внутренних полостях оборудования на другую путем ее напуска с подъемом давления, выдержки по времени и последующего сброса в атмосферу.

3.29 **предельно допустимые значения параметров:** Значения параметра или нескольких параметров (по составу материальных сред, давлению, температуре, скорости движения, времени пребывания в зоне с заданным режимом, соотношению смешиваемых компонентов, разделению смеси и т. д.), превышение которых может привести к нарушению процессов, при которых возможно возникновение нештатных ситуаций, взрыва в технологической системе, разгерметизации технологической аппаратуры и выброс рабочих сред в атмосферу.

3.30

промышленная безопасность: Состояние защищенности жизненно важных интересов личности и общества от аварий на опасных производственных объектах и последствий указанных аварий.

[[6], статья 1]

3.31 **противоаварийная защита:** Комплекс мер и устройств, препятствующих возникновению и развитию аварии.

3.32 **регламентированное значение параметров технологической среды:** Совокупность установленных значений параметров рабочей среды, характеризующих ее состояние, при которых технологический процесс осуществляется в соответствии с утвержденным регламентом с обеспечением его назначения и безопасности.

3.33 **свеча:** Устройство для сброса в атмосферу или сжигания продувочного или сбросного газа.

3.34 **сигнализация:** Устройство, обеспечивающее подачу звукового и/или светового сигнала при достижении контролируемым параметром предельно допустимого значения, а также при начале и окончании проведения опасных работ.

3.35 **система аварийной защиты:** Комплекс технических средств, которые при достижении опасных параметров отключают потенциальные источники аварийной ситуации.

3.36

система предотвращения пожара: Комплекс организационных мероприятий и технических средств, исключающих возможность возникновения пожара на объекте защиты.

[[4], статья 39]

3.37

система противопожарной защиты: Комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий воздействия опасных факторов пожара на объект защиты (продукцию).

[[4], статья 41]

3.38 **сливная колонка:** Устройство для подключения транспортных заправщиков для слива жидкого водорода в резервуары хранилища.

3.39 **стояночная площадка:** Часть территории, предназначенная для нахождения транспортных заправщиков, не участвующих в данный момент в операции слива-налива жидкого водорода.

3.40 **танк-контейнер (контейнер-цистерна):** Специализированный грузовой контейнер, предназначенный для перевозки жидкого водорода и состоящий из следующих основных элементов: криоген-

ного резервуара (цистерны), трубопроводов обвязки, арматуры, КИП и каркаса (или рамных элементов для контейнеров-цистерн, не имеющих продольных несущих элементов).

3.41 **технологический блок:** Аппарат или группа связанных аппаратов, которые могут быть отключены (изолированы) от технологической системы (выведены из нее) без опасных изменений режима, приводящих к развитию аварии в смежной аппаратуре или системе.

3.42 **технологический процесс:** Совокупность физико-химических или физико-механических превращений вещества и изменение значений параметров материальных сред, целенаправленно проводимых в аппарате (или системе взаимосвязанных аппаратов, агрегате и т. д.).

3.43 **тревожная концентрация:** Объемная доля водорода-газа в воздухе, равная 10 % нижнего концентрационного предела распространения пламени.

3.44 **узел пробоотбора:** Устройство для отбора проб на анализ качества продукта в соответствии с требованиями нормативных документов.

3.45 **уполномоченные организации:** Учреждения, контролирующие установки на основе действующего законодательства на всех стадиях их существования от проекта до ликвидации.

3.46 **устройство сброса давления:** Устройство для предотвращения повышения давления в криогенных системах, резервуарах, емкостях и технологических трубопроводах выше заданного значения.

3.47 **хранилище жидкого водорода:** Комплекс сооружений с оборудованием, предназначенным для накопления, длительного или кратковременного хранения жидкого водорода и выдачи его потребителям.

4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

$ж H_2$ — жидкий водород;

$тв O_2$ — твердый кислород;

БГсУ — безопасное газосбросное устройство;

ЕЭК ООН — Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций;

КИПиА — контрольно-измерительные приборы и автоматика;

МПУ — мембранное предохранительное устройство;

ООН — Организация Объединенных Наций;

ПАЗ — противоаварийная автоматическая защита;

ППР — проект производства работ;

РН — ракета-носитель;

РБ — разгонный блок.

5 Требования к конструкции оборудования

5.1 Общие требования

5.1.1 Проектирование оборудования должно вестись в соответствии с технической частью договора или утвержденным техническим заданием, общегосударственными и другими нормативными документами, и указаниями настоящего стандарта.

Примечание — Под оборудованием здесь и далее следует понимать насосы, вакуумные установки, резервуары, трубопроводы, арматуру, агрегаты автоматики и т. п., работающие с жидким и газообразным водородом.

5.1.2 При проектировании оборудования и систем следует предусматривать максимальную механизацию и автоматизацию технологических процессов и дистанционное управление максимальным числом технологических операций.

5.1.3 Материалы для изготовления оборудования должны надежно работать в среде жидкого или газообразного водорода при соответствующих рабочих давлениях и температурах.

При выборе материалов следует руководствоваться рекомендациями, приведенными в приложении А и нормативных документах.

5.1.4 Оборудование должно быть герметичным и иметь минимальное число разъемных соединений. Соединения, как правило, выполняются сварными.

5.1.5 В конструкции оборудования следует исключать или сводить к минимуму застойные (тупиковые) зоны.

5.1.6 Конструкция оборудования должна обеспечивать проведение операций подготовки систем к заполнению жидким водородом и подсоединение КИП.

5.1.7 Необходимо, чтобы оборудование, предназначенное для хранения и транспортирования жидкого водорода, имело высокоэффективную теплоизоляцию, обеспечивающую минимальный теплоприток к жидкому водороду.

5.1.8 Конструкция оборудования, работающего при низких температурах, должна предусматривать компенсацию температурных деформаций.

5.1.9 Криогенное оборудование без изоляции, на поверхности которого возможна конденсация воздуха, должно иметь защитные кожухи или лотки, предотвращающие попадание конденсата на расположенные рядом металлоконструкции, оборудование, а также места обслуживания, проходы, транспортные магистрали и т. п.

5.1.10 Конструкция оборудования должна обеспечивать снятие зарядов статического электричества.

5.1.11 Расположение оборудования должно обеспечивать безопасность и удобство его обслуживания и ремонта, а также выполнять требования СП 162.1330610.

5.2 Общие требования к предохранительным устройствам

5.2.1 Аппараты с расчетным давлением свыше 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2), а также все участки жидкостных водородных систем и трубопроводов, ограниченные запорной арматурой, следует оснастить предохранительными устройствами (предохранительные клапаны, мембраны), обеспечивающими выброс газа в дренажную систему или в газгольдер при повышении давления сверх допустимого значения. Общее количество предохранительных устройств, требования к их конструкции, пропускная способность, а также правила их установки должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.085, [7], [8], [9], [10], [11] и настоящего стандарта.

5.2.2 Предохранительные клапаны, устанавливаемые на линиях (аппаратах) низкого давления после дроссельных и регулирующих устройств, должны быть рассчитаны на максимальное количество газа, проходящее через дроссельное или регулирующее устройства при полном их открытии и при закрытом выходе из аппарата.

5.2.3 При установке предохранительных клапанов на переключающихся аппаратах клапан должен быть рассчитан на повышение давления в аппарате от нагрева при закрытых входе и выходе газа в случае разгерметизации изоляционного пространства.

5.2.4 Предохранительные клапаны, устанавливаемые на аппаратах и трубопроводах жидкого водорода, следует рассчитывать на повышение давления при закрытых входе и выходе: за счет нагрева водорода от теплопритоков из окружающей среды, в случае разгерметизации изоляционного пространства, при нарушении работы системы наддува резервуара.

5.2.5 Предохранительные клапаны систем продувки нужно рассчитывать на случай закрытого выхода газа из системы при полностью открытом вентиле, подающем продувочный газ.

5.2.6 Проверку предохранительных клапанов, установленных на переключающихся аппаратах, следует производить не реже одного раза в 6 месяцев, а также после отогрева аппаратов перед их включением в работу. Проверку срабатывания предохранительных клапанов следует производить с помощью устройства для принудительного открытия.

5.2.7 При применении МПУ (или предохранительного устройства) необходимо принимать меры, исключающие возможность выбросов вредных и взрывоопасных газов в помещение, а также исключающие искрообразование и травмирование персонала осколками и частями мембран при их срабатывании.

5.3 Требования к резервуарам и цистернам для жидкого водорода

5.3.1 Требования данного раздела распространяются на все стационарные резервуары и транспортные цистерны.

5.3.2 Резервуары и цистерны должны быть спроектированы, изготовлены и испытаны в соответствии с правилами [12], ГОСТ 34347 и настоящим стандартом (см. также [13], [14]). Испытательное давление для закрытых криогенных сосудов согласно подразделу 7.11 ГОСТ 34347—2017.

Цистерны (контейнер-цистерны) должны быть спроектированы дополнительно в соответствии с нормативно-методическими указаниями по проектированию, изготовлению, эксплуатации и ремонту сосудов под давлением для хранения и перевозки опасных грузов.

5.3.3 В резервуарах и цистернах следует предусматривать систему предохранительных клапанов, состоящую из рабочего и резервного клапанов, мембран и трехходового вентиля (переключающего устройства). Рабочий и резервный клапаны должны иметь равную пропускную способность, обеспечивающую полную защиту оборудования от превышения давления свыше допустимого. Пропускная способность каждого из предохранительных клапанов рассчитывается из условий максимального пропуска количества паров водорода, образующихся в результате одной из неисправностей: внезапной потери вакуума в изоляционном пространстве, при поломке в открытом состоянии клапана на змеевике испарителя с одновременным выходом из строя регулятора давления (если таковой имеется), служащего для подъема давления, а также в случае пожара (принимаемая температура стенки кожуха T = 600 °С). Для обеспечения ревизии и ремонта клапанов до них (при необходимости и после них) устанавливают трехходовую арматуру (переключающее устройство), исключающую возможность одновременного закрытия рабочего и резервного клапанов.

5.3.4 Резервуар (цистерна) должен быть оборудован приборами для измерения уровня жидкости, давления во внутреннем сосуде, штуцером для откачки и контроля вакуума в изоляционной полости, прибором для регистрации падения давления во внутреннем сосуде менее 0,13 МПа (абс.) (1,3 кгс/см^2) для транспортных цистерн и 0,115 МПа (абс.) (1,15 кгс/см^2) для стационарных резервуаров и, при необходимости, прибором контроля температуры стенки сосуда.

Примечание — Для транспортных цистерн, используемых для перевозки жидкого водорода внутри одного объекта, установка контрольного прибора для регистрации падения давления ниже 0,13 МПа (1,3 кгс/см^2) не обязательна.

5.3.5 Для промывки и продувки резервуаров и цистерн (перед ремонтом, внутренним осмотром и испытанием) следует предусматривать штуцеры подачи в них инертного газа.

5.3.6 Конструкция цистерны и ее оборудование должны:

- обеспечивать транспортирование продуктов с установленной скоростью;
- выдерживать продольные и поперечные нагрузки и вибрационные воздействия согласно [15], [16];
- обеспечивать безопасность газосброса в пути следования.

5.3.7 Техническую документацию на цистерну необходимо согласовывать с заказчиком, надзорными органами, эксплуатирующими организациями и, при необходимости, с другими специализированными организациями.

5.3.8 Арматура цистерны должна обеспечивать возможность надежного ее крепления на цистерне с учетом воздействия динамических и вибрационных нагрузок.

5.3.9 Конструкция резервуара (цистерны) и его оборудования должна обеспечивать возможность надежного заземления в соответствии с действующей нормативной документацией РФ.

5.3.10 Необходимо, чтобы система замера уровня жидкости и давления во внутреннем сосуде цистерны обеспечивала возможность подключения к ней дублирующих приборов.

5.3.11 Технологическая схема и конструкция цистерны должны обеспечивать возможность проведения операций наддува и газосброса средствами станции наполнения.

5.3.12 Основную арматуру и приборы цистерны необходимо размещать в закрытом шкафу, выполненном из несгораемых материалов.

5.3.13 Шкаф должен быть оборудован вентиляционным устройством и системой пожаротушения, имеющей автоматическое и/или ручное включение.

5.3.14 Цистерна должна иметь систему продувки инертным газом трубопроводов газосброса.

5.3.15 Цистерны (прицепы и полуприцепы) для перевозки жидкого водорода автомобильным транспортом должны пройти обязательные сертификационные испытания как механические транспортные средства на соответствие требованиям правил ЕЭК ООН и обеспечивать его транспортирование по автомобильным дорогам первой и второй технических категорий с асфальтобетонными и цементобетонными покрытиями согласно [17]—[22].

5.3.16 Конструкция цистерны и ее оборудование для перевозки жидкого водорода автомобильным транспортом должны выдерживать продольные, вертикальные (вверх и вниз) и поперечные нагрузки, вибрационные воздействия согласно нормам, установленным для цистерн, перевозящих сжиженные

газы (опасные грузы класса 2). Расчет предохранительных клапанов автоцистерн следует выполнять по ГОСТ 12.2.085 и с учетом норм [17] (см. также [11]).

5.3.17 Приборы замера давления во внутреннем сосуде цистерны для перевозки жидкого водорода автомобильным транспортом должны быть сдублированы и установлены в зоне видимости водителя.

5.3.18 Резервуары и цистерны необходимо оснащать устройствами и арматурой для обеспечения возможности отбора проб на анализ из верхней и нижней части внутреннего сосуда.

5.3.19 Требования к узлу отбора проб для контроля качества жидкого водорода

5.3.19.1 В составе систем хранения и транспортирования, а также комплексов по использованию жидкого водорода должен входить специализированный узел отбора проб, обеспечивающий проведение комплекса аналитических исследований химического состава жидкого водорода.

5.3.19.2 Узел должен обеспечивать измерение примесей газов в жидком водороде, включая кислород, азот и другие нормируемые компоненты, а также показатели качества жидкого водорода.

5.3.19.3 Методика проведения анализов, конструкция пробоотборников, химреактивы и т. д. должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 56248. Допускается применять методы и оборудование анализа, указанные в ГОСТ Р ИСО 14687-1.

Периодичность проведения исследований качества водорода устанавливается эксплуатационной документацией.

5.3.20 Транспортные железнодорожные и автомобильные цистерны оборудуются безопасным газосбросным устройством, средствами автоматического и ручного пожаротушения, а также снабжаются комплектами необходимых принадлежностей, приспособлений, инструментов и материалов для ремонта, технического обслуживания и эксплуатации.

5.4 Требования к космическим заправочным комплексам

5.4.1 Управление космическим заправочным комплексом на всех этапах работы должно быть дистанционным в ручном или автоматизированном режиме с командного пульта управления, расположенного, как правило, вне стартового комплекса. При проведении работ по заправке бака РН или РБ управление системой осуществляется в автоматизированном режиме. При заполнении хранилища и хранении жидкого водорода допускается управление системой в ручном режиме с местного пульта управления, расположенного в защищенном сооружении в районе хранилища.

5.4.2 Допускается прокладка сварных магистральных трубопроводов жидкого и газообразного водорода на открытых эстакадах и агрегатах совместно со сварными трубопроводами окислителя и электрокабелями. Расположение фланцевых соединений, арматуры и мест дренажа в атмосферу кислорода должно быть удалено не менее чем на 5 м от фланцевых соединений, арматуры и мест дренажа в атмосферу водорода. Расстояние от кабелей до трубопроводов в горизонтальной плоскости должно быть не менее 0,5 м. Прокладка кабелей под трубопроводами не допускается.

5.5 Требования к трубопроводам

5.5.1 Общие требования

5.5.1.1 Все трубопроводы, предназначенные для транспортирования жидкого и газообразного водорода с давлением от 0,15 МПа (1,5 кгс/см^2) (абс.) до 42 МПа (420 кгс/см^2) (изб.) и температурой до 573 К, следует проектировать и изготавливать в соответствии с ГОСТ 32388, правилами [7], а также требованиями настоящего стандарта.

Примечание — Некоторые положения правил [7] уточнены и дополнены положениями настоящего стандарта в части специфических требований к оборудованию криогенных систем хранения и выдачи жидкого водорода. При различии требований, изложенных в правилах [7] и настоящем стандарте, необходимо руководствоваться указаниями данного стандарта.

5.5.1.2 Трубопроводы жидкого водорода по правилам [7] рекомендуется относить к группе Б/а категории I.

5.5.1.3 Материалы для изготовления трубопроводов по своим техническим характеристикам должны соответствовать рабочим параметрам транспортируемой среды.

В криогенных трубопроводах материалы узлов и деталей, соприкасающихся с жидким водородом или подверженных воздействию криогенных температур, следует выбирать в соответствии с требованиями приложения А.

Материал вакуумного кожуха криогенных трубопроводов выбирают с учетом требований ГОСТ 34347 в соответствии с условиями окружающей среды.

5.5.1.4 Трубопроводы для жидкого водорода должны изготавливаться из бесшовных труб.

При отсутствии необходимых размеров труб в сортаменте допускается применение сварных трубопроводов, изготавливаемых по аттестованной технологии сварки со 100 %-ным объемом контроля сварного шва.

5.5.1.5 При проектировании и монтаже трубопроводов необходимо применять преимущественно крупные узлы и фасонные детали заводского изготовления, обеспечивающие более высокое качество монтажа и надежность.

Криогенные трубопроводы с вакуумной изоляцией следует, как правило, выполнять из секций, изготовленных и прошедших испытания в заводских условиях.

5.5.1.6 Криогенные трубопроводы должны собираться, как правило, с помощью сварки. Разъемные соединения типа криогенных штыковых разъемов допускаются для присоединения к участкам, требующим частой расстыковки, замены, разборки, тарировки.

5.5.1.7 При проектировании штыковых разъемов криогенных трубопроводов и резервуаров крепежные детали и прокладки рекомендуется размещать в «теплой» зоне с температурой, близкой к температуре окружающей среды, отделенной от холодных участков оборудования тепловыми мостами.

5.5.1.8 На кожухе криогенных трубопроводов с вакуумной изоляцией должны быть предусмотрены устройства для вакуумирования, измерения вакуума, а также устройства (мембрана или вакуумное предохранительное устройство, предохранительный клапан и др.) для предохранения кожуха от разрыва при аварийном повышении давления в теплоизоляционной полости.

5.5.2 Требования к устройству трубопроводов

5.5.2.1 Трубопроводы жидкого водорода должны иметь по возможности спрямленные трассы и прокладываться с уклоном не менее 1:100 в сторону расходного резервуара.

Трубопроводы рекомендуется размещать таким образом, чтобы обеспечивалась наименьшая протяженность коммуникаций и исключалось провисание и образование застойных зон.

На отдельных коротких участках при необходимости допускается укладка трубопроводов без уклона.

5.5.2.2 При проектировании трубопроводов необходимо предусматривать возможность продувки их инертным газом и отбора проб для анализа состава газовой среды.

Места расположения вентиля для отбора проб газа и штуцера заполнения внутреннего пространства продувочным газом должны находиться на противоположных (по длине) концах трубопровода.

5.5.2.3 Коммуникации инертных газов следует отсекать от технологических трубопроводов, как правило, с помощью съемных элементов (съемной секции, гибкого металлорукава и т. п.) с установкой запорной арматуры по обе стороны разъема. По окончании продувки съемные элементы должны быть сняты, а на фланцах установлены заглушки.

В системах, в которых не допускается обслуживание в ходе технологических операций, коммуникации инертных газов следует отделять от технологических трубопроводов двумя отсечными клапанами и дренажным устройством, обеспечивающим прямое соединение пространства между клапанами с атмосферой.

5.5.2.4 Емкости, агрегаты и прочее оборудование систем хранения и выдачи жидкого водорода следует отделять от коллекторов двумя запорными органами с установкой между ними газосбросного устройства, обеспечивающего прямое соединение отсекаемой полости с атмосферой.

При рабочем давлении в системе не выше 4 МПа (40 кгс/см^2) допускается отделение оборудования от коллектора одним запорным органом с установкой рядом с ним штыкового разъема для возможности установки заглушки.

Между запорным органом и заглушкой должно быть предусмотрено устройство для контроля герметичности.

5.5.2.5 Устройство неизолированных холодных трубопроводов должно удовлетворять требованиям 5.1.9. Неизолированные дренажные трубопроводы для жидкого водорода и теплообменники, при работе которых возможно образование значительного количества жидкого воздуха, следует оборудовать защитными кожухами или поддонами (приямками), заполненными гравием или с организованным отводом конденсата воздуха.

В местах сбора конденсата должны быть предусмотрены меры противопожарной безопасности в связи с тем, что при испарении жидкого водорода конденсат может обогащаться кислородом.

5.5.2.6 Запрещается объединять в один коллектор и присоединять к одному газосбросному стояку следующие трубопроводы:

- газосброса и продувки, если объединяемые газы могут образовывать взрывоопасные смеси;
- газосброса от предохранительных клапанов агрегатов и аппаратов, отличающихся по рабочему давлению более чем в 2 раза;
- сброса дренажно-предохранительных клапанов разных агрегатов.

Примечание — Хранилище жидкого водорода, состоящее из нескольких емкостей, объединенных единым коллектором, должно рассматриваться как один агрегат.

Сброс с мембран осуществляется за предел помещения.

5.5.2.7 Для компенсации температурных деформаций трубопроводов должна быть использована самокомпенсация за счет поворотов и изгибов трассы.

При невозможности ограничиться самокомпенсацией необходимо предусмотреть на трубопроводах установку специальных компенсирующих устройств (П-образных, линзовых и волнистых компенсаторов).

В криогенных трубопроводах рекомендуется применять компенсирующие элементы большого хода (шарнирные секции, металлорукава, устанавливаемые в местах поворотов трассы).

5.5.2.8 При установке нескольких волнистых компенсаторов на прямолинейном участке трубопровода должны быть предусмотрены устройства, равномерно распределяющие общую величину деформации на все компенсаторы и ограничивающие их растяжение (или сжатие) больше расчетной величины.

5.5.2.9 Конструкция подвижных опор должна обеспечивать свободное перемещение участков трубопроводов при температурных деформациях. Усилия от трения в подвижных опорах при перемещении трубопровода должны быть минимальными.

5.6 Требования к трубопроводной арматуре

5.6.1 Арматура, предназначенная для водорода, должна проектироваться в соответствии с основными положениями правил ГОСТ 34294, ГОСТ 23866, ГОСТ 9544 и требованиями настоящего стандарта (см. также [9], [10], [11]).

5.6.2 Арматура должна иметь герметичность затворов и сальниковых устройств, удовлетворяющих специальным ТУ или требованиям ГОСТ 23866, ГОСТ 9544, [23].

Арматура для жидкого водорода должна иметь преимущественно сильфонное уплотнение шпинделя.

5.6.3 Присоединение арматуры к трубопроводам производится, как правило, на сварке.

5.6.4 В конструкции криогенной арматуры необходимо предусмотреть возможность замены шпиндельного узла и других деталей, подверженных износу, без нарушения вакуума в теплоизоляционной полости.

Примечание — Настоящее требование не распространяется на арматуру, встроенную в трубопроводы, емкости и другие «холодные» полости.

5.6.5 Конструкция криогенной арматуры должна обеспечивать надежную теплоизоляцию от рабочей среды механизмов привода, концевых выключателей, прокладочных соединений и т. п.

Промерзание указанных узлов за счет охлаждения рабочей средой не допускается.

5.6.6 Для пневмоприводов арматуры следует применять инертные газы.

В арматуре встроенного типа в качестве управляющего газа рекомендуется использовать гелий.

5.6.7 Арматура с дистанционным управлением должна оборудоваться концевыми выключателями или сигнализаторами положения.

В особо ответственных системах и установках рекомендуется применять дистанционно управляемую арматуру с ручным фиксатором закрытого или открытого положения.

5.7 Газосброс водорода и газосбросные устройства

5.7.1 Общие положения

5.7.1.1 Газообразный водород, удаляемый из цистерн, резервуаров, аппаратов ожижения и других объектов, может сбрасываться в атмосферу, отводиться в специальные газоприемные устройства типа газгольдеров, возвращаться на производство или в другой технологический цикл работы криогенных систем.

5.7.1.2 При возврате сбрасываемого водорода на производство или в технологический цикл работы криогенной системы чистота возвращаемого водорода должна соответствовать требованиям производства или требованиям технологии работы криогенной системы.

5.7.1.3 Сброс газообразного водорода в атмосферу может производиться без дожигания или с дожиганием на выходе газа в атмосферу.

5.7.2 Газосброс без дожигания

5.7.2.1 Сброс газообразного водорода без дожигания из элементов стационарных криогенных систем рекомендуется производить через вертикальные трубные стояки с направлением истечения вертикально вверх, обеспечивающие необходимый технологический расход газа и скорости истечения, исключающие диффузию воздуха в сбросное устройство, при наименьшем возможном диаметре выходного сечения трубы. Сбросные коллекторы и трубопроводы рекомендуется предусматривать минимальной длины и с минимальным числом поворотов. Трассировка (протяженность, количество поворотов) и пропускная способность трубопроводов газосброса должны подтверждаться разработчиком соответствующими расчетами.

Допускается применение и других устройств для выпуска газообразного водорода в атмосферу, а безопасность проведения газосброса через такие устройства должна быть обоснована разработчиком устройств.

5.7.2.2 Места расположения газосбросных устройств и их высоту следует выбирать с таким расчетом, чтобы при заданных расходах газа и диаметре выходного сечения газосбросного патрубка обеспечить условия, при которых опасная зона струи сбрасываемого газа не достигает:

- зданий и сооружений;
- мест размещения обслуживающего персонала;
- мест расположения воздухозаборных устройств вентиляционных и других систем.

5.7.2.3 Размеры опасной зоны струи сбрасываемого газа при заданных начальных параметрах струи (скорости истечения и температуры газа) и заданной скорости ветра необходимо определять специальным расчетом в соответствии с [19], на основании результатов которого производится выбор безопасных расстояний.

5.7.2.4 Высота трубных стояков газосброса, располагаемых на открытых площадках, должна быть не менее 6 м, считая от уровня земли.

5.7.2.5 В выходном сечении газосбросного стояка рекомендуется устанавливать устройства, предотвращающие попадание в стояк и подводящие коммуникации пыли и влаги из атмосферы.

5.7.2.6 Перед началом и после окончания газосброса должна производиться продувка газосбросных магистралей десятикратным (по отношению к объему продуваемой магистрали) объемом газообразного азота.

5.7.2.7 Если газосброс производится в течение продолжительного времени с перерывами, то газосбросные коммуникации следует либо продувать десятикратным объемом азота перед началом и после окончания каждого цикла газосброса, либо производить в течение всего периода газосброса поддув азота в стояк с расходом не менее

$$G_a = 0{,}085 \cdot d_0^{\frac{5}{2}}, \quad (1)$$

где G_a — расход азота, кг/с;

d_0 — внутренний диаметр выходного отверстия стояка, м.

Зависимость получена для азота экспериментально.

5.7.2.8 Температура газообразного водорода на выходе в атмосферу при его сбросе без дожигания не должна превышать 773 К. Нижний предел температуры не ограничивается; при температуре газа на выходе в атмосферу ниже 90 К должны быть приняты меры либо исключающие конденсацию воздуха на наружной поверхности труб газосбросных коммуникаций (применение тепловой изоляции), либо исключающие стекание сконденсировавшегося воздуха на конструкции окружающих сооружений (применение защитных кожухов, лотков и т. п.).

5.7.2.9 Массовый расход водорода через газосбросной стояк должен быть не менее рассчитанного по формуле (1). Зависимость для водорода получена экспериментально. Верхний предел массового расхода водорода не ограничивается.

5.7.2.10 Допускается не продувать выходные участки газосбросных магистралей, длина которых после запорного клапана составляет меньше 3 м. Не подлежат продувке во время эксплуатации участ-

ки газосбросных магистралей, постоянно находящиеся под избыточным (по отношению к атмосферному) давлением водорода.

5.7.2.11 Рекомендуемая последовательность операций при газосбросе без дожигания:

- продувают газосбросную магистраль десятикратным объемом азота;
- не позже чем через 2 мин после окончания продувки начинают сброс водорода;
- не позже чем через 2 мин после окончания сброса водорода проводят продувку газосбросной магистрали (после клапана, управляющего газосбросом) десятикратным объемом азота;
- закрывают продувку.

Тушение пламени, самопроизвольно загоревшегося сбрасываемого водорода, следует производить путем прекращения газосброса при одновременной подаче азота на продувку.

Управление клапанами продувки азотом и сброса водорода можно осуществлять в автоматическом режиме.

5.7.3 Газосброс с дожиганием

5.7.3.1 Дожигание водорода осуществляется, как правило, в стационарных криогенных системах на специальных стационарных площадках дожигания и производится в тех случаях, если сброс без дожигания может привести к накоплению взрыво- и пожароопасных смесей водорода с воздухом в окружающем пространстве. Если газосброс осуществляется длительное время с массовым расходом более 0,5 кг/с, то рекомендуется проводить его с дожиганием.

5.7.3.2 Дожигание выбрасываемого водорода может производиться как непосредственно на выходе из газосбросных труб, оборудованных специальными насадками, так и в дожигающих устройствах (факельных системах), специально предназначенных для этой цели. Обустройство факельных систем и режимы их эксплуатации должны соответствовать требованиям [24].

5.7.3.3 При дожигании выбрасываемого газообразного водорода на срезе газосбросной трубы или в дожигающем устройстве, формирующем факел пламени в открытой атмосфере, режим истечения газа должен быть подобран таким образом, чтобы обеспечить устойчивое (после воспламенения) горение водорода в течение всего периода газосброса. Скорость истечения газообразного водорода из трубы рекомендуется выбирать в соответствии с эмпирическим уравнением

$$U = 1300 \cdot d^{0,143}, \qquad (2)$$

где U — скорость истечения, м/с;

d — диаметр трубы, м.

Допускается увеличивать скорость истечения водорода до критической.

5.7.3.4 Газосбросная труба, на выходе из которой производится дожигание, или специальное дожигающее устройство должны быть оборудованы системой зажигания, обеспечивающей стабильное многократное воспламенение сбрасываемого газа при заданных погодных условиях. Дожигающие устройства рекомендуется также снабжать средствами для дистанционного контроля наличия факела пламени.

5.7.3.5 Места дожигания водорода могут располагаться:

- на специально оборудованных открытых площадках;
- на площадках в зонах нахождения объектов и сооружений на застроенной территории;
- над объектами, из которых производится сброс водорода.

5.7.3.6 Расположение мест дожигания и высоту газосбросной трубы или ствола факельного устройства выбирают с таким расчетом, чтобы обеспечить:

- свободный доступ воздуха к факелу пламени для обеспечения сгорания водорода;
- отсутствие недопустимого теплового воздействия факела пламени на окружающие объекты, подводящие коммуникации (в т. ч. электрокабели) и людей.

5.7.3.7 Дожигание водорода на выходе из газосбросных труб, как правило, производится при вертикальном (вверх) его истечении.

Примечание — Допускается и другое направление истечения водорода при дожигании, если оно связано с невозможностью осуществления вертикального вверх истечения или с применением специальных дожигающих устройств.

5.7.3.8 Система дожигания сбрасываемого водорода должна быть оборудована системой продувок газосбросных магистралей и дожигающих устройств инертным газом (например, азотом), анало-

гичной системе продувок при газосбросе без дожигания, и системой дистанционного управления процессом поджигания.

5.7.3.9 Последовательность операций при газосбросе с дожиганием:

- продувают подводящую газосбросную магистраль и дожигающее устройство азотом с учетом требований [24];
- после окончания продувки дистанционно включают в работу систему зажигания;
- подают водород в газосбросную магистраль и на дожигающее устройство и производят воспламенение выбрасываемого водорода;
- контролируют воспламенение выбрасываемого водорода;
- после загорания основного факела выключают систему поджигания;
- проводят сброс и дожигание газа;
- прекращают подачу водорода на дожигание;
- продувают подводящую газосбросную магистраль и дожигающее устройство азотом и закрывают продувку.

Примечание — Для исключения возможности «взрывного» воспламенения сбрасываемого водорода при ошибках оператора, управляющего процессом дожигания, целесообразно использовать в цепях системы управления блокировку открытия клапана подачи водорода на дожигатель. Клапан может быть открыт только после включения в работу системы поджигания.

5.7.3.10 Расход азота на продувку при сбросе водорода с дожиганием одинаков с расходом азота при сбросе водорода без дожигания.

5.7.3.11 При дожигании водорода в течение длительного времени с кратковременными перерывами необходимо в течение всего периода газосброса производить постоянную подачу азота в основание вертикального участка трубы газосброса или ствола факельного устройства с расходом, не влияющим на стабильность горения факела системы зажигания. Поджигающее устройство в этом случае может работать как в течение всего периода сброса (например, дежурный факел), так и включаться в работу перед проведением каждого цикла подачи газа на дожигание.

5.7.3.12 Температура и расход водорода на дожигание не ограничиваются. Выбор их величины обосновывается разработчиком системы.

Примечание — В исключительных случаях допускается проводить сброс водорода в атмосферу с разбавлением его инертным газом (например, азотом). Количество азота на разбавление и безопасные расстояния в этом случае выбираются в соответствии с СП 162.1330610.

5.7.3.13 Выброс водорода в атмосферу воздуха, ракетно-космических комплексов в зонах пуска ракеты, аэродромов и в районах прохождения авиационных трасс должен производиться только с дожиганием или утилизацией его паров.

Выброс водорода в атмосферу воздуха ракетно-космических комплексов при подготовке к работе с РН или РБ (заполнение хранилища, хранение жидкого водорода и пр.) может производиться без дожигания.

5.7.3.14 Газосброс водородсодержащих продувочных газов, образующихся при очистке полостей от водорода продувкой или полосканием (в основном азотом) или при замене теми же способами азотной среды на водородную производится через те же газосбросные устройства, что и для водорода.

5.7.3.15 При выпуске смеси водорода с азотом в воздух считается безопасной смесь, содержащая 8 % объема водорода в азоте и менее.

5.7.4 Неконтролируемый газосброс через предохранительные устройства

5.7.4.1 Неконтролируемый газосброс осуществляется, как правило, через специальные предохранительные устройства (предохранительные клапаны, разрывные мембраны и т. п.) с отведением газа в безопасное место.

Допускается производить неконтролируемый сброс газа через штатную газосбросную систему, если она может полностью пропустить расход газа, образующегося в элементах криогенных систем в результате их неисправности или аварии.

5.7.4.2 На выходе из газосбросных трубопроводов после предохранительных клапанов резервуаров хранилищ и других элементов систем хранения рекомендуется устанавливать патрубки, формирующие струю сбрасываемого газа с направлением истечения вертикально вверх.

5.7.4.3 Выходное сечение патрубка неконтролируемого сброса должно быть расположено в этом случае на высоте не менее 5d (d — диаметр выходного сечения патрубка) выше самой верхней точки

резервуара и окружающих объектов, попадающих в опасную зону струи сбрасываемого газа с учетом сноса ее ветром.

5.7.4.4 Для устройств неконтролируемого газосброса с диаметром выходного сечения 30 мм и меньше допускается выведение их над объектами с направлением истечения вниз под углом к горизонту (принцип «газового затвора») и отведением струи в безопасную для объектов сторону. Расстояние от выходного сечения до защищаемого оборудования, окружающих объектов и мест расположения обслуживающего персонала в этом случае должно быть не менее 400 *d*, где *d* — диаметр выходного сечения концевого патрубка.

5.7.4.5 Постоянная продувка устройств неконтролируемого газосброса инертным (негорючим) газом не обязательна. Целесообразно один раз в смену продувать системы газосброса инертным газом.

Примечание — Газосброс из транспортируемых и транспортных цистерн должен соответствовать настоящему стандарту.

5.7.4.6 Пары водорода при осуществлении неконтролируемого газосброса в районе аэродромов и авиационных трасс полета следует отводить по магистрали на газосбросное устройство с дожиганием.

5.8 Требования к тепловой изоляции

5.8.1 Теплоизоляционная защита оборудования, предназначенного для работы с жидким водородом, может быть вакуумной (вакуумная, порошково-вакуумная, экранно-вакуумная) или газонаполненной.

5.8.2 Материалы, применяемые в этих изоляциях, должны обладать термостойкостью и устойчивостью структуры при резких колебаниях температуры, не взаимодействовать с металлическими поверхностями оборудования.

Материалы для вакуумной изоляции должны выполняться из негорючих и трудногорючих материалов. Использование горючих материалов допускается при наличии экспериментальных данных, подтверждающих их безопасное применение в данных условиях, полученных специализированной организацией.

Газонаполненные изоляции (пенопласты, нанесенные непосредственно на холодную поверхность и надежно с ней сцепленные либо имеющие гарантированную защитную атмосферу из инертного газа) могут выполняться из горючих материалов, защищенных герметичным негорючим покрытием, исключающим возможность подсоса и конденсации наружного воздуха в массе изоляции.

5.8.3 В качестве материалов для вакуумной и газонаполненной тепловой изоляции рекомендуется применять алюминиевую фольгу, стеклоткани, стеклохолсты, металлизированную в вакууме полиэтилентерефталатную пленку, аэрогель, перлит, перлит с бронзовой пудрой, нювель и т. п.

Примечание — Изоляция автоцистерн должна выполняться в соответствии с требованиями настоящего стандарта. При выборе рекомендуется учитывать характеристики, указанные в [25].

5.9 Требования к защите от коррозии и окраске

5.9.1 Наружные поверхности оборудования, трубопроводов и металлоконструкций должны быть защищены от внешней коррозии.

5.9.2 За состоянием оборудования, работающего в условиях, вызывающих коррозию, необходимо устанавливать специальный надзор путем периодического осмотра и определения при ремонтах величины износа. Результаты проверки состояния оборудования должны записываться в специальный журнал или карту ремонта.

5.9.3 Защитная окраска, покрытие и нанесение не вакуумной изоляции следует производить только после технического освидетельствования и испытания оборудования.

5.9.4 Окраска трубопроводов или цветная маркировка должна быть единой для всего предприятия.

Окраска оборудования и основных трубопроводов должна выбираться в соответствии с указаниями ГОСТ 14202, СП 4.13130, [26].

5.10 Монтаж и прием в эксплуатацию оборудования и трубопроводов

5.10.1 Общие требования

5.10.1.1 Монтаж оборудования и трубопроводов должен удовлетворять требованиям ГОСТ 34347, [7], [8], [27]—[29], специальным ведомственным нормам и техническим условиям, а также требованиям, предусмотренным инструкциями заводов — изготовителей оборудования.

5.10.1.2 Работы по монтажу оборудования должны быть организованы и проведены в соответствии с проектами производства работ (ППР). Состав и порядок разработки ППР определяется согласно инструкции [30].

5.10.1.3 К сварочным работам на водородных системах допускаются сварщики, прошедшие аттестацию в соответствии с правилами [31].

5.10.1.4 Все внутренние поверхности оборудования и систем водорода перед монтажом должны быть тщательно очищены от механических и других загрязнений.

5.10.1.5 Перед монтажом всю арматуру следует расконсервировать, отревизовать, смонтировать и испытать в соответствии с требованиями технической документации (руководством по эксплуатации арматуры). Для проведения работ на монтажной площадке должен быть организован участок, оснащенный соответствующим оборудованием, инструментом и приборами.

5.10.1.6 Арматура подлежит испытанию на прочность и герметичность, проверке на работоспособность, регулировке. Проверяется герметичность затвора и других уплотнений как в арматуре, так и в приводах, а также производится проверка работоспособности и регулировка приводов. Испытание собранной арматуры на прочность производится пробным давлением в соответствии с указаниями технической документации по эксплуатации арматуры, а на герметичность — воздухом или азотом (при расчетном давлении) с соблюдением мер безопасности в отношении содержания азота в воздухе помещения (контроль содержания кислорода в атмосфере помещений).

Примечание — У дроссельной, регулирующей и предохранительной арматуры выходная полость испытывается выходным рабочим давлением.

5.10.1.7 Предохранительные клапаны, опломбированные заводом-изготовителем, перед монтажом должны быть проверены и отрегулированы на давление настройки срабатывания клапанов. Проверку настройки предохранительных клапанов необходимо осуществлять или в составе системы, или на специальном стенде. После проверки предохранительные клапаны должны быть вновь опломбированы. Для проверки настройки предохранительного клапана между ним и трехходовым клапаном необходимо предусмотреть штуцер подачи газа.

5.10.1.8 Все аппараты и сосуды перед монтажом должны быть осмотрены, расконсервированы, обезжирены до остаточного содержания жировых загрязнений ≤500 мг/м^2, очищены от механических примесей и испытаны пневматически на давление согласно указаниям проекта. При этом необходимо принять меры, гарантирующие безопасность проведения указанных испытаний.

Присутствие механических примесей не допускается. Установка фильтра с заданной тонкостью фильтрации обязательна. Контроль — визуальный и методом протирки.

Если какой-либо аппарат или сосуд при транспортировании (разгрузке) поврежден, то принимается специальное решение о возможности и условиях его дальнейшей эксплуатации.

Если проводились гидравлические испытания аппаратов и сосудов, то они должны быть очищены (если позволяет конструкция) и тщательно просушены.

5.10.1.9 Оборудование после монтажа подлежит испытанию на прочность и герметичность коммуникаций и арматуры в соответствии с технической документацией.

5.10.1.10 Необходимость холодной опрессовки жидким азотом оборудования, предназначенного для жидкого водорода, определяется в каждом конкретном случае организацией — разработчиком оборудования.

5.10.1.11 По окончании монтажных работ и проведения испытаний должны быть составлены акты готовности.

5.10.2 Требования к монтажу трубопроводов

5.10.2.1 Монтаж и сварку трубопроводов высокого и низкого давления, предназначенных для водорода, следует выполнять в соответствии с требованиями правил [7].

5.10.2.2 Монтаж и приемка вакуумных трубопроводов должны производиться в соответствии с [29].

5.10.2.3 Внутренние поверхности всех кожухов и трубопроводов, а также наружные поверхности внутренних трубопроводов для жидкого водорода перед монтажом должны быть очищены от масла и других загрязнений по технологии предприятия-изготовителя.

5.10.2.4 Сборку кожухов трубопроводов для жидкого водорода необходимо производить в условиях, исключающих возможность загрязнения и замасливания их в процессе сборки. Количество масла на внутренней поверхности кожуха не должно превышать 500 мг/м^2.

5.10.2.5 Все газопроводы для водорода после окончания монтажа следует подвергать наружному осмотру и испытанию на прочность, за исключением газопроводов низкого давления, работающих под давлением от 0,095 МПа (0,95 кгс/см^2) (абс.) до 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2) (изб.), которые подлежат только испытанию на герметичность.

5.10.2.6 Вид испытания и испытательное давление должны указываться в проекте для каждого газопровода с учетом указаний правил [7].

5.10.2.7 Испытание, промывку и продувку смонтированных газопроводов необходимо выполнять в соответствии с указаниями правил [7].

5.10.2.8 Внутренние трубопроводы для жидкого водорода до изоляции и заварки кожуха, а также стыковые соединения должны быть испытаны на прочность пневматически или, в исключительных случаях, гидравлически в соответствии с указаниями в чертежах.

5.10.2.9 После испытания на прочность производится пневматическое испытание на герметичность давлением, указанным в чертеже.

5.10.2.10 Допускается проводить предварительные холодные опрессовки трубопроводов для жидкого водорода жидким азотом.

5.10.2.11 При сдаче в эксплуатацию оборудования и систем должна быть предъявлена документация в соответствии с требованиями СП 34.13330, СП 162.1330610, техническими условиями на монтаж оборудования заводов-изготовителей и нормами на тоннажные и специальные строительные работы, а также предъявлены регламенты и инструкции по обслуживанию оборудования и систем.

6 Требования к электрооборудованию и электроосвещению

6.1 Общие требования

6.1.1 Электрооборудование взрыво- и пожароопасных помещений, и наружных установок должно соответствовать требованиям [32]—[36], а также требованиям настоящего стандарта.

6.1.2 В помещениях, где возможно выделение водорода, как правило, следует устанавливать только те элементы электрооборудования, которые непосредственно связаны с технологическими установками, например, концевые выключатели клапанов, некоторые датчики и т. п. Они должны быть взрывозащищенными. Остальные электрические аппараты, а также усилительную и коммутационную аппаратуру измерительных систем следует располагать в отдельных помещениях, изолированных от взрывоопасных.

6.1.3 Проектирование и устройство электроосвещения производят в соответствии с действующими правилами СП 52.13330, [12], [32], СП 162.1330610.

6.2 Требования к исполнению электрооборудования

6.2.1 Выбор исполнения электрооборудования, располагаемого во взрывоопасных помещениях, должен соответствовать указаниям главы 7.3 правил [32].

6.2.2 Аппараты, средства автоматизации и сигнализации, устанавливаемые во взрывоопасных помещениях и установках, должны иметь взрывобезопасный уровень электрозащиты.

6.2.3 Электрическая аппаратура с искробезопасным видом взрывозащиты может устанавливаться на щитах открыто.

6.2.4 Для подключения искробезопасной аппаратуры должны предусматриваться отдельные пломбируемые клеммные шкафы и кабельные линии. Шкафы должны удовлетворять требованиям правил [32].

6.3 Требования к электропроводке и кабельным линиям

6.3.1 Выбор и устройство электропроводок и кабельных линий следует производить в соответствии с указаниями правил [32].

6.3.2 Электропроводки, выполненные изолированными проводами и в стальных трубах, должны удовлетворять требованиям норм [35].

6.3.3 Монтаж электрооборудования и проводок необходимо выполнять в соответствии с требованием инструкции [34].

6.4 Требования к защитному заземлению

6.4.1 Устройство защитного заземления электрооборудования необходимо выполнять в соответствии с правилами [32].

6.4.2 Заземление взрывозащищенного электрооборудования должно выполняться в соответствии с требованиями инструкции по монтажу и эксплуатации завода-изготовителя на данный тип изделия.

6.5 Требования к молниезащите и защите от статического электричества

6.5.1 Устройства молниезащиты должны выполняться в соответствии с требованиями [35].

6.5.2 Защиту оборудования от статического электричества следует производить в соответствии с действующей нормативной документацией РФ, правилами [32] и приложением Б настоящего стандарта.

6.6 Прием в эксплуатацию и эксплуатация электрооборудования

6.6.1 Прием электрооборудования в эксплуатацию осуществляется комиссией, назначенной руководством предприятия.

6.6.2 При сдаче электрооборудования в эксплуатацию комиссии должна быть представлена техническая документация в соответствии с инструкцией [35], инструкциями заводов-изготовителей, актом замеров сопротивлений изоляции и заземлений, нормами СП 30.13330 и другими действующими нормативными документами РФ.

6.6.3 Эксплуатацию взрывозащищенного электрооборудования необходимо производить по утвержденным инструкциям, разработанным в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей.

7 Контрольно-измерительные приборы, автоматика, производственная сигнализация и связь. Системы противоаварийной автоматической защиты

7.1 Общие требования

7.1.1 Проектирование, монтаж и эксплуатация оборудования и приборов, систем измерения, автоматизации, связи, телевидения и сигнализации должны отвечать требованиям [12], [32] и настоящему разделу.

7.1.2 Измеряемые параметры и требования к точности измерительных приборов, предназначенных для контроля за технологическими параметрами блоков ожижения водорода, стационарных и транспортных резервуаров, трубопроводов и другого оборудования для водорода, должны соответствовать требованиям инструкций по эксплуатации.

7.1.3 Измерительные приборы, не отвечающие требованиям правил [12], [36] в части взрывозащиты, следует устанавливать в изолированных от взрывоопасной среды помещениях.

Допускается установка таких приборов внутри герметичных шкафов, в которых постоянно поддерживается избыточное давление инертного газа, удовлетворяющих требованиям правил [12].

7.1.4 Все электроприборы и щиты, независимо от применяемого напряжения, подлежат заземлению.

7.1.5 Автоматические клапаны должны иметь автоматическую сигнализацию срабатывания. Сигнализация выносится на центральный щит управления.

7.1.6 В производственных помещениях, в местах возможного выделения водорода необходимо устанавливать автоматические сигнализаторы наличия водорода в воздухе. Сигнализаторы должны срабатывать при достижении определенного содержания водорода в воздухе и не должны реагировать на изменение концентрации кислорода и наличие гелия в контролируемой газовой среде.

7.1.7 Для агрегатов управления и автоматического регулирования следует предусматривать специальные установки и сети азота с параметрами азота не ниже 2 сорта по ГОСТ 9293.

7.1.8 В помещениях, где возможно скопление азота и других инертных газов, необходимо устанавливать автоматические газоанализаторы для контроля содержания кислорода.

Отбор азота из этих сетей для технологических нужд не допускается. Разрешается для нужд КИПиА использовать сжатый азот из технологических установок, если его давление будет постоянным.

7.1.9 Все производственные помещения, связанные с получением, хранением и применением водорода, необходимо оборудовать системами связи и сигнализации.

7.1.10 Телефонные аппараты, извещатели, дистанционные мобильные аппараты, а также громкоговорящие устройства, устанавливаемые во взрывоопасных помещениях, должны удовлетворять требованиям главы 7.3 правил [12].

7.1.11 Телефонная связь всегда должна находиться в исправном состоянии, доступ к средствам связи должен быть свободным, у каждого телефонного аппарата должны быть вывешены номера телефонов пожарной охраны, газоспасательной службы и медпункта.

7.1.12 Техническое обслуживание электрической пожарной сигнализации должно осуществляться профессиональными специалистами.

7.1.13 Проверку работоспособности электрической пожарной сигнализации необходимо производить ежемесячно.

7.1.14 Ремонт взрывозащищенных контрольно-измерительных приборов следует производить в соответствии с требованиями правил [33].

7.1.15 Системы ПАЗ должны быть разработаны, смонтированы и эксплуатироваться в соответствии с действующей нормативной документацией РФ.

7.2 Требования к контролю и автоматизации технологических процессов при производстве и применении водорода

7.2.1 Технологический процесс, связанный с хранением и использованием жидкого водорода, на вновь создаваемых производствах должен быть максимально автоматизирован, а на существующих — насколько это позволяет используемое оборудование. Для реализации технологического процесса оборудование следует оснащать всеми необходимыми контрольно-измерительными приборами, регуляторами и средствами защитной блокировки и сигнализации.

7.2.2 Обязательному контролю подлежат:

- температура во время процессов, протекающих в аппаратах, работающих при низких и высоких температурах;
- давление в аппаратах, работающих при избыточном давлении или разрежении;
- уровень жидкости в аппаратах, работающих под давлением, без переливных труб;
- содержание водорода в резервуарах и аппаратах;
- содержание кислорода и других примесей в водороде;
- вакуум в теплоизоляционном пространстве трубопроводов и резервуаров для жидкого водорода;
- содержание водорода в воздухе рабочей зоны;
- давление командного газа для управления пневмогидравлической арматурой.

7.2.3 Технологический процесс хранения и использования жидкого водорода должен быть оснащен системой аварийной защиты. Система аварийной защиты должна реализовывать изначально принятый алгоритм действий при достижении предельных величин следующих аварийных параметров:

- превышение или падение установленного давления;
- падение или превышение уровня жидкости в аппарате;
- прекращение подачи рабочего газа для контрольно-измерительных приборов;
- прекращение подачи рабочих продуктов на установку;
- нарушение режима обогрева или охлаждения аппаратуры, работающей при температуре жидкого азота и водорода.

Определение соответствующих нештатных ситуаций и указание действий по выходу из них должно производиться по соответствующим производственным инструкциям.

8 Транспортирование жидкого водорода. Требования к эксплуатации систем транспортирования

8.1 Порядок проведения технологических операций в системах транспортирования жидкого водорода

Системы транспортирования жидкого водорода включают в себя:

- цистерны (в т. ч. контейнеры-цистерны, танк-контейнеры), предназначенные для перевозки жидкого водорода автомобильным, водным и железнодорожным транспортом;
- трубопроводы жидкости и паров;
- оборудование сливно-наливных устройств станций наполнения (слива) жидкого водорода, предназначенное для заполнения цистерн жидким водородом и его слива.

При эксплуатации систем транспортирования жидкого водорода необходимо выполнять следующие основные операции:

- подготовку цистерн к наполнению жидким водородом;
- наполнение цистерн жидким водородом;
- транспортирование цистерн к потребителю;
- приемку и слив жидкого водорода у потребителя;
- возврат цистерн на станцию наполнения;
- периодический отогрев цистерн — полный или частичный;
- технологический газосброс водорода.

8.2 Подготовка цистерн к наполнению жидким водородом

8.2.1 При подготовке цистерн к наполнению жидким водородом осуществляется их очистка от кислорода и других примесей:

- полосканием (операция набора и сброса давления);
- продувкой;
- вакуумированием;
- любой комбинацией полосканий, продувки и вакуумирования.

8.2.2 Подготовка полосканием требует установки на все тупиковые объемы индивидуальных продувочных клапанов. Допускается наличие тупиковых и застойных зон в системах, не имеющих индивидуальных продувочных клапанов, с суммарным объемом, наличие воздуха в котором не может увеличить содержание примесей в системе перед заполнением жидким водородом более чем на 20 %, по сравнению со значением, если бы этот объем был подготовлен в соответствии с настоящим стандартом.

8.2.3 Подготовка продувкой обеспечивает очистку с меньшими затратами газа (по сравнению с полосканием). Требование к наличию застойных зон в этом случае то же, что и при подготовке систем методом полосканий.

При подготовке трубопроводов методом продувки боковые ответвления от продуваемой магистрали размером до трех диаметров трубы не считаются тупиковыми зонами независимо от их ориентации и до 10 диаметров — при их горизонтальном расположении и направленном вверх.

8.2.4 Подготовка к наполнению вакуумированием является наиболее эффективной для систем, имеющих глубокие тупики, из которых нет индивидуального сброса газа.

8.2.5 При подготовке систем к наполнению следует учитывать следующие возможные состояния наполняемых цистерн:

- теплое, когда внутренний сосуд имеет температуру, равную температуре окружающей среды или близкую к ней, и внутри находится воздух или азот;
- холодное, когда внутренний сосуд имеет температуру ниже 90 К и внутри находится газообразный или жидкий водород;
- после частичного отогрева, когда внутренний сосуд имеет температуру, равную или выше 90 К, и в нем находится газообразный водород.

8.2.6 Подготовка систем к наполнению из теплого состояния

8.2.6.1 Подготовка к наполнению из теплого состояния проводится, когда цистерны поступают на станцию наполнения после ремонта, освидетельствования или полного отогрева.

8.2.6.2 По прибытии цистерн на станцию наполнения необходимо:

- проверить сопроводительную документацию;

- провести контроль технического состояния цистерн в соответствии с эксплуатационной документацией;

- подсоединить цистерны к коммуникациям и оборудованию станции наполнения, обеспечивающим их подготовку к заполнению жидким водородом, заполнение жидким водородом и контроль над проведением этих операций;

- проверить герметичность мест стыковки цистерн с коммуникациями станции наполнения.

8.2.6.3 При проверке герметичности мест стыковки наддувают подстыковочные участки коммуникаций азотом до их рабочего давления (но не выше рабочего давления цистерны). Падение давления в коммуникациях не должно превышать 0,001 МПа (0,01 кгс/см^2) в мин.

Примечание — Если подстыковочные коммуникации оборудованы средствами индивидуальной опрессовки, падение давления в течение 3 мин не допускается.

8.2.6.4 Наддув подстыковочных участков коммуникаций азотом для проверки их герметичности (в случае, когда операции подготовки резервуаров к заправке, заправка резервуаров жидким водородом, их опорожнение и т. д. проводятся под давлением ниже рабочего, что гарантируется средствами станции наполнения при опорожнении резервуаров) следует производить до максимального давления, которое возможно в системе при проведении этих технологических операций.

8.2.6.5 В зимнее время, когда наддув подстыковочных коммуникаций может осуществляться азотом с температурой более высокой, чем температура окружающего воздуха, контрольное измерение темпа падения давления в подстыковочных коммуникациях следует производить через 20—30 мин после их наддува.

8.2.6.6 При проверке герметичности мест стыковки цистерны со сливными коммуникациями станции наполнения следует принять меры по предотвращению попадания азота в криогенный трубопровод жидкого водорода станции наполнения (слива).

8.2.6.7 При проверке герметичности цистерны следует:

- сбросить давление в подстыковочных коммуникациях до 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) (изб.), открыть клапаны, соединяющие цистерну с продувочными коммуникациями станции наполнения, и наддуть ее до рабочего давления азотом. Закрыть клапаны, соединяющие цистерну с продувочными коммуникациями станции наполнения, и сбросить давление в подстыковочных участках этой коммуникации до 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2);

- провести осмотр и при отсутствии явных течей выдержать цистерну под рабочим давлением в течение времени, необходимого для замера падения давления. Оно не должно превышать значения, указанного в эксплуатационной документации. Проверка герметичности может быть осуществлена также методом обмыливания;

- открыть клапаны, соединяющие цистерну с газосбросной коммуникацией станции наполнения, и сбросить давление в цистерне до 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2), после чего клапаны закрыть;

- открыть клапаны, соединяющие цистерну с коммуникациями налива и наддува.

В зимнее время, когда цистерна может наддуваться азотом с температурой более высокой, чем температура окружающего воздуха, контрольное измерение давления следует производить через промежуток времени от 1,5 до 2 часов после его наддува.

8.2.6.8 После проверки герметичности подстыковочных коммуникаций и цистерны приступают к дальнейшей подготовке цистерны и коммуникаций к заполнению жидким водородом; при этом учитывают, что они уже один раз заполнялись азотом до рабочего давления при проверке герметичности.

8.2.6.9 При подготовке цистерн со сливными и газосбросными коммуникациями методом полосканий необходимо:

- заменить смесь кислорода с азотом (воздух) во внутреннем сосуде на азот с содержанием примеси кислорода не более 3,0 %, для чего следует наддуть сосуд азотом до выбранного давления, но не выше рабочего и ниже давления жидкого водорода в криогенном трубопроводе станции наполнения на 0,01 МПа (0,1 кгс/см^2);

- сбросить давление до 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) (газ наддува должен поступать в верхнюю часть внутреннего сосуда, а сбрасываться из нижней части (или наоборот));

- производить операцию набора и сброса давления один или несколько раз до снижения концентраций примеси кислорода во внутреннем сосуде до требуемого значения, при этом число полосканий определяется давлением, до которого наддувается сосуд (зависимость числа полосканий от давления наддува и давления после сброса представлена в таблице В.1);

- взять анализ на содержание кислорода во внутреннем сосуде в последнем полоскании перед сбросом давления; оно должно быть не более 3,0 % (анализ берется из верхней и нижней части сосуда) и если содержание кислорода не превышает 3,0 %, то давление в нем нужно сбросить до 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) и приступить к водородной подготовке;

- заменить азот во внутреннем сосуде на газообразный водород с содержанием примеси кислорода не более $3 \cdot 10^{-4}$ % и азота не более $2 \cdot 10^{-3}$ % методом наддува цистерны до выбранного давления, но не выше рабочего, и ниже давления в криогенном трубопроводе жидкого водорода на 0,1 МПа (0,1 кгс/см^2), а затем сбросить давление до 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) (газ наддува должен поступать в верхнюю часть внутреннего сосуда, а сбрасываться из нижней части);

- повторить операцию несколько раз до снижения концентрации кислорода и азота до требуемых значений (при этом число полосканий определяется значением давлений наддува) после сброса и начальной концентрацией примесей; зависимость числа полосканий от начальной концентрации кислорода и давления наддува — в соответствии с рисунком В.1;

- взять анализ на содержание кислорода и суммы примесей при последнем наддуве перед сбросом давления, при этом анализ берется из нижней и верхней части сосуда и если примесь кислорода не превышает $3 \cdot 10^{-4}$ %, азота $2 \cdot 10^{-2}$ %, то давление сбросить до 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2); если содержание примеси кислорода выше $3 \cdot 10^{-4}$ % или азота выше $2 \cdot 10^{-2}$ %, то полоскания продолжить с взятием анализа при каждом наддуве цистерны.

Примечания

1 При замене смеси кислорода с азотом (воздуха) во внутреннем сосуде на азот для цистерн с рабочим давлением выше 0,25 МПа (2,5 кгс/см^2) наддувать их до давления выше 0,2—0,25 МПа (2,0—2,5 кгс/см^2) нецелесообразно.

2 Если приняты специальные меры, предотвращающие попадание газа наддува в криогенный трубопровод станции наполнения (например, рассечка со сбросом газа в атмосферу), то выполнять требования о превышении давления в криогенном трубопроводе станции наполнения необязательно.

3 Здесь и далее конечное содержание примесей в газообразном водороде перед заполнением цистерн жидкостью дано для случая работы с водородом марки «Б». Содержание примесей в газообразном водороде перед заполнением цистерн жидким водородом марки «А» не более:

(O_2+Ar) — $1 \cdot 10^{-4}$ %;	CH_4 — $1 \cdot 10^{-3}$ %;
N_2 — $3 \cdot 10^{-3}$ %;	He — $1 \cdot 10^{-3}$ %;
CO — $1 \cdot 10^{-3}$ %;	влаги — $1 \cdot 10^{-4}$ %.

8.2.6.10 При подготовке цистерн к заполнению методом продувки после выполнения операций в соответствии с 8.2.6.2—8.2.6.7 необходимо:

- произвести замену смеси кислорода с азотом во внутреннем сосуде на азот с содержанием примеси кислорода не более 3,0 % продувкой цистерны азотом, при этом первый анализ на содержание примеси кислорода брать после того, как через цистерну пройдет объем азота, соответствующий данным таблицы В.2; анализ брать из верхней и нижней частей внутреннего сосуда (газ продувки должен поступать в верхнюю часть внутреннего сосуда, а сбрасываться из нижней или наоборот);

- продуть газообразным водородом после снижения во внутреннем сосуде концентрации кислорода до 3,0 %, при этом подавая газ сверху и удаляя снизу сосуда до снижения в его нижней части содержания примеси кислорода до значения не более $3 \cdot 10^{-4}$ % и азота не более $2 \cdot 10^{-2}$ %; при этом первый анализ на содержание кислорода и азота брать, после того как через цистерну пройдет объем газообразного водорода, определяемый в соответствии с рисунком В.3; в ходе очистки методом продувки давление в цистерне не должно падать ниже 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) и повышаться выше рабочего давления и должно быть ниже давления в трубопроводе жидкого водорода на 0,01 МПа (0,1 кгс/см^2).

8.2.6.11 Подготовка цистерн к заполнению жидким водородом путем вакуумирования и комбинацией вакуумирования с полосканием или продувкой должна производиться следующим образом:

- сбрасываю давление во внутреннем сосуде до атмосферного и откачивают до остаточного давления, принятого в качестве предельного при использовании вакуумных насосов, предназначенных для откачки только негорючих газов, после выполнения операций в соответствии с 8.2.6.2—8.2.6.7.

Примечание — Предельное остаточное давление при вакуумировании выбирается с учетом герметичности запорной арматуры и узлов стыковки, но не должно быть выше 400 Па (3 мм рт. ст.);

- отключают средства откачки и наддувают цистерну газообразным водородом до давления, необходимого для взятия анализа, но не ниже 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2), берут анализ на содержание кислорода и азота;

- производят методом полосканий или продувки газообразным водородом дальнейшую очистку цистерны в соответствия с 8.2.6.9; 8.2.6.10; ориентировочное число полосканий или объем продуваемого газа и ориентировочное время продувки, необходимое для снижения концентрации кислорода в цистерне до $3 \cdot 10^{-4}$ %, следует выбирать согласно рисункам В.1 и В.2;

- начинают откачку водорода из цистерны (после наддува) при давлении во внутреннем сосуде выше атмосферного, но не больше 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2), если имеются средства откачки водорода (вакуумные насосы и др.).

Примечание — Для получения характеристики по вакуумной плотности конкретной системы требуется провести проверку герметичности системы под рабочим давлением в соответствии с 8.2.6.2—8.2.6.7 и устранить обнаружение течи;

- производят вакуумирование системы до необходимого остаточного давления и замеряют время откачки, при этом значение остаточного давления выбирается с учетом герметичности запорной арматуры и узлов стыковки, но должно быть не выше 1333 Па (10 мм рт. ст.);

- производят очистку цистерны методом повторных вакуумирований и наполнений после каждого вакуумирования газообразным водородом до содержания примеси кислорода в нем не более $3 \cdot 10^{-4}$ % и азота не более $2 \cdot 10^{-2}$ %; производят эту операцию при остаточном давлении меньше 133,3 Па (1 мм рт. ст.) два раза; при остаточном давлении от 133,3 до 1333 Па (от 1 до 10 мм рт. ст.) три раза, в зависимости от значения предельного остаточного давления, достигнутого при откачке;

- проводят анализ газа на содержание примеси кислорода и азота после проведения указанной кратности вакуумных откачек и в случае превышения содержания примеси кислорода $3 \cdot 10^{-4}$ % и азота $2 \cdot 10^{-2}$ % повторяют операцию вакуумирования до получения этих значений.

Примечания

1 Полученные данные по времени откачки, достигнутому остаточному давлению и кратности вакуумирования принимаются в дальнейшем за норму для системы.

2 Если при повторной подготовке цистерн с помощью вакуумной системы за определенное в ходе первой проверки время не достигается требуемое остаточное давление, необходимо искать течи в системе или неисправности в насосах.

3 Если герметичность системы не позволяет получить необходимую чистоту указанным методом, то окончательная очистка достигается методом полосканий или продувок.

Конкретная технология подготовки систем к заполнению жидким водородом методом вакуумирования разрабатывается предприятием — разработчиком систем.

8.2.6.12 Операции по проверке герметичности цистерн в соответствии с 8.2.6.3 и 8.2.6.7 могут быть проведены предварительно на отдельной площадке.

8.2.6.13 Если на отдельной площадке были произведены операции в соответствии с 8.2.6.3—8.2.6.7 и операции по снижению концентрации кислорода в резервуаре до 3,0 %, а остальные операции по подготовке резервуара к наполнению производятся непосредственно на станции наполнения, то проверка герметичности мест стыковки цистерны с коммуникациями станции наполнения должна производиться в соответствии с 8.2.6.3—8.2.6.6.

8.2.6.14 Если все операции по подготовке цистерн к наполнению были выполнены на отдельной площадке, то перед проверкой герметичности мест стыковки цистерны с коммуникациями наполнения подстыковочные участки коммуникаций продуть десятикратным объемом азота, а затем двадцатикратным объемом газообразного водорода. Давление в подстыковочных участках коммуникаций при продувке должно быть на 0,01 МПа (0,1 кгс/см^2) ниже давления в цистерне и криогенном трубопроводе жидкого водорода.

После проверки герметичности мест стыковки в соответствии с 8.2.6.3—8.2.6.6 путем наддува подстыковочных участков газообразным водородом следует взять анализ на содержание кислорода и азота в коммуникациях. Если содержание примеси кислорода более $3 \cdot 10^{-4}$ %, а азота более $2 \cdot 10^{-2}$ %, необходимо продолжить продувку, доведя содержание кислорода и азота до указанных значений.

Окончив операцию подготовки подстыковочных участков коммуникаций, поднять в них давление до давления в цистерне и соединить их полости с полостью цистерны.

8.2.6.15 Если при подготовке к наполнению непосредственно на станции наполнения методом продувки или полосканием нельзя выполнить условие, чтобы давление в цистерне было на 0,01 МПа (0,1 кгс/см^2) ниже давления в криогенном трубопроводе жидкого водорода, и нельзя принять других мер, предотвращающих попадание газа очистки в криогенный трубопровод жидкого водорода станции наполнения, то подстыковку цистерны к сливным коммуникациям станции наполнения производят в

соответствии с 8.2.6.14 после окончания всех операций по подготовке цистерны к наполнению жидким водородом.

8.2.6.16 Результаты подготовки цистерны к наполнению заносятся в рабочий журнал цистерны. Перечень значений параметров устанавливается эксплуатационной документацией предприятия — разработчика цистерн и нормативными документами предприятия — изготовителя жидкого водорода и потребителя.

В журнал обязательно заносится содержание примесей в газе во внутреннем сосуде по окончании подготовки его к наполнению, а также параметры в соответствии с таблицей Г.1.

8.2.7 Подготовка цистерны к наполнению из холодного состояния

8.2.7.1 При подготовке цистерны к наполнению из холодного состояния необходимо;

- подсоединить цистерну к коммуникациям и оборудованию станции наполнения, обеспечивающим подготовку подстыковочных участков коммуникаций к наполнению цистерны жидким водородом и контроль над проведением этих операций;
- очистить подстыковочные участки коммуникаций и проверить герметичность мест стыковки в соответствии с 8.2.6.3—8.2.6.6.

8.2.7.2 После проведения операций по 8.2.7.1 сбросить давление в цистерне до 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) (если оно выше этого значения) и открыть клапаны, соединяющие ее со сливно-наливными устройствами станции наполнения.

8.2.7.3 При возвращении паров водорода на производство в процессе наполнения цистерны конечное содержание кислорода и азота после очистки подстыковочных участков газосбросных коммуникаций определяется требованием производства.

8.2.8 Подготовка систем к наполнению жидким водородом после частичного отогрева

По прибытии цистерн на станцию наполнения от потребителя после частичного отогрева с температурой выше 90 К проводится анализ газа на содержание примесей. При содержании примеси кислорода не более $3\cdot10^{-4}$ %, а азота не более $2\cdot10^{-2}$ % операции по подготовке цистерны к наполнению жидким водородом производятся в соответствии с 8.2.7. При содержании примеси кислорода более $3\cdot10^{-4}$ % или азота более $2\cdot10^{-2}$ % проводят операции в соответствии с 8.2.6.14, а далее открывают клапаны, соединяющие подстыковочные участки коммуникаций с цистерной, и методом полосканий или продувки снижают содержание примеси кислорода в цистерне и коммуникациях до $3\cdot10^{-4}$ % и азота до $2\cdot10^{-2}$ %.

Число полосканий представлено на рисунке В.1 и В.2. Объем газа продувки определяют в соответствии с рисунком В.3. Измеренный суммарный расход газа продувки приводят к температуре выходящего из резервуара газа.

8.3 Наполнение цистерн жидким водородом

8.3.1 Наполнение цистерн жидким водородом осуществляется от установки ожижения или из резервуаров хранилища. Наполнение жидким водородом проводится через фильтр, тонкость очистки водорода в котором должна удовлетворять требованиям, предъявляемым к конкретным криогенным системам потребителя.

8.3.2 Наполнение цистерн от установки ожижения с учетом подготовки к наполнению производится в следующем порядке:

- в подготовленной к наполнению цистерне устанавливают давление 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2);
- открывают клапаны на заправочной магистрали и начинают наполнение цистерны, открыв одновременно клапан на линии газосброса отходящих паров водорода; давление в цистерне в процессе наполнения не должно падать ниже 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) и возрастать выше рабочего.

Скорость наполнения регулируется степенью открытия клапана в соответствии с технологическим режимом ожижителя. За максимальной степенью заполнения цистерны, указанной в технической документации, следят по уровнемеру.

8.3.3 Степень заполнения цистерны выбирается таким образом, чтобы при нагреве жидкости до температуры, равновесной давлению открытия предохранительного клапана, жидкость не заполнила внутренний сосуд более, чем на 98 %. Зависимость степени заполнения от давления, обеспечивающая наличие паровой фазы в сосуде, приведена на рисунке В.4.

8.3.4 После наполнения цистерны жидким водородом систему следует выдержать до стабилизации тепловых потерь, после чего провести дозаправку. Время выдержки указывается в технической документации на цистерну. После дозаправки перекрывают заправочный клапан на цистерне и ото-

гревают подстыковочные участки сливной коммуникации путем продувки газообразным водородом от 5 до 10 мин. Перед отстыковкой цистерны от заправочных коммуникаций подстыковочные участки последних продувают десятикратным объемом азота. Давление в подстыковочных участках сливных коммуникаций при продувке азотом должно быть на 0,01 МПа (0,1 кгс/см^2) ниже давления в цистерне и трубопроводе жидкого водорода станции наполнения.

8.3.5 Перед отправлением цистерны к потребителю необходимо провести анализ жидкого водорода на содержание примесей (с записью результатов в паспорте на отгружаемый продукт), сбросить давление до 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) и отстыковать цистерну от газосбросных коммуникаций станций наполнения. Предварительно проводят продувку подстыковочных участков в соответствии с требованиями 8.3.4.

Примечания

1 Сброс давления из цистерны до 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) проводить не обязательно, если потребитель находится в пределах одного предприятия.

2 При отсутствии средств отбора и анализа жидкого водорода качество продукта в цистерне подтверждается паспортом, оформленным в соответствии с ГОСТ Р 56248.

3 Если потребитель и производитель жидкого водорода находятся в пределах одного предприятия, оформление документов, подтверждающих качество продукта, определяется данным предприятием.

8.3.6 Отстыковка цистерны от коммуникаций продувок станции наполнения производится так же, как и отстыковка от газосбросных коммуникаций станции наполнения в соответствии с 8.3.4.

Наполнение цистерны переливом из другого резервуара (расходного) производится в следующем порядке:

- проводят анализ жидкого водорода в расходном резервуаре и подтверждают качество жидкого водорода в соответствии с ГОСТ Р 56248 или ГОСТ Р ИСО 14687-1;
- устанавливают требуемое давление в подготовленном к переливу расходном резервуаре;
- открывают сливной клапан расходного резервуара и начинают заполнение состыкованной с ним цистерны. Выход на требуемую скорость перелива и регулировка расхода жидкого водорода осуществляется изменением давления в расходном резервуаре. За степенью заполнения резервуара наблюдают по уровнемеру;
- открывают клапан на линии газосброса непосредственно после подачи жидкого водорода;
- давление в заправляемой цистерне должно быть не менее 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) и не более рабочего.

8.3.7 При наполнении цистерны с меньшим рабочим давлением, чем рабочее давление расходного резервуара, наддув последнего выше предельно допустимого давления заправляемой цистерны не допускается.

Выполнение этого условия необязательно, если приняты специальные меры для предотвращения повышения давления в заправляемой цистерне выше рабочего.

8.3.8 После наполнения необходимо записать в рабочий журнал цистерны результаты анализа жидкого водорода в расходном резервуаре. При отсутствии средств пробоотбора и анализа записать в рабочий журнал номер паспорта, заправленного жидкого водорода согласно ГОСТ Р 56248.

8.3.9 Измерение давления в изоляционном пространстве резервуаров производится в сроки и по инструкции завода-изготовителя, а также по мере необходимости (увеличение темпа роста давления во внутреннем сосуде, случайные внешние повреждения кожуха и т. п.).

8.4 Транспортирование цистерн с жидким водородом к потребителю

8.4.1 Транспортирование на дальние расстояния осуществляют в авто- или железнодорожных цистернах или в специальных контейнерах. Транспортирование проводят в сопровождении бригады обслуживания цистерн, контейнеров. Маркировка транспортируемых цистерн и контейнеров — по ГОСТ 19433. Жидкий водород может храниться в цистернах и контейнерах, размещаемых на специальной площадке. Транспортируемые сосуды должны соответствовать требованиям правил безопасности [8], [17], [18] и иметь эффективную тепловую изоляцию, обеспечивающую минимальную испаряемость жидкого водорода от внешнего теплопритока, системы подготовки к заполнению, наполнения, слива и безопасного дренажа паров водорода. Во избежание загрязнения жидкого водорода его транспортирование проводят под избыточным давлением не ниже 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2).

8.4.2 Транспортирование цистерн с жидким водородом должно производиться согласно [17], [18]—[22], [37], [38].

8.4.3 При транспортировании железнодорожным транспортом жидкий водород следует перевозить в сопровождении бригады обслуживания. Бригада обслуживания, составленная из расчета не менее двух человек в смену, периодически ведет наблюдение за цистернами. Периодичность наблюдения определяется технической характеристикой цистерн и устанавливается ответственным за транспортирование, но должна быть не реже четырех раз в сутки. На бригаду обслуживания возлагаются обязанности по предупреждению и ликвидации возможных неполадок в пути следования и ведение записей о ходе транспортирования в рабочем журнале.

8.4.4 На стоянке, предусмотренной графиком движения, измеряют давление в каждой цистерне. Эту операцию следует производить в начале стоянки и далее во время стоянки не реже одного раза в час. Результаты заносят в рабочий журнал.

8.4.5 Бригада обслуживания железнодорожных цистерн должна следовать в отдельном вагоне, входящем в состав поезда, транспортирующего жидкий водород.

8.4.6 В случае длительных стоянок при приближении давления к рабочему следует проводить сброс давления из цистерны через БГсУ согласно 8.8.2.

8.5 Приемка цистерн и слив жидкого водорода у потребителя

8.5.1 Приемку цистерн с жидким водородом на территории потребителя производит представитель заказчика с участием представителя поставщика жидкого водорода (старшего бригады сопровождения в случае железнодорожной перевозки).

Примечание — В случае сопровождения цистерн бригадой потребителя приемку жидкого водорода производят только на площадке поставщика, дальнейшую ответственность за транспортирование и качество водорода изготовитель в этом случае не несет.

8.5.2 Приемку должны выполнять не позднее 10 часов с момента прибытия цистерн на станцию назначения.

8.5.3 Для слива жидкого водорода следует:

- подстыковать цистерну к коммуникациям слива, газосброса и наддува (если цистерна наддувается от постороннего источника газа);
- подготовить подстыковочные участки коммуникаций в соответствии с 8.2.6.14;
- произвести слив жидкого водорода в соответствии с основными положениями, изложенными в нормативной документации и в технической документации изготовителя (перелив из резервуара в цистерну).

В зависимости от того, в каком состоянии цистерна должна возвращаться на станцию наполнения, жидкий водород сливается либо полностью, либо в ней оставляют гарантийный остаток;

- после окончания слива цистерну отсоединить от коммуникаций слива в соответствии с 8.3.4 и коммуникаций наддува, предварительно продув подстыковочные участки этой коммуникации водородом, а затем десятикратным объемом газообразного азота.

8.5.4 Гарантийный остаток жидкого водорода определяется в процессе испытаний цистерн на маршруте или расчетом на основании тепловых характеристик.

8.5.5 Если цистерна возвращается на станцию наполнения с гарантийным остатком, то перед ее отстыковкой необходимо сбросить давление во внутреннем сосуде до 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) и отстыковать цистерну от газосбросных коммуникаций согласно 8.3.5.

8.5.6 Если цистерна возвращается на станцию наполнения без гарантийного остатка, то перед ее отправкой необходимо:

- сбросить давление в цистерне до 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2);
- выдержать цистерну в течение времени, требуемого для испарения остатка жидкого водорода. О наличии жидкости в цистерне судить по температуре внутреннего сосуда, измеряемой по датчикам температуры, имеющимся в конструкции цистерны;
- сбросить давление в цистерне до 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2), отстыковать цистерну от газосбросных коммуникаций согласно 8.3.5 и отправить на станцию наполнения.

Для цистерн, не имеющих температурного датчика на внутреннем сосуде, о наличии жидкости нужно судить по темпу роста давления (по показаниям манометра, 8.6.3).

8.5.7 В том случае, когда давление во внутреннем сосуде, прибывшей к потребителю цистерны, ниже 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) или падало в процессе транспортирования ниже этого значения, следует провести контроль качества жидкости и при содержании примесей, не превышающих значений, указанных в ГОСТ Р 56248 или ГОСТ Р ИСО 14687-1, слить водород у потребителя.

Если средства пробоотбора и анализа отсутствуют или анализ жидкости показал, что содержание примесей в водороде больше значений, указанных в ГОСТ Р 56248 или ГОСТ Р ИСО 14687-1, продукт не может быть принят потребителем.

В этом случае, если у потребителя имеется газосбросная система, обеспечивающая испарение жидкого водорода с последующим безопасным сбросом его паров в атмосферу, необходимо выдавить водород в эту систему. Несливаемый остаток испарить естественным путем. После испарения жидкости следует продолжить, отогрев путем продувки цистерны азотом до температуры не ниже 90 К.

Если газосбросной системы у потребителя нет или техническое состояние цистерны не позволяет выдавить водород в такую систему, необходимо провести отогрев естественным путем до полного испарения в ней жидкости, удаляя образующиеся пары или через БГсУ, или через специальный стояк с отведением паров в безопасное место. После испарения жидкости продолжить отогрев путем продувки цистерны азотом до температуры не ниже 90 К. По окончании операции отогрева до 90 К следует взять анализ на содержание водорода во внутреннем сосуде и, в случае необходимости, продолжить продувку до содержания водорода не более 0,4 %. В таком состоянии цистерну после соответствующей записи в ее рабочем журнале и составления акта можно без бригады обслуживания отправлять на станцию наполнения.

8.6 Возврат цистерн на станции наполнения

8.6.1 Транспортирование опорожненных цистерн от потребителя на станцию наполнения производится либо с гарантийным остатком жидкого водорода, либо без него. Выбор способа транспортирования зависит от его длительности, технической характеристики цистерн, опыта эксплуатации и определяется технико-экономическими расчетами и безопасностью транспортирования. Во всех случаях должны соблюдаться правила, изложенные в 8.4.

8.6.2 По прибытии на станцию наполнения необходимо проверить техническое состояние цистерны, давление во внутреннем сосуде, наличие гарантийного остатка, наличие и правильность заполнения сопроводительной документации и т. д.

8.6.3 Для цистерн без температурного датчика во внутреннем сосуде о наличии гарантийного остатка можно судить по темпу роста давления в процессе транспортирования. После полного испарения темп роста давления в цистерне падает. Данные о темпе роста заносят в рабочий журнал.

8.6.4 Если цистерна прибывает на станцию наполнения с гарантийным остатком или с температурой внутренней стенки сосуда не выше 90 К, а давление не падало в ней ниже 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2), то такая цистерна может быть направлена на повторную заправку с подготовкой в соответствии с 8.2.7. Разрешается пятикратная заправка таких цистерн без частичного отогрева (до температуры не ниже 90 К).

После пяти заправок цистерна подлежит частичному отогреву с последующей подготовкой к наполнению в соответствии с 8.2.8.

Если регулярно, после пятикратной оборачиваемости цистерны между поставщиком и потребителем, результаты анализов при частичных отогревах показывают, что содержание кислорода не превышает $3 \cdot 10^{-4}$ % и азота $2 \cdot 10^{-2}$ %, то число ездок без отогрева может быть увеличено (см. 8.7.11).

Примечание — При возможности проведения контроля качества жидкого водорода вопрос о периодичности частичного отогрева решается по результатам анализа жидкости. В том случае, если результаты анализов (не менее трех проб) жидкого водорода из цистерны подтверждают, что содержание примесей в жидком водороде ниже предела их насыщения (при параметрах опорожнения), то частичный отогрев цистерны можно не проводить.

8.6.5 Если внутренний сосуд цистерны отогрелся до температуры выше 90 К, а давление в ней не падало ниже 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2), необходимо взять из верхней и нижней части внутреннего сосуда анализ на содержание примеси кислорода и азота. Результаты анализа занести в рабочий журнал. Такая цистерна подлежит повторной заправке с подготовкой в соответствии с 8.2.8.

8.6.6 Если в цистерне, прибывшей на станцию наполнения, давление падало ниже 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2), то она подлежит отогреву, продувке и, при необходимости, ремонту.

8.7 Периодический отогрев цистерн

8.7.1 Периодический отогрев цистерн производится для контроля накопления и удаления примесей, восстановления вакуума в изоляционном пространстве, ремонта цистерн и их технического освидетельствования.

8.7.2 В зависимости от своего назначения отогрев может быть полным или частичным.

Частичный отогрев цистерны осуществляется до 90 К и производится для контроля содержания примеси кислорода и его удаления.

Полный отогрев производится до температуры, близкой к температуре окружающей среды, и осуществляется для восстановления вакуума в изоляционном пространстве, ремонта цистерны и ее технического освидетельствования.

8.7.3 Периодичность отогрева для восстановления вакуума в изоляционном пространстве цистерны и ее технического освидетельствования устанавливается заводом—изготовителем цистерны и указывается в эксплуатационной документации.

8.7.4 Цистерны могут быть отогреты как естественным путем, так и искусственно.

Полный отогрев производится, как правило, искусственным путем, за исключением тех случаев, когда время отогрева не лимитируется.

8.7.5 Частичный отогрев естественным путем производится с закрытым газосбросом. В процессе отогрева контролируются давление в цистерне и температура внутреннего сосуда. По мере роста давления и температуры производится сброс газа из цистерны. Если цистерна поступила на отогрев с температурой внутреннего сосуда ниже 45 К, то первый газосброс следует произвести при этой температуре, а интервал температур от 45 до 90 К пройти без газосброса. Газосброс производят из верхней части внутреннего сосуда до давления 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2). Перед каждым газосбросом необходимо брать анализ на содержание кислорода и азота из верхней и нижней части внутреннего сосуда.

Результаты анализов заносят в рабочий журнал с указанием давления в цистерне и температуры внутреннего сосуда, при которых они производились.

8.7.6 Если цистерна не снабжена температурным датчиком, то контроль за частичным отогревом следует вести по температуре, периодически сбрасываемого газа. Отогрев ведется до тех пор, пока температура сбрасываемого газа на выходе не достигнет 150 К. Остальные операции производят в соответствии с 8.7.5.

8.7.7 Искусственный частичный отогрев цистерн может быть осуществлен двумя способами:

- периодическим наддувом и сбросом греющего газа (водорода);
- непрерывной продувкой греющим газом.

8.7.8 Искусственный частичный отогрев периодическим наддувом и сбросом газа следует производить следующим образом:

- наддувают цистерну теплым газообразным водородом до рабочего давления;
- выдерживают не менее 15 мин;
- сбрасывают греющий газ из цистерны до давления 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2).

Эти операции повторяют до тех пор, пока температура внутреннего сосуда не достигнет 90 К. Перед каждым газосбросом берут анализ на содержание кислорода и азота из верхней и нижней части внутреннего сосуда. В рабочий журнал заносят результаты анализов, температуру внутреннего сосуда и давление, при которых производился анализ.

8.7.9 Если цистерна не снабжена температурным датчиком и отогревается в соответствии с 8.7.8, то частичный отогрев заканчивается, когда температура сбрасываемого газа достигнет 150 К.

8.7.10 Искусственный частичный отогрев путем непрерывной продувки теплым газообразным водородом осуществляется при наличии температурного датчика на стенке внутреннего сосуда. Цистерна продувается газообразным водородом при давлении не ниже 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) до температуры 90 К, при этом водород подается в верхнюю часть внутреннего сосуда и удаляется из нижней. По окончании частичного отогрева следует взять анализ газа из верхней и нижней части сосуда на содержание кислорода и азота. Результаты анализов заносят в рабочий журнал.

8.7.11 Если регулярно, после пятикратной оборачиваемости цистерны между станцией наполнения и потребителем (одними и теми же), результаты частичных отогревов, произведенных в соответствии с 8.7.5, 8.7.6, 8.7.9, показывают, что концентрация примеси кислорода не превышает $3 \cdot 10^{-4}$ % и азота $2 \cdot 10^{-2}$ %, то число ездок между станцией наполнения и потребителем без частичного отогрева допускается увеличивать вдвое.

Если после пятикратной ездки цистерны между станцией наполнения и потребителем без частичного отогрева концентрация после отогрева превышает $3 \cdot 10^{-4}$ % по кислороду и $2 \cdot 10^{-2}$ % по азоту, то необходимо установить причины увеличения содержания примесей в цистерне и их устранить. При повторном увеличении содержания примесей, несмотря на принятые меры, число ездок без частичного отогрева между станцией наполнения и потребителем следует сократить до двух.

Если после пятикратной ездки цистерн без частичного отогрева концентрация по кислороду увеличивается до $1 \cdot 10^{-3}$ %, то следует прекратить транспортирование водорода и выяснить причину столь сильного загрязнения.

8.7.12 При полном отогреве цистерны начальная стадия отогрева (до 90 К) производится согласно 8.7.5—8.7.10. После достижения внутренним сосудом температуры 90 К, в зависимости от конкретных условий и принятой технологии, либо продолжается отогрев теплым газообразным водородом до температуры, близкой к температуре окружающей среды, с последующей его заменой газообразным азотом, либо такая замена производится на более низком температурном уровне и дальнейший отогрев ведется с использованием в качестве теплоносителя газообразного азота. Конечное содержание водорода в газообразном азоте на должно превышать 0,4 %.

При замене газообразного водорода азотом методом полосканий ориентировочное число полосканий, необходимое для достижения требуемой концентрации водорода, указано в таблице В.3. Объем продуваемого газа при проведении аналогичной операции продувкой приведен в таблице В.4. При полосканиях и продувке азот следует подавать в нижнюю часть сосуда и сбрасывать из верхней (или наоборот), а давление в цистерне при проведении этих операций не должно падать ниже 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2). После достижения содержания в азоте газообразного водорода не более 0,4 % проводится, в случае необходимости, замена азота на воздух.

8.7.13 Как частичный, так и полный отогрев цистерны искусственным путем может быть осуществлен также с помощью различных циркуляционных схем, обеспечивающих безопасность проведения процесса, в котором газ, пройдя через теплообменники, используется для отогрева цистерны.

8.8 Технологический газосброс водорода из цистерн

8.8.1 Сброс газообразного водорода из цистерн производится в пути следования, на стоянках и в местах слива-налива цистерн.

8.8.2 Газосброс водорода в пути следования и на стоянках производится через специальные устройства (типа БГсУ), обеспечивающие при заданном расходе газосброса из цистерны такие размеры опасной зоны струи, при которых она не достигает:

- контактных проводов электровозной тяги;
- элементов подвижного состава, находящегося на соседних путях;
- автотранспорта, движущегося по шоссе и стоящего на стоянках;
- мест нахождения обслуживающего персонала.

8.8.3 В местах слива-налива жидкого водорода газосброс из цистерн следует производить через газосбросные коммуникации сливно-наливных эстакад.

8.8.4 Сброс газообразного водорода из цистерн производится без дожигания, а последовательность технологических операций аналогична последовательности операций газосброса без дожигания из систем хранения.

8.8.5 Температуру газа на выходе в атмосферу следует поддерживать на уровне не ниже 90 К.

9 Требования к эксплуатации систем хранения

9.1 Порядок проведения технологических операций

9.1.1 При эксплуатации систем хранения жидкого водорода необходимо выполнять следующие основные технологические операции:

- подготовку системы хранения к наполнению;
- наполнение резервуара;
- хранение;
- выдачу жидкого водорода потребителю (полная или частичная);
- дозаправку резервуара хранилища;
- периодический отогрев резервуара, полный или частичный;
- технологический газосброс водорода.

9.1.2 Перечисленные в 9.1.1 операции (за исключением операций «хранение», «технологический газосброс» и «периодический отогрев резервуара, полный или частичный») должны осуществляться в соответствии с 8.2.1—8.3 с дополнениями по 8.5.3 относительно выдачи продукта потребителю и по 8.6.4 относительно дозаправки резервуара хранилища. При проведении указанных операций давление

в системе хранения не должно падать ниже 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2). В резервуаре с жидким водородом, находящемся в режиме хранения, допускается на период хранения устанавливать давление меньше 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2), но не менее 0,015 МПа (0,15 кгс/см^2).

Примечание — При подготовке резервуаров к наполнению жидким водородом марки «Б» возможен контроль по примеси только кислорода. При подготовке стендовых резервуаров к однократному заполнению жидким водородом и кратковременному хранению при замене смеси азота с кислородом на газообразный водород допускается контроль только по кислороду до содержания примеси кислорода не более $2{,}3 \cdot 10^{-4}$ %. Технология такой подготовки для конкретных криогенных систем должна быть согласована с предприятиями — разработчиками стандарта.

9.2 Хранение

9.2.1 Хранение жидкого водорода в резервуарах осуществляется с периодическим или непрерывным газосбросом. В обоих случаях избыточное давление в процессе хранения не должно падать ниже (0,015 ± 0,005) МПа ((0,15 ± 0,05) кгс/см^2). При хранении с периодическим сбросом давления — темп сброса давления не более 0,01 МПа (0,1 кгс/см^2) в мин.

9.2.2 Степень заполнения резервуаров систем хранения определяется давлением срабатывания предохранительного клапана в соответствии с 8.3.3.

9.2.3 При хранении жидкого водорода после дозаправки, а также перед выдачей жидкого водорода потребителю, необходимо проводить его анализ. Допускается использование у потребителя жидкого водорода, выдаваемого из систем хранения, без проведения анализа. Чистота жидкого водорода, выдаваемого потребителю, определяется в этом случае расчетом. Методику расчета разрабатывает предприятие — разработчик системы хранения.

9.2.4 В случае несоответствия качества жидкого водорода требованиям потребителя (загрязнение при длительном хранении, возврат жидкости от потребителя) в системах хранения жидкого водорода может проводиться восстановление качества продукта. Указанная операция проводится с помощью очистных устройств (например, фильтров-адсорберов) как непосредственно при возврате от потребителя в системы хранения, так и в самих системах хранения, либо при переливе жидкости из одного резервуара в другой, либо с помощью различных насосно-циркуляционных схем.

9.2.5 Если резервуары для хранения жидкого водорода одновременно выполняют функции расходных резервуаров для охлаждения и выдачи потребителю водорода с температурой ниже 20,4 К, то в них допускается хранение жидкости под наддувом гелия или водорода. Технология эксплуатации систем, включающая в себя определение времени хранения жидкости в охлажденном состоянии, чистоту гелия наддува и т. п., разрабатывается предприятием — разработчиком систем и технологии. При разработке технологий работы таких систем особое внимание должно быть обращено на обеспечение безопасности.

9.3 Периодический отогрев резервуара, полный или частичный

Периодичность частичного отогрева резервуаров систем хранения регламентируется либо требованиями по ограничению количеств допустимых взрывоопасных примесей, накапливающихся в них, либо требованиями по содержанию примесей в жидком водороде, выдаваемом потребителю. Предприятие — разработчик системы хранения определяет предельно допустимые значения примесей, накапливающихся в резервуарах систем хранения, разрабатывает методику расчета их накопления (как в случае возможности взятия анализа, так и в случае отсутствия).

При отсутствии методики расчета накопления взрывоопасных примесей и анализа жидкости частичный отогрев резервуаров системы хранения следует производить после того, как через резервуар пройдет десятикратный объем жидкого водорода.

Примечание — Вместо частичного отогрева системы хранения жидкого водорода с целью удаления примесей отвержденных газов, которые могут накапливаться в системе в процессе длительного хранения, возможно проведение этой операции без отогрева путем их растворения в ненасыщенной жидкости при наличии в системе соответствующих средств ее очистки (например, адсорберов) и средств контроля чистоты жидкого водорода. Порядок проведения этой операции определяется специальными требованиями предприятия — разработчика систем хранения жидкого водорода и согласуется с предприятиями — разработчиками стандарта.

10 Дополнительные требования к эксплуатации систем хранения и выдачи охлажденного жидкого водорода

10.1 Дополнительные требования к оборудованию систем и эксплуатации

10.1.1 Системы хранения и выдачи охлажденного жидкого водорода должны быть оборудованы:

- средствами для продувок (полоскания) внутреннего сосуда и коммуникаций газообразными азотом и водородом;
- средствами для вакуумирования внутренних сосудов резервуаров-охладителей;
- газификаторами жидкого водорода и рампами для хранения запаса газообразных водорода и гелия, используемых для подготовки и наддува;
- средствами для отвода паров водорода из резервуара;
- системами измерения вакуума в изоляционном пространстве и внутреннем сосуде резервуара;
- системами измерения температуры жидкого водорода в резервуаре, стенки внутреннего сосуда резервуара и отходящих паров из него;
- системами измерения параметров работы охлаждающих устройств и циркуляции водорода;
- системами измерения содержания кислорода в газообразном азоте, азота и кислорода в газообразном водороде и гелии, водорода в газообразном азоте, а также содержания кислорода в водороде и гелии для работы в составе автоматических систем обеспечения безопасности;
- системами измерения содержания кислорода и азота в жидком водороде.

10.1.2 Дополнительными операциями при эксплуатации систем хранения и выдачи охлажденного жидкого водорода являются:

- охлаждение до температуры, равновесной атмосферному давлению;
- охлаждение и термостатирование до температуры ниже температуры кипения при атмосферном давлении.

Перечень основных контролируемых технологических параметров при эксплуатации систем хранения охлажденного жидкого водорода представлен в таблице Г.1.

10.1.3 Для проведения технологических операций в системах хранения охлажденного жидкого водорода используются:

- водород жидкий по ГОСТ Р 56248 марки А и марки Б;
- водород газообразный с содержанием примесей кислорода не более $5 \cdot 10^{-6}$ % по объему и азота не более $2 \cdot 10^{-4}$ % по объему и (или) водород, полученный путем газификации жидкого водорода марки Б (см. ГОСТ Р 56248) для наддува систем транспортирования и хранения, в которых используется жидкий водород марки Б;
- водород газообразный с объемным содержанием примесей не более:
  - кислород плюс аргон — $1 \cdot 10^{-6}$ %;
  - азот — $1 \cdot 10^{-5}$ %;
  - монооксид углерода — $1 \cdot 10^{-5}$ %;
  - метан — $1 \cdot 10^{-5}$ %;
  - гелий — $1 \cdot 10^{-4}$ %;
  - влажность — $1 \cdot 10^{-4}$ %

для наддува систем транспортирования и хранения, в которых используется жидкий водород марки А и (или) полученный путем испарения жидкого водорода марки А;

- водород газообразный для очистки и отогрева систем транспортирования и хранения с содержанием примесей на порядок меньше, чем требуемое содержание их перед заполнением транспортных цистерн и систем хранения жидкого водорода;
- азот газообразный по ГОСТ 9293, кроме третьего сорта;
- гелий газообразный технический (см. [39]) для продувок.

Дополнительно используется гелий газообразный технический (см. [39]) марки Б для проведения операций охлаждения барботажем и наддува.

10.1.4 Для исключения подсосов воздуха через неплотности обвязки резервуара с жидким водородом в процессе его охлаждения методом прямого вакуумирования в соответствии с условной схемой (см. приложение Д) к конструкции резервуара предъявляются дополнительные требования.

10.1.5 Запорная арматура на жидкостных, газовых и приборных коммуникациях резервуара должна быть установлена таким образом, чтобы поток газа и жидкости из резервуара попадал под клапан.

10.1.6 Не допускается наличие разъемных соединений на участках между указанной запорной арматурой и внутренним сосудом резервуара.

10.1.7 Предохранительные клапана (требования к предохранительным устройствам изложены в разделе 5 настоящего стандарта) должны иметь специальные исполнения, не допускающие натекания в резервуар атмосферного воздуха, либо технологически во время вакуумирования в линии газосброса за клапаном должна быть обеспечена атмосфера водорода, или необходимо установление мембраны между резервуаром и предохранительным клапаном.

10.1.8 Участки импульсных линий от границы кожуха резервуара до входных патрубков запорной арматуры следует защищать от попадания в них воздуха.

10.1.9 Линии подключения средств измерений (манометры, указатели уровня и др.) к резервуару должны иметь рассечки с поддувом водорода или гелия. При этом полость шпиндельной группы приварной арматуры со стороны сосуда должна быть обращена в сторону рассечки.

10.1.10 В процессе вакуумирования необходимо принимать меры для того, чтобы в участках трубопроводов за закрытой запорной арматурой, представленных в приложении Д, была обеспечена гарантированная атмосфера водорода (гелия).

10.2 Охлаждение до температуры, равновесной давлению 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) (сброс перегрева)

10.2.1 Операция осуществляется с целью снижения температуры жидкости в резервуаре до температуры, равновесной давлению 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2). При этом в процессе газосброса водорода в атмосферу должно быть выполнено требование 5.7.2.9.

10.2.2 Порядок выполнения операции газосброса должен соответствовать требованиям 5.7. После достижения допустимого давления в резервуаре газосброс закрывается.

10.2.3 Время выдержки резервуара при конечном давлении после окончания операции сброса перегрева должно быть минимальным.

10.3 Охлаждение и термостатирование жидкого водорода до температуры ниже температуры кипения при атмосферном давлении

10.3.1 Охлаждение жидкого водорода в резервуарах осуществляется:

- способом прямого вакуумирования;
- в теплообменнике, погруженном в ванну с термостатирующим, кипящим под вакуумом водородом;
- способом использования холода рефрижераторной установки;
- способом барботажа;
- в теплообменнике, погруженном в ванну с термостатирущим водородом, охлаждаемым методом барботажа.

10.3.2 Применение того или иного способа охлаждения определяется основными технико-экономическими показателями в условиях конкретных систем хранения и выдачи, их конструктивными особенностями и безопасностью проведения технологических операций.

10.3.3 Схема прямого вакуумирования показана на рисунке Ж.1.

10.3.3.1 Вакуумирование парового пространства резервуаров с жидким водородом может осуществляться или эжекторами, или механическими вакуумными насосами.

10.3.3.2 Если в качестве рабочего тела для эжекторов используется газообразный азот, то конструкция и режим работы эжекторов должны исключать проникновение азота в откачиваемую полость.

10.3.3.3 Используемые для откачки паров механические вакуумные насосы, должны быть специально предназначены для применения на водороде.

10.3.4 Схема охлаждения в теплообменнике, погруженном в ванну с термостатирущим, кипящим под вакуумом продуктом, приведенная на рисунке Ж.2, исключает ухудшение качества охлаждаемого продукта.

10.3.4.1 Остатки жидкого водорода из ванн-охладителей по окончании работы аппаратов подлежат испарению и сбросу в газосброс. Допускается возврат и повторное использование жидкого водорода при условии выполнения требований, изложенных в 10.1.3.

10.3.4.2 При реализации метода охлаждения в теплообменнике, погруженном в ванну с термостатирущим водородом, кипящим под вакуумом или охлаждаемым методом барботажа, предприятие — разработчик системы хранения и выдачи определяет предельно-допустимое количество взрывоопасных примесей, накапливающихся в резервуаре охладителя и змеевиках теплообменника, разрабатывает методику расчета накопления.

10.3.5 Схема охлаждения в теплообменнике, погруженном в ванну с термостатирующим водородом, охлаждаемым барботажем гелия в соответствии со схемой на рисунке Ж.3, не связана с понижением давления в охладителе ниже атмосферного.

10.3.6 Схема охлаждения способом барботажа на рисунке Ж.4 происходит под избыточным давлением и приводит к ухудшению качества охлаждаемого водорода из-за растворения в нем газообразного гелия и загрязнения продукта присутствующими в гелии примесями.

10.3.7 Схема с использованием внешнего охлаждения криогенными рефрижераторными установками конструктивно сложная, требует разработки и создания высокоэффективных и надежных холодильных газовых установок.

10.3.7.1 При использовании внешнего охлаждения регламентации подлежит допустимое накопление взрывоопасных примесей на внутренней и наружной поверхностях змеевика охлаждаемого продукта.

10.3.8 Циркуляционная схема термостатирования в соответствии с рисунком И.1 имеет в своем составе приемный резервуар, что позволяет поддерживать заданный уровень продукта в объекте термостатирования в течение необходимого времени.

10.3.8.1 Для обеспечения циркуляции жидкого водорода в системах термостатирования могут использоваться струйные насосы типа «жидкость—жидкость», а также механические насосы, специально предназначенные для работы на жидком водороде и отвечающие всем требованиям безопасности при работе с ним.

10.3.8.2 В ходе термостатирования в объекте должно поддерживаться избыточное давление не менее 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2), которое может поддерживаться как путем подачи в паровую подушку газообразного водорода или гелия по 10.1.3, так и конструктивными способами — путем оптимального расположения входного отверстия трубопровода слива на рисунке И.2 или подачи жидкости в объект термостатирования на рисунке И.2 для создания над ними несливаемого перегретого слоя жидкости.

10.3.8.3 Предприятие — разработчик системы хранения определяет предельно-допустимое содержание взрывоопасных и инертных примесей, накапливающихся в объектах термостатирования, и разрабатывает методику расчета их накопления.

10.4 Подготовка систем к работе с охлажденным жидким водородом

10.4.1 Все операции по подготовке резервуара к заполнению и дальнейшей работе с охлажденным продуктом осуществляются в соответствии с положениями раздела 8.

10.4.2 Проверка герметичности мест стыковки проводится в соответствии с 8.2.6.3—8.2.6.6.

10.4.3 Проверка герметичности резервуаров, предназначенных для работы под давлением ниже атмосферного, производится в два этапа. На первом этапе выполняются операции в соответствии с 8.2.6.3—8.2.6.6. На втором этапе проверки следует сбросить давление в резервуаре до атмосферного и с помощью имеющихся в составе системы штатных средств вакуумирования откачать внутренний сосуд до остаточного давления, принятого в качестве предельного. Затем необходимо выключить средства откачки, выдержать резервуар в течение времени, необходимого для замера количества натекающего воздуха. Натекание не должно превышать значения, указанного в эксплуатационной документации.

10.5 Наполнение резервуаров охлажденным жидким водородом

10.5.1 Операции по заполнению, хранению, выдаче жидкого охлажденного водорода потребителю, отогрев резервуаров должны осуществляться в соответствии с разделом 9.1.

10.5.2 Для поддержания избыточного давления более 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) в ходе перелива необходимо подавать в паровую подушку газообразный водород или гелий в соответствии требованиями, изложенными в 10.1.3.

11 Требования к станции наполнения и слива

11.1 В соответствии с требованиями, предъявляемыми подготовкой транспортных цистерн к наполнению их жидким водородом, станция наполнения должна быть оборудована:

- газификатором для удаления и испарения жидкого водорода из наполняемой цистерны в случае неполадок в ней (газ сбрасывается в цикл ожижения или на газосброс) или системой слива жидкого водорода в хранилище завода-изготовителя, если оно входит в состав завода;

- средствами для продувок (полосканий) внутреннего сосуда и коммуникаций газообразным азотом и водородом;
- средствами для вакуумирования внутреннего сосуда (если принят соответствующий способ подготовки);
- средствами для отвода паров водорода;
- измерительными системами вакуума в изоляционном пространстве;
- измерительными системами температуры внутреннего сосуда и отходящих паров из него;
- измерительными системами содержания кислорода в газообразном азоте, азота и кислорода в газообразном водороде, водорода в газообразном азоте;
- передвижной техпомощью (автомобильной или железнодорожной в зависимости от обеспечиваемых маршрутов), оснащенной необходимыми средствами для ремонта при ликвидации аварийных состояний цистерн в пути следования, имеющей запас азота, достаточный для продувки аварийной цистерны, запас газообразного водорода для продувок подстыковочных участков трубопроводов жидкого водорода, в случае необходимости перелива водорода из одной цистерны в другую. Передвижная техпомощь должна быть оборудована приборами для анализа содержания кислорода в газообразном водороде и газообразного водорода в азоте.

11.2 На станцию наполнения следует подавать:
- газообразный азот при температуре окружающей среды;
- газообразный водород при температуре окружающей среды;
- жидкий водород.

Чистота всех продуктов должна соответствовать 10.1.3.

11.3 Станцию слива у потребителя необходимо оборудовать:
- средствами для продувок коммуникаций азотом и водородом,
- средствами для наддува цистерн азотом и водородом;
- средствами для отвода паров водорода из цистерны в газосбросную систему;
- приборами и аппаратурой для анализа газов на содержание кислорода в азоте, азота и кислорода в газообразном водороде, водорода в азоте (после разработки прибора для анализа криогенных жидкостей требование подраздела распространяется и на анализ жидкостей);
- средствами для слива жидкого водорода из транспортной цистерны в газосбросную систему.

11.4 На станцию слива необходимо подавать:
- газообразный азот при температуре окружающей среды;
- газообразный водород при температуре окружающей среды.

Чистота продуктов должна соответствовать требованиям 10.1.3.

12 Консервация и ликвидация комплексов жидкого водорода

12.1 Временная консервация действующих или ликвидация действующих комплексов производится в следующих случаях:
- технический уровень не отвечает современным требованиям;
- капитальные вложения для ввода в действие комплексов жидкого водорода недостаточны;
- ликвидация производства.

12.2 Решение о консервации комплексов жидкого водорода принимается, как правило, одновременно с утверждением плана капитального строительства на планируемый год.

12.3 На основании принятого решения о консервации строящихся комплексов жидкого водорода издается приказ (распоряжение) о консервации строительства, в котором определяются сроки разработки документации, необходимой для проведения работ по консервации приостановленных строительством комплексов и обеспечению сохранности оборудования, конструкций и материалов, а также определяется организация, ответственная за сохранность этих объектов, оборудования, материалов.

12.4 Заказчик и подрядчик на основании приказа (распоряжения) о консервации строительства в месячный срок составляют:
- акт о приостановлении строительства с указанием в нем сметной стоимости объемов выполненных работ на объектах с приложением ведомостей на оборудование, конструкции и материалы, подлежащие консервации и передаче на строительство других объектов;
- перечень работ и затрат, необходимых для обеспечения сохранности законсервированных комплексов или их конструктивных элементов, не смонтированного оборудования, конструкций и неиспользованных материалов.

Указанный перечень составляется с участием проектной организации.

12.5 Комплексы жидкого водорода, строительство которых возобновляется после консервации, передаются подрядчику строительства по акту с указанием технического состояния на день передачи.

13 Требования пожарной безопасности. Организация пожарной безопасности

Общие положения по организации и выполнению требований пожарной безопасности при эксплуатации систем транспортирования и хранения жидкого водорода — в соответствии с [4], [5], ГОСТ 12.1.004, СП 112.13330.2011, СП 162.1330610, [40] и другими действующими нормативными документами РФ в области пожарной безопасности.

14 Индивидуальные средства защиты

14.1 Все работающие с газообразными и жидкими водородами, с газообразными и жидкими азотами и аммиаком должны быть обеспечены индивидуальными средствами защиты: спецодеждой, спецобувью и средствами защиты органов дыхания и глаз.

14.2 Работающим во взрывоопасных помещениях, а также в помещениях, где возможно выделение водорода, не разрешается применять спецодежду, изготовленную из материалов, образующих электростатические заряды.

14.3 Выдача, пользование, ремонт спецодежды, спецобуви и индивидуальных средств защиты должны осуществляться в соответствии с требованиями нормативной документации.

14.4 Цеховая администрация обязана снабжать рабочих спецодеждой и спецобувью, отвечающим и установленным стандартам.

14.5 Для защиты органов дыхания при содержании кислорода менее 19 % рекомендуется применять противогазы.

Примечания

1 При работах в газовых коллекторах, каналах, емкостях и т. п. следует пользоваться шланговыми противогазами ОШ-2 с принудительной подачей воздуха.

2 При систематическом выполнении газоопасных работ внутри аппаратов подачу воздуха к шланговым противогазам следует осуществлять централизованно через воздуховод со штуцерами для присоединения к ним шлангов.

3 В цехах, отнесенных к категории А, следует пользоваться шланговыми противогазами самовсасывающего типа (III-2) или с подачей воздуха воздуходувкой с ручным приводом. При пользовании шланговым противогазом с принудительной подачей воздуха типа III-2 с электродвигателем в нормальном исполнении воздуходувка и электродвигатель должны устанавливаться вне цеха или в помещении с нормальной средой.

4 В комплекте шлангового противогаза должен находиться предохранительный пояс с лямками и веревкой.

14.6 При работе в аппарате (кожухе), где возможны утечки водорода или азота, необходимо пользоваться только шланговым или кислородным изолирующим противогазом.

14.7 Персонал цехов должен быть обучен правилам обращения, ухода и применения противогазов путем прохождения обязательного технического минимума и систематического инструктажа работающих, включая обучение практическим навыкам надевания и пользования противогазом.

14.8 Администрация обязана вести учет выдачи и наблюдение за сроками действия противогазов, а также обеспечивать санитарные условия хранения их, дезинфекцию лицевых частей противогазов, проверку исправности коробок и т. п.

14.9 Для защиты от вредной пыли работающие должны обеспечиваться респираторами фабричного изготовления и иметь постоянный запас тампонов (вкладышей), а для защиты глаз и лица — предохранительными щитками или защитными очками с боковыми щитками.

14.10 В каждом пожаро- и взрывоопасном цехе необходимо хранить требуемое количество аварийного инструмента, аккумуляторных фонарей, спасательных поясов, аварийный запас противогазов, спецодежды и обуви. Они должны храниться в специальных шкафах при входе в опасные помещения. О месте их нахождения должны быть ознакомлены все работающие на объекте.

Ответственность за правильное использование защитных средств наравне с лицами, непосредственно выполняющими работу, возлагается на мастера и начальника участка (смены).

15 Допуск к работе, инструктаж и обучение рабочих и инженерно-технических работников

15.1 К работе, связанной с получением и использованием водорода, допускаются лица, достигшие 18-летнего возраста, прошедшие медицинскую комиссию и не имеющие противопоказаний к этим работам, обученные по специальной программе и сдавшие экзамены, прошедшие инструктаж по охране труда и противопожарной безопасности. Периодический медицинский осмотр работники должны проходить не менее одного раза в год.

15.2 К самостоятельной работе допускаются лица после прохождения на рабочем месте двухнедельной стажировки под руководством лиц, назначенных приказом по предприятию, (распоряжением по участку или другому производственному подразделению). Стажировка и допуск оформляются документально.

15.3 Программа для обучения рабочих безопасным методам выполнения работ должна утверждаться главным инженером предприятия. В программу включается подробное ознакомление с:

- технологическими процессами на данном участке и мерами безопасности при выполнении работ;
- устройством и порядком обслуживания оборудования;
- правилами пользования средствами индивидуальной и противопожарной защиты, соблюдения личной гигиены;
- производственными опасностями и вредностями;
- безопасными приемами работы и организацией рабочего места и культуры производства.

15.4 Ответственность за своевременное и качественное проведение инструктажа на рабочем месте возлагается на руководителя производственного участка.

15.5 Инструктаж по охране труда и противопожарной безопасности для работающих следует проводить не реже одного раза в квартал.

15.6 Аттестация работников на право эксплуатации водородного оборудования проводится до начала эксплуатации и в дальнейшем проверка знаний правил эксплуатации проводится в соответствии с требованиями действующей нормативной документации РФ в области промышленной и транспортной безопасности.

15.7 Лица, имеющие перерыв в работе более 30 дней, должны пройти повторный инструктаж по безопасному обслуживанию оборудования.

15.8 Каждый инструктаж необходимо оформлять записью в специальном журнале.

15.9 На каждом предприятии должен быть составлен и утвержден главным инженером перечень профессий, по которому в установленные сроки рабочие и инжнерно-технические работники подлежат обязательному обучению и аттестации по безопасным методам работы.

15.10 Руководители и специалисты предприятий должны проходить обучение и аттестацию по безопасным методам труда. Повторное обучение (переаттестация) заканчивается проверкой знаний требований охраны труда (аттестацией). Внеочередная проверка знаний требований охраны труда работников, независимо от сроков предыдущей проверки, проводится:

- при введении новых или внесении изменений и дополнений в действующие законодательные и иные нормативные правовые акты, содержащие требования охраны труда, при этом осуществляется проверка знаний только этих законодательных и нормативных правовых актов;
- при вводе в эксплуатацию нового оборудования и изменениях технологических процессов, требующих дополнительных знаний по охране труда работников. В этом случае осуществляется проверка знаний требований охраны труда, связанных с соответствующими изменениями;
- при назначении или переводе работников на другую работу, если новые обязанности требуют дополнительных знаний по охране труда (до начала исполнения ими своих должностных обязанностей);
- по требованию должностных лиц федеральной инспекции труда, других органов государственного надзора и контроля, а также федеральных органов исполнительной власти и органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации в области охраны труда, органов местного самоуправления, а также работодателя (или уполномоченного им лица) при установлении нарушений требований охраны труда и недостаточных знаний требований безопасности и охраны труда;
- после происшедших аварий и несчастных случаев, а также при выявлении неоднократных нарушений работниками организации требований нормативных правовых актов по охране труда;
- при перерыве в работе в данной должности более одного года.

15.11 Работы, оформленные по нарядам как особо опасные, должны выполняться только после проведения инструктажа и проверки знаний исполнителей.

Приложение А
(рекомендуемое)

Требования к конструкционным материалам

А.1 Конструкционные металлические материалы, рекомендуемые при изготовлении оборудования для жидкого водорода, должны удовлетворять следующим требованиям:

- сохранять пластичность и обладать высокой ударной вязкостью при рабочих температурах;
- выдерживать многократные резкие изменения температуры без существенного снижения прочности и пластичности;
- обладать по возможности небольшим относительным тепловым расширением и небольшой теплопроводностью;
- не иметь водородной хрупкости при рабочих температурах.

А.2 Испытания основного металла и сварного соединения на ударный изгиб следует выполнять при температуре минус 196 °С. Значения работы удара KV должны быть не менее 27 Дж или KU не менее 34 Дж.

А.3 Наиболее предпочтительными материалами для изготовления криогенного оборудования являются аустенитные стали и алюминиевые сплавы, а также материалы, изготовленные из нержавеющих сталей аустенитного класса, несклонных к межкристаллитной и точечной коррозии.

А.4 Медь и медные сплавы, применяющиеся для изделий, работающих в среде жидкого водорода, должны быть предварительно хорошо раскислены.

А.5 При изготовлении резервуаров для жидкого водорода рекомендуется применять следующие конструкционные металлы и сплавы (либо их аналоги):

- для внутреннего сосуда — аустенитные стали (12Х18Н10Т, 03Х18Н11 и др.), алюминиевые (АМг5 и др.);
- для внешнего сосуда (кожуха) — углеродистые и низколегированные стали (Ст 20, 09Г2С, 10Г2 и др.), алюминиевые сплавы (АМцС, АМг5 и др.);
- для изоляционных экранов — алюминий, медь.

А.6 Технологические трубопроводы для жидкого водорода (внутренние и внешние трубы) могут изготавливаться из аустенитных сталей и сплавов (12Х18Н10Т, 36НХ, 39Н и др.), алюминиевых сплавов (АД1, АМг3 и др.) либо из их аналогов.

А.7 Фланцы, крепежные и другие детали трубопроводов и изделий для жидкого водорода могут изготавливаться из стали 12Х18Н10Т, 07Х21Г7АН5, 08Х15Н24В4ТР, а также из латуни и алюминиевых сплавов либо из их аналогов.

А.8 Материалами для деталей трубопроводов, таких как мембраны, прокладки, пробки, детали тепловых мостов и т. д., могут служить алюминиевые сплавы АМг5, АМц, медь М2, М3, сталь 12Х18Н10Т (либо их аналоги).

А.9 Арматура для жидкого водорода может быть изготовлена из бронзы БрБ2, БрАЖМц10-3-1,5, алюминиевых сплавов АМг5, АМг6, АВ, АК6, АД1, латуни Л63, ЛЖМц 59-1-1, сталей 10Х11Н23Т3МР, 12Х18Н10Т, 03Х20Н16АГ6 (либо из их аналогов).

А.10 Материалы для прокладок:

- для газообразного водорода — неметаллические Ф-4, Ф4К20, фибра, ФПК, паронит 56 и металлы АД1, медь (либо их аналоги);
- для жидкого водорода — неметаллические Ф-4, фибра, АМН-23, АГ-4В, Ф4К20 (либо их аналоги) и металлические конические, выполненные по ГОСТ 19755.

А.11 В качестве смазок для арматуры жидкого и газообразного водорода применяются графит, ЦИАТИМ-221, КРИОГЕЛЬ (либо их аналоги).

А.12 Кроме металлических материалов, при изготовлении резервуаров, трубопроводов и других изделий для жидкого водорода могут применяться неметаллические материалы:

- стеклопластики на основе эпоксидных, фенольных, полиэфирных, кремнийорганических смол и их модификаций или аналогов (СТЭФ; СКТФ-5КТ; 27-63С, Г-4С и др.) для деталей тепловых мостов, нагруженных тепловых опор и других деталей;
- материалы на основе фторопласта-4 (или его аналога) для узлов трения, запорных узлов в качестве прокладочных материалов;
- клей на основе эпоксидных, полиуретановых, фенолформальдегидных смол и их модификаций (эпоксидный клей ЭПРБ, БФ-2, БФ-4 или аналогичные клеящие материалы) для приклеивания датчиков, арматуры управления, склеивания металлических и неметаллических конструкционных деталей, элементов изоляции и т. д.;
- поликарбонат ПК-ЛЭТ-7.0 (или его аналог).

Приложение Б
(рекомендуемое)

Рекомендации по защите от проявлений статического электричества

Б.1 Защита резервуаров хранилищ

Б.1.1 Для защиты от проявления статического электричества резервуары подлежат обязательному заземлению в двух крайних противоположных металлических опорных местах соединения внутреннего сосуда с наружным. Заземление резервуаров производится методом приварки шин из стали сечением не менее 48 мм^2 и толщиной не менее 4 мм. На резервуаре указывается место приварки шин или приваривается кусок шины длиной, удобной для приварки ответной заземляющей шины, имеющей соответствующую окраску и условное обозначение.

Б.1.2 Криогенный продукт следует загружать в резервуар вблизи дна.

Б.1.3 Отбор проб продукта из резервуаров во время их заполнения (слива) запрещается.

Отбор проб допускается производить не раньше, чем через 2 ч после прекращения движения продукта.

Б.2 Защита трубопроводов

Б.2.1 Для защиты от проявлений статического электричества подлежат обязательному заземлению все газовые и жидкостные трубопроводы, расположенные как внутри помещений, так и вне их.

Б.2.2 Приварка бобышек или припайка (приварка) полос заземления на трубопроводах с вакуумной изоляцией производится в местах контакта металлических тепловых мостов внутренней трубы с наружной (с соответствующей окраской и условным обозначением), но не более чем через каждые 100 м и на концах трубопроводов.

Б.2.3 Приварка бобышек или припайка (приварка) полос заземления на газовых или жидкостных невакуумных трубопроводах производится:

- при сварной сплошной прямолинейной трубе через каждые 100 м и на концах трубопроводов;
- при сварной сплошной непрямолинейной трубе в начале и конце трубы и в местах крутых изгибов, но не более чем через каждые 100 м.

Б.2.4 Между параллельными трубопроводами, находящимися на расстоянии свыше 100 мм, электрические перемычки необходимо выполнять через 100 м.

В местах сближения параллельных трубопроводов на расстоянии менее 100 мм перемычки выполняют через каждые 20 м.

Б.2.5 Прокладка трубопроводов и кабелей на расстоянии менее 3 м от контура заземления молниезащиты не допускается.

Б.2.6 В комплект защиты трубопроводов от проявлений статического электричества входят:

- приварные бобышки или пластины;
- заземляющая шина с кабельными наконечниками сечением не менее 6 мм^2;
- винты крепления заземляющей шины к бобышке и контуру заземления;
- шайбы под винты.

Б.3 Защита гибких шлангов

Б.3.1 Для защиты от проявлений статического электричества подлежат обязательному заземлению все гибкие сливо-наливные шланги.

Подсоединение к контуру заземления производится в начале и конце шлангов.

Б.3.2 В комплект защиты гибких шлангов от проявлений статического электричества входят:

- приварные бобышки или пластины;
- заземляющая шина с кабельными наконечниками сечением не менее 6 мм^2;
- винты крепления заземляющей шины к бобышке и контуру заземления;
- шайбы под винты.

Б.3.3 Все резиновые шланги должны иметь металлические наконечники, обвитые снаружи проволокой, припаянной (приваренной) к наконечникам шланга. К наконечникам шланга следует припаивать (приваривать) бобышку заземления.

Приложение В
(обязательное)

Определение числа полосканий и времени продувки резервуаров при различных условиях наддува, сброса и продувки

Таблица В.1 — Количество полосканий при замене воздуха в резервуаре на азот до достижения концентрации кислорода не более 3 %

Давление наддува, МПа (кгс/см^2), не менее	Число полосканий при давлении в резервуаре после газосброса, МПа (кгс/см^2)	
	0,03 (0,3)	0,015 (0,15)
0,10 (1,0)	6	5
0,15 (1,5)	4	3
0,20 (2,0)	3	3
0,25 (2,5)	3	3
0,30 (3,0)	3	2
0,35 (3,5)	2	2
0,40 (4,0)	2	2

В.1 Полоскание

В.1.1 При расчете числа полосканий принималось содержание кислорода в газе очистки (азоте) 1,0 % по объему.

В.1.2 При проведении полосканий в соответствии с 8.2.6.9 перед взятием анализа требуется проводить полосканий на одно меньше, чем представлено в таблице В.1, т. к. одно полоскание проведено при выполнении операций по 8.2.6.7.

В.2 Продувка

В.2.1 При расчете времени продувки принималось содержание кислорода в продувочном азоте 1 % по объему.

В.2.2 Объем продуваемого газа в объемах резервуара равен 3,67.

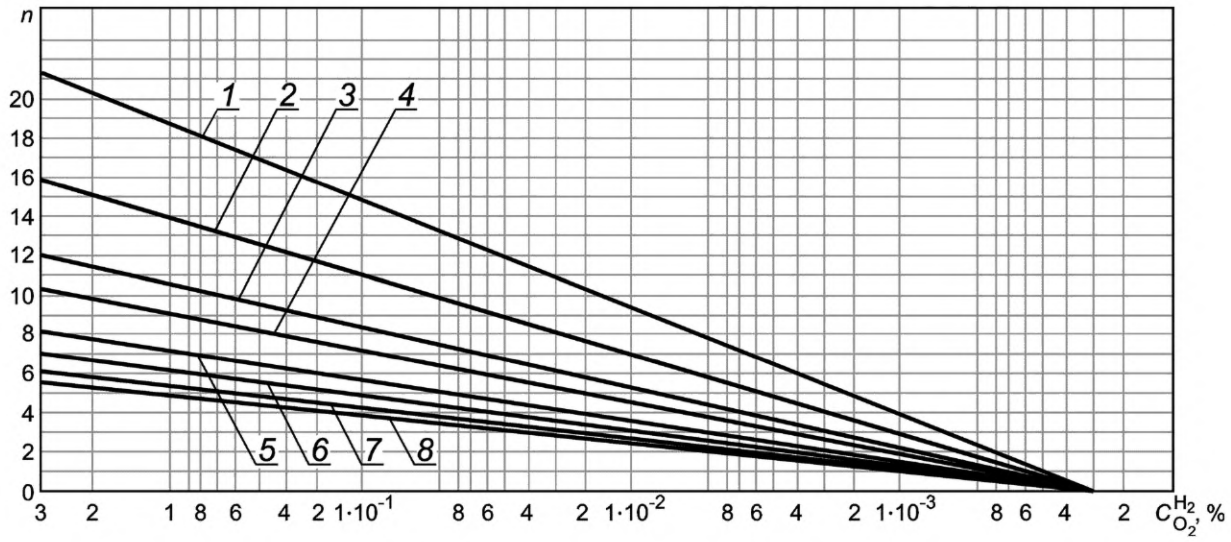
В.3 Зависимость числа полосканий (при замене азота во внутреннем сосуде на водород) от уровня концентрации кислорода в остающемся газе для различных значений давления наддува при двух разных конечных давлениях сброса представлено на рисунке В.1 — при $P_{сбр.}$ = 0,03 МПа; рисунке В.2 — при $P_{сбр.}$ = 0,015 МПа.

Таблица В.2 — Время продувки воздушной среды в резервуаре азотом до достижения концентрации кислорода не более 3,0 %

Расход газа продувки, доли от объема резервуара в мин, не менее	Время продувки, мин, не менее
0,015	245,0
0,030	123,0
0,045	82,0
0,060	62,0
0,090	41,0
0,120	31,0
0,150	25,0
0,180	20,4
0,210	17,5
0,240	15,3

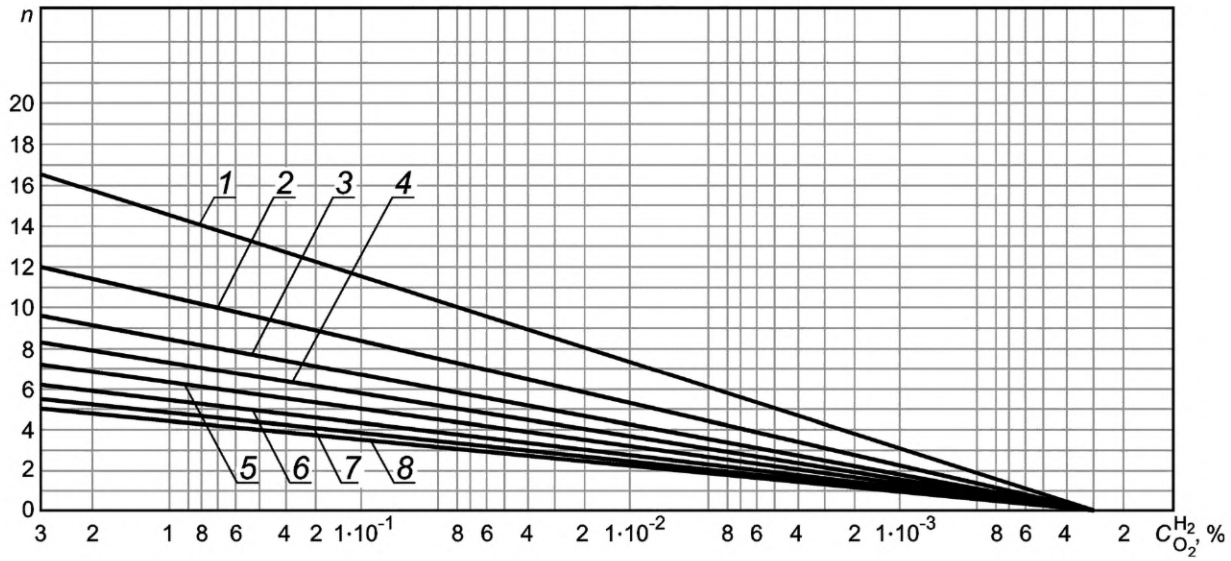
В.3.1 При расчете числа полосканий принималось содержание кислорода в газе очистки (водороде) $3 \cdot 10^{-5}$ % по объему.

В.4 Определение времени продувки водородом резервуара, заполненного газообразным азотом, приведено на рисунке В.3.



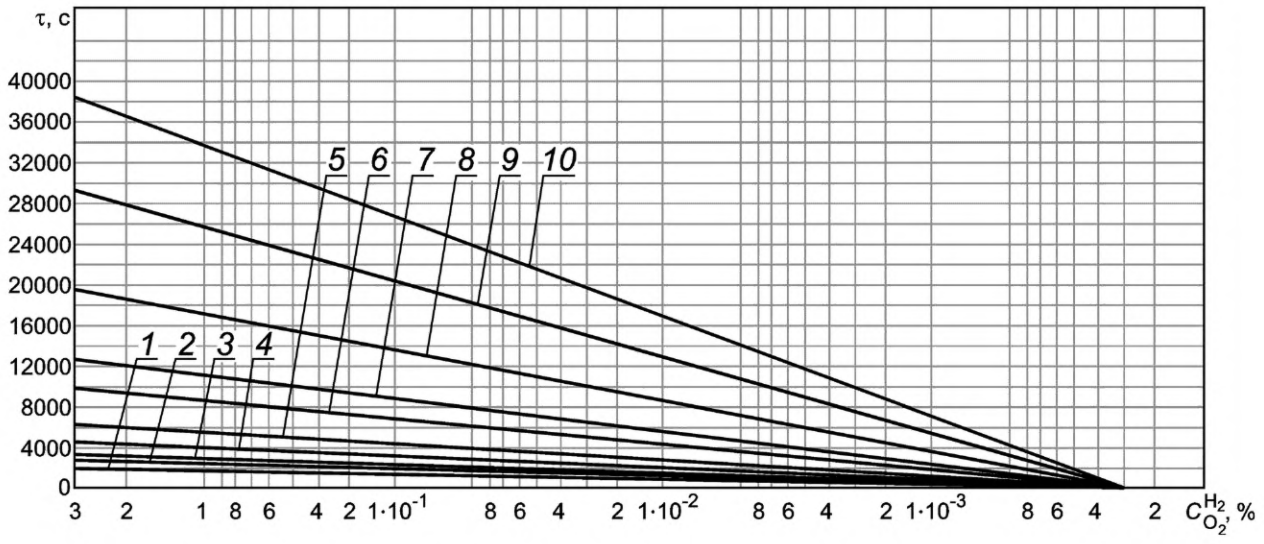
1 — P = 0,1 МПа (1,0 кг/см^2); *2* — P = 0,15 МПа (1,5 кг/см^2); *3* — P = 0,2 МПа (2,0 кг/см^2); *4* — P = 0,25 МПа (2,5 кг/см^2); *5* — P = 0,3 МПа (3,0 кг/см^2); *6* — P = 0,4 МПа (4,0 кг/см^2); *7* — P = 0,5 МПа (5,0 кг/см^2); *8* — P = 0,6 МПа (6,0 кг/см^2)

Рисунок В.1 — Ориентировочное число полосканий, необходимое для снижения концентрации кислорода от начальной $3{,}0 \cdot 10^{-4}$ % при различных давлениях наддува (давление при сбросе газа очистки 0,03 МПа (0,3 кг/см^2))



1 — P = 0,1 МПа (1,0 кг/см^2); *2* — P = 0,15 МПа (1,5 кг/см^2); *3* — P = 0,2 МПа (2,0 кг/см^2); *4* — P = 0,25 МПа (2,5 кг/см^2); *5* — P = 0,3 МПа (3,0 кг/см^2); *6* — P = 0,4 МПа (4,0 кг/см^2); *7* — P = 0,5 МПа (5,0 кг/см^2); *8* — P = 0,6 МПа (6,0 кг/см^2)

Рисунок В.2 — Ориентировочное число полосканий, необходимое для снижения концентрации кислорода от начальной $3{,}0 \cdot 10^{-4}$ % при различных давлениях наддува (давление при сбросе газа очистки 0,015 МПа (0,015 кгс/см^2))



1 — P = 0,0035 V_0/с; *2* — P = 0,003 V_0/с; *3* — P = 0,0025 V_0/с; *4* — P = 0,002 V_0/с; *5* — P = 0,0015 V_0/с; *6* — P = 0,001 V_0/с; *7* — P = 0,00075 V_0/с; *8* — P = 0,0005 V_0/с; *9* — P = 0,00025 V_0/с; *10* — P = 0,0001 V_0/с

Рисунок В.3 — Ориентировочное время продувки, необходимое для снижения концентрации кислорода от начальной $3{,}0 \cdot 10^{-4}$ % при различных расходах газа. Расход газа в долях объема резервуара в с, а суммарный расход в объемах резервуара

В.4.1 При расчете времени продувки резервуара принималось содержание кислорода в продувочном газообразном водороде $3 \cdot 10^{-5}$ % по объему.

В.4.2 При начальном содержании кислорода 2,0 % объем продуваемого газа в объемах резервуара равен 9,5; при начальном содержании кислорода 3,0 % об. объем продуваемого газа равен 9,7.

В.5 Определение количества полосканий при замене газообразного водорода в резервуаре на азот — по таблице В.3.

Таблица В.3 — Количество полосканий при замене водорода азотом (до получения содержания водорода в азоте не более 0,4 %) в зависимости от давления наддува для двух конечных давлений сброса

Давление наддува, МПа (кгс/см^2), не менее	Число полосканий при минимальном давлении сброса газа очистки, МПа (кгс/см^2)	
	0,03 (0,3)	0,015 (0,15)
0,10 (1,0)	10	13
0,15 (1,5)	8	9
0,20 (2,0)	6	7
0,25 (2,5)	5	6
0,30 (3,0)	5	5
0,35 (3,5)	5	5
0,40 (4,0)	4	5

В.6 Определение времени продувки при замене газообразного водорода в резервуаре на азот до содержания водорода не более 0,4 % — по таблице В.4.

В.6.1 При расчете времени продувки при замене в резервуаре газообразного водорода на азот принималось:

- начальное содержание газообразного водорода в резервуаре 100 %;
- содержание газообразного водорода в продувочном газе, равное 0;
- суммарный расход газа продувки в объемах резервуара, равный 4,87;
- конечное содержание водорода в азоте — не более 0,4 %.

Таблица В.4 — Зависимость времени продувки от расхода продувочного газа

Расход газа продувки в долях от объема резервуара, мин, не менее	Время продувки, мин, не менее
0,015	324,0
0,030	153,0
0,045	108,0
0,060	81,0
0,090	54,0
0,120	42,0
0,150	32,0
0,180	26,0
0,210	23,2
0,240	19,0

В.7 Основные соотношения для расчета параметров подготовки резервуаров методом полосканий и продувок

В.7.1 Снижение концентрации компонента в резервуаре за одно полоскание определяется по формуле

$$C_{кон} = \frac{P_{нач}}{P_{над}} \cdot C_{нач} + C_г\left(1 - \frac{P_{нач}}{P_{над}}\right), \quad (В.1)$$

где $C_{нач}$ — объемная концентрация компонента в резервуаре перед его наддувом газом очистки, %;
$C_{кон}$ — объемная концентрация компонента после одного полоскания, %;
$P_{нач}$ — абсолютное давление в резервуаре перед его наддувом, МПа (кгс/см^2);
$P_{над}$ — абсолютное давление в резервуаре после наддува, МПа (кгс/см^2);
$C_г$ — объемная концентрация компонента в газе очистки, %.

В.7.2 Необходимое число полосканий для снижения концентрации компонента в резервуаре до конечной определяется расчетом снижения концентрации компонента при каждом последующем полоскании.

В.7.3 В случае, когда требуемое содержание убираемого компонента превышает содержание этого компонента в газе очистки (не менее, чем на порядок), а наддув и сброс газа очистки при каждом полоскании производится до одного и того же давления, ориентировочное число полосканий определяется по формуле

$$n = \frac{\lg(C_{кон}) - \lg(C_{над})}{\lg(P_{кон}) - \lg(P_{над})}, \quad (В.2)$$

где n — число полосканий, а остальные обозначения те же, что и в формуле (В.1).

В.7.4 Ориентировочное время продувки для снижения концентрации компонента в резервуаре от начальной до требуемой определяется из выражения

$$C_{кон} = C_г + (C_{нач} - C_г) \cdot e^{-\frac{\tau \cdot Q}{V_{емк}}}, \quad (В.3)$$

где τ — время продувки, с;
Q — расход продувочного газа, м^3/с;
$\tau \cdot Q$ — общий расход газа на продувку, м^3 за время τ, с;
$V_{емк}$ — объем резервуара, м^3.

В.7.5 При продувке резервуара с температурой внутреннего сосуда меньшей, чем температура продувочного газа, суммарный объемный расход следует отнести к температуре газа на выходе из резервуара.

В.8 Степень начального заполнения цистерны в зависимости от давления открытия предохранительного клапана, обеспечивающая наличие паровой фазы в резервуаре показана на рисунке В.4.

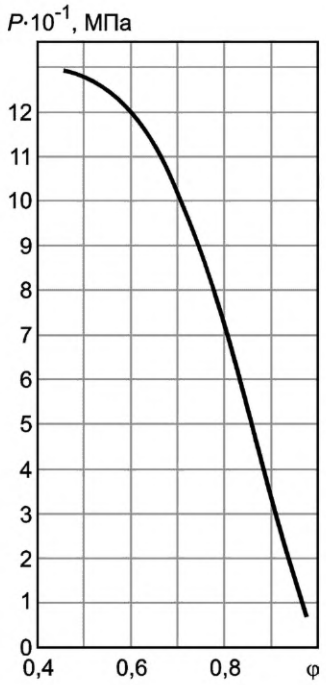


Рисунок В.4 — Зависимость степени заполнения резервуара φ от максимального давления при бездренажном хранении

Приложение Г
(обязательное)

Перечень основных контролируемых технологических параметров в системах транспортирования и хранения жидкого водорода

В соответствии с требованиями руководящего технического материала необходимо вести пооперационный контроль параметров, приведенных в таблице Г.1.

Диапазон измерений и допустимые погрешности при измерении приведены в приложении Ж.

Таблица Г.1 — Перечень основных контролируемых технологических параметров

Наименование операций	Контролируемые параметры	Периодичность контроля	Средства измерений	Примечание
1 Подготовка систем транспортирования и хранения к наполнению	1 Давление в сливных и дренажных коммуникациях (при проверке герметичности мест стыковки)	Один раз после подготовки	Манометр	
	2 Вакуум (остаточное давление) в сливных, дренажных коммуникациях и во внутреннем сосуде резервуара		Вакуумметр	
	3 Давление в резервуаре а) при наддувах; б) сбросах газа; в) при продувке	В соответствии с технологией эксплуатации	Манометр	
	4 Суммарный расход газа при продувке	Один раз после окончания продувки	Расходомер	Расчет по объему реципиента и падению давления
	5 Анализ газа в резервуаре на содержание кислорода при азотных полосканиях или продувке	После проведения расчетного числа циклов полосканий, а также после каждого цикла полосканий, проводимых сверх расчетного	Газоанализатор	С записью в эксплуатационных документах
	6 Анализ продукта в резервуаре на содержание кислорода и суммы примесей при очистке с применением газообразного продукта	После продувки	Газоанализатор	
	7 Уровень жидкого водорода (гарантийного остатка)	Один раз перед заполнением резервуара	Уровнемер	
	8 Температура газообразного водорода, подаваемого в резервуар и сбрасываемого из него	При подготовке методом полосканий в процессе набора и сброса давления. При продувке непрерывно	Вторичный прибор	

Продолжение таблицы Г.1

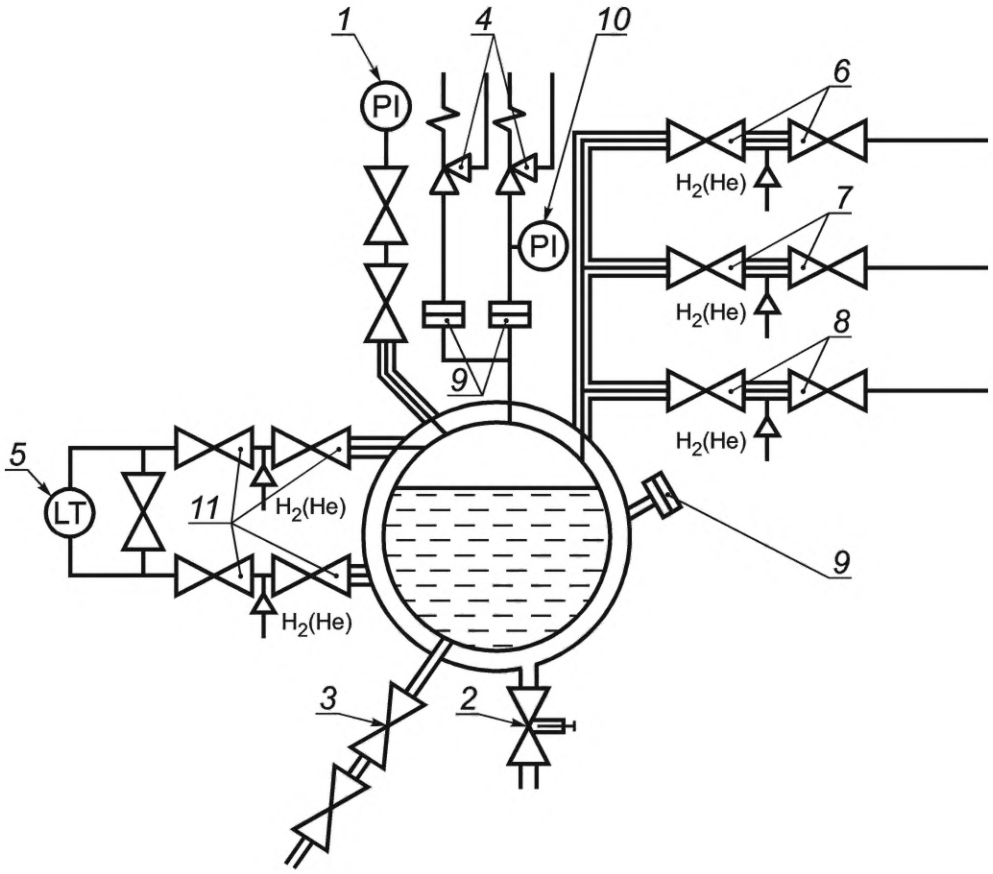
Наименование операций	Контролируемые параметры	Периодичность контроля	Средства измерений	Примечание
	9 Вакуум в изоляционном пространстве резервуара	В соответствии с эксплуатационной документацией на резервуар	Вакуумметр	
2 Наполнение резервуара жидким водородом	1 Давление во внутреннем сосуде заправляемого резервуара	В соответствии с технологией эксплуатации	Манометр или вторичный прибор	С записью в эксплуатационных документах максимального и минимального показаний
	2 Давление в расходном резервуаре			
	3 Уровень жидкого водорода в заправляемом резервуаре		Уровнемер	
	4 Уровень жидкого водорода в расходном резервуаре			
	5 Количество газа наддува	После наддува	Расходомер	Расчет по объему реципиента и падению давления
	6 Анализ жидкого водорода	Один раз	Газоанализатор	
	7 Перепад давления на фильтре или фильтре-адсорбере	В соответствии с технологией эксплуатации	Вторичный прибор	
3 Хранение жидкого водорода	1 Вакуум в изоляционных полостях	В соответствии с эксплуатационной документацией на резервуар, а также по мере необходимости в случае увеличения потерь водорода на испарение в процессе хранения	Вакуумметр	
	2 Давление во внутреннем сосуде		Манометр или вторичный прибор	
	3 Давление в резервуаре а) в процессе хранения при закрытом газосбросе; б) при проведении газосброса	Не реже шести раз в сутки		С записью в эксплуатационных документах
		В соответствии с технологией эксплуатации		С записью в эксплуатационных документах до и после газосброса
	4 Уровень жидкого водорода	Один раз после выдачи водорода потребителю и после заполнения резервуара	Уровнемер	С записью в эксплуатационных документах
	5 Анализ жидкого водорода в стационарном резервуаре	Один раз после выдачи водорода потребителю и после заполнения резервуара	Газоанализатор	

Окончание таблицы Г.1

Наименование операций	Контролируемые параметры	Периодичность контроля	Средства измерений	Примечание
4 Транспортирование (заполненного и опорожненного резервуара)	1 Давление во внутреннем сосуде	Не реже шести раз в сутки	Манометр	С записью в эксплуатационных документах
5 Приемка резервуара с жидким водородом у потребителя	1 Давление во внутреннем сосуде	Один раз по прибытии резервуара	Манометр	
6 Выдача жидкого водорода полная или частичная	1 Анализ жидкого водорода из опорожняемого резервуара	Один раз перед началом перелива	Газоанализатор	
	2 Герметичность мест стыковки (по давлению)	Один раз после проверки герметичности	Манометр	
	3 Содержание примесей в газе в соответствии с ГОСТ Р 56248, ГОСТ Р ИСО 14687-1	Один раз по окончании операции очистки	Газоанализатор	
	4 Давление в опорожняемом резервуаре при переливании	В соответствии с технологией эксплуатации	Манометр	С записью максимального и минимального показаний
	5 Давление в заправляемом резервуаре			С записью в эксплуатационных документах
	6 Уровень жидкого водорода в опорожняемом резервуаре		Уровнемер	С записью в эксплуатационных документах начального и конечного показаний

Приложение Д
(рекомендуемое)

Условная схема охлаждения жидкого водорода вакуумированием и защиты от натекания атмосферного воздуха



1, *10* — датчик давления; *2*, *3*, *6*, *7*, *8*, *11* — запорная арматура; *4* — предохранительные клапаны; *5* — уровнемер; *9* — предохранительные мембраны

Рисунок Д.1 — Условная схема охлаждения жидкого водорода вакуумированием и защиты от натекания атмосферного воздуха

Приложение Е
(обязательное)

Перечень основных контролируемых технологических параметров при эксплуатации систем хранения охлажденного жидкого водорода

При проведении основных технологических операций при эксплуатации систем хранения и выдачи охлажденного жидкого водорода необходимо вести пооперационный контроль параметров, приведенных в таблице Е.1.

Таблица Е.1

Наименование технологических операций	Контролируемые параметры	Периодичность контроля	Средства измерений	Примечание
1	2	3	4	5
1 Сброс перегрева	1 Давление во внутреннем сосуде резервуара	В соответствии с технологией эксплуатации	Вторичный прибор	
	2 Температура во внутреннем сосуде	До и после сброса давления		
2 Охлаждение 2.1 Методом прямого вакуумирования	1 Давление (разрежение) во внутреннем сосуде	В соответствии с технологией эксплуатации		
	2 Температура охлаждаемого продукта			
	3 Давление активного потока (при эжекторной откачке)			
	4 Давление водорода (гелия) в технологических коммуникациях резервуаров за отсечной арматурой			
	5 Давление азотного наддува шкафа контрольно-измерительных приборов (КИП)			
	6 Давление в системе аварийного наддува			
	7 Анализ газа на содержание кислорода и азота	Перед началом работы	Газоанализатор	
	8 Количество газа наддува	После проведения наддува	Счетчик или расходомер	

Продолжение таблицы Е.1

Наименование технологических операций	Контролируемые параметры	Периодичность контроля	Средства измерений	Примечание
2.2 Методом барботажа	1 Анализ гелия на содержание кислорода и азота	Перед началом работы	Газоанализатор	
	2 Анализ гелия на содержание влаги		Влагомер	
	3 Давление гелия на входе в охлаждаемый объект	В соответствии с технологией эксплуатации	Вторичный прибор	
	4 Температура гелия на входе в охлаждаемый объект			
	5 Количество гелия		Счетчик или расходомер	С записью в эксплуатационных документах
	6 Давление во внутреннем сосуде		Вторичный прибор	
	7 Температура охлаждаемого продукта			
3 Охлаждение в схемах заправки и термостатирования 3.1 В теплообменнике, погруженном в ванну с термостатированием, кипящим под вакуумом продуктом	1 Давление в ванне охладителя (разряжение)	В соответствии с технологией эксплуатации	Вторичный прибор	
	2 Температура жидкости в ванне охладителя			
	3 Давление активного потока при эжекторной откачке из ванны охладителя			
	4 Давление водорода (гелия) в технологических коммуникациях ванны охладителя за отсечной арматурой			
	5 Давление в системе аварийного наддува			
	6 Анализ газа наддува на содержание кислорода и азота	Один раз перед началом работы	Газоанализатор	
	7 Количество газа наддува	Один раз после проведения наддува	Счетчик или расходомер	

Продолжение таблицы Е.1

Наименование технологических операций	Контролируемые параметры	Периодичность контроля	Средства измерений	Примечание
	8 Уровень жидкости в ванне охладителя	В соответствии с технологией эксплуатации	Уровнемер	
	9 Температура на входе и выходе из теплообменника охлаждения		Вторичный прибор	
	10 Давление на входе и выходе из теплообменника			
	11 Количество охлажденного жидкого водорода	Один раз после окончания работы	Уровнемер на расходной емкости	С записью в эксплуатационных документах
	12 Анализ жидкого водорода в резервуаре хранилища	Один раз перед началом работы	Газоанализатор	По ГОСТ Р 56248, ГОСТ Р ИСО 14687-1
	13 Давление в резервуаре хранилища	В соответствии с технологией эксплуатации	Вторичный прибор	
	14 Анализ газа наддува на содержание кислорода и азота	Один раз перед началом работы	Газоанализатор	
	15 Количество газа наддува	Один раз после проведения наддува	Счетчик или расходомер	
3.2 В теплообменнике, погруженном в ванну с термостатированием продуктом, охлаждаемым барботажем	1 Давление в ванне охладителя	В соответствии с технологией эксплуатации	Вторичный прибор	
	2 Температура жидкости в ванне охладителя			
	3 Уровень жидкости в ванне охладителя		Уровнемер	
	4 Температура на входе и выходе из теплообменника охладителя		Вторичный прибор	
	5 Давление на входе и выходе из теплообменника			
	6 Количество охлажденного жидкого водорода	Один раз по окончании операции выдачи	Уровнемер на расходной емкости	
	7 Анализ жидкого водорода в резервуаре хранилища	Один раз перед началом работы	Вторичный прибор	По ГОСТ Р 56248 ГОСТ Р ИСО 14687-1
	8 Давление в резервуаре хранилища	В соответствии с технологией эксплуатации		

Продолжение таблицы Е.1

Наименование технологических операций	Контролируемые параметры	Периодичность контроля	Средства измерений	Примечание
	9 Анализ качества гелия на содержание кислорода и азота	Перед началом работы	Газоанализатор	
	10 Анализ качества гелия на содержание влаги		Влагомер	
	11 Давление гелия на входе в охлаждаемый объект	В соответствии с технологией эксплуатации	Вторичный прибор	
	12 Температура гелия на входе в охлаждаемый объект			
	13 Количество гелия	Один раз по окончании охлаждения	Счетчик или расходомер	С записью в эксплуатационных документах
3.3 С использованием контрольно-регулирующего устройства	1 Давление в ванне охладителя	В соответствии с технологией эксплуатации	Вторичный прибор	
	2 Температура жидкости в ванне охладителя			
	3 Уровень жидкости в ванне охладителя		Уровнемер	
	4 Анализ газа наддува на содержание кислорода и азота	Один раз перед началом работы	Газоанализатор	
	5 Количество газа наддува	Один раз после проведения наддува	Счетчик или расходомер	С записью в эксплуатационных документах
	6 Температура на входе и выходе из теплообменника	В соответствии с технологией эксплуатации	Вторичный прибор	
	7 Анализ жидкого водорода в резервуаре	Один раз перед началом работы	Газоанализатор	
	8 Давление в резервуаре хранилища	В соответствии с технологией эксплуатации	Вторичный прибор	
4 Термостатирование 4.1 С использованием циркуляционной схемы в соответствии с рисунком И.1	Ведется контроль параметров 1—15 по 3.1 данной таблицы			
	16 Давление в термостатируемом резервуаре			
	17 Температура в термостатируемом резервуаре			

Окончание таблицы Е.1

Наименование технологических операций	Контролируемые параметры	Периодичность контроля	Средства измерений	Примечание
	18 Уровень жидкости в ванне термостатируемого резервуара			
	19 Расход жидкости в циркуляционном контуре		Расходомер	
	20 Анализ жидкого водорода в резервуаре хранилища	Один раз перед началом работы	Газоанализатор	По ГОСТ Р 56248, ГОСТ Р ИСО 14687-1
	21 Давление в резервуаре хранилища	В соответствии с технологией эксплуатации	Вторичный прибор	
4.1.1 С использованием циркуляционной схемы термостатирования с барботажным охлаждением	Ведется контроль параметров 1—13 по 3.2 и 16—21 по 4.1 данной таблицы			
4.1.2 С использованием циркуляционной схемы термостатирования с газовой холодильной установкой	Ведется контроль параметров 1—6 по 3.3 и 16—21 по 4.1 данной таблицы			
4.2 С использованием циркуляционной схемы в соответствии с рисунком И.2 (с приемным резервуаром охлажденного продукта)	Ведется контроль параметров 1—21 по 4.1 данной таблицы	В соответствии с технологией эксплуатации	Вторичный прибор	
	22 Уровень жидкости в приемном резервуаре охлажденного водорода			
	23 Давление в приемном резервуаре охлажденного водорода			

Диапазоны измерений и допустимые погрешности при измерениях приведены в таблице Е.2.

Таблица Е.2 — Диапазон измерений и допускаемая погрешность

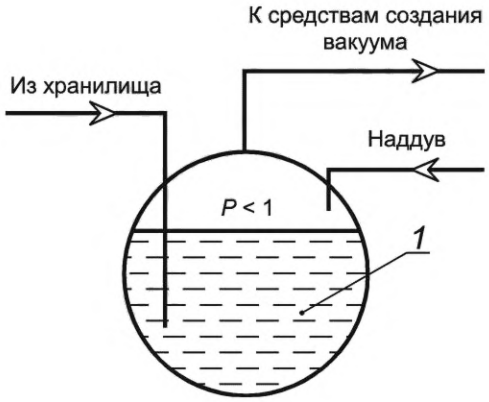
Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Допускаемая погрешность измерения	Класс точности
1	2	3	4
Давление в транспортных резервуарах	От 0 до 0,1 МПа	1,0 %	1,0
	Свыше 0,1 МПа	2,5 %	2,5
Давление в стационарных резервуарах	От 0 до 0,1 МПа	0,5 %	0,5
	Свыше 0,1 МПа	1,0 %	1,0

Окончание таблицы Е.2

Измеряемый параметр	Диапазон измерений	Допускаемая погрешность измерения	Класс точности
Вакуум (остаточное давление)	От $1 \cdot 10^5$ до 400 Па От 131 до $131{,}5 \cdot 10^{-3}$ Па От $131{,}5 \cdot 10^{-3}$ до $131{,}5 \cdot 10^{-7}$ Па	±(30…60) %	1,5 ±(30…60) %
Объемное содержание примеси азота в водороде	От $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ %	Не более 30 % от измеряемого значения	±25 %
	От $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ %	Не более 50 % от измеряемого значения	±40 %
Объемное содержание примесей (кроме азота) в водороде по ГОСТ Р 56248	От $1 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-5}$ %	Не более 50 % от измеряемого значения	±40 %
	От $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-6}$ %		
Температура	От 13 до 25 К	0,1 К	0,1 К
	От 25 до 50 К	0,3 К	0,3 К
	От 40 до 90 К	0,5 К	0,5 К
	От 85 до 385 К	1,0 К	1,0 К
Расход газа	В рабочем диапазоне	±5 %	±2 %
Расход жидкого водорода	В рабочем диапазоне	±5 %	±2 %
Уровень жидкости	В рабочем диапазоне	±5 %	±1,5 %
Объемное содержание газообразного водорода в газообразном азоте	От 0 до 2 %	Погрешность изменения не должна превышать 4 % от верхн. диапазона	±4 %
Объемное содержание газообразного кислорода в газообразном азоте	От 0 до 4 %	Основная погрешность не должна превышать 4 % от верхн. диапазона	±2,5 %
Объемное содержание примеси газообразного кислорода в газообразном водороде	От 1 до 0,01 %	Не более 4 % от измеряемого значения	±4 %
	От $1 \cdot 10^{-2}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ %	Не более 30 % от измеряемого значения	±10 %
	От $1 \cdot 10^{-4}$ до $1 \cdot 10^{-7}$ %	Не более 50 % от измеряемого значения	±40 %

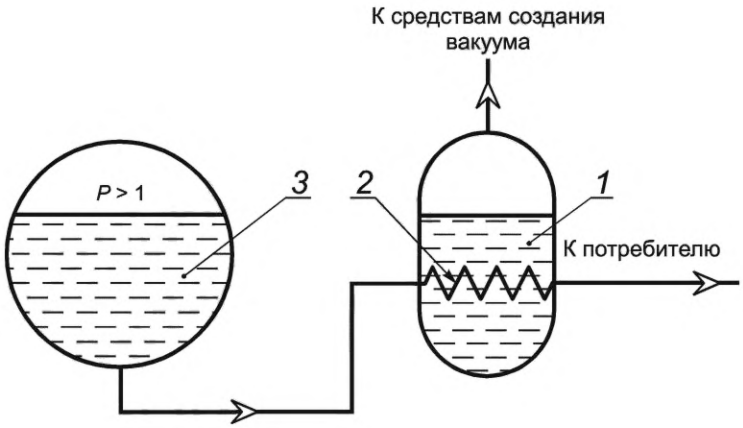
Приложение Ж
(рекомендуемое)

Условные технологические схемы охлаждения жидкого водорода



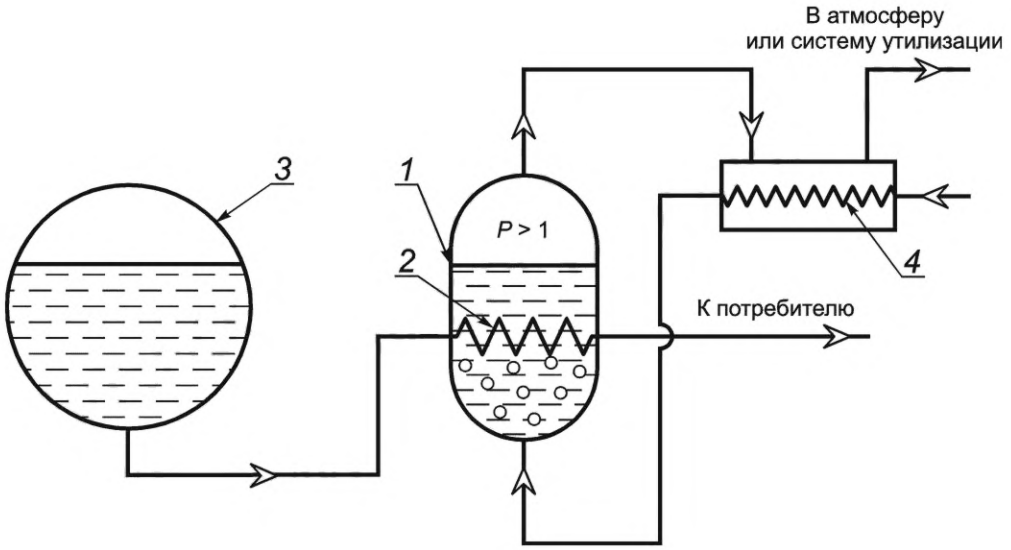
1 — криогенный резервуар

Рисунок Ж.1 — Прямое вакуумирование



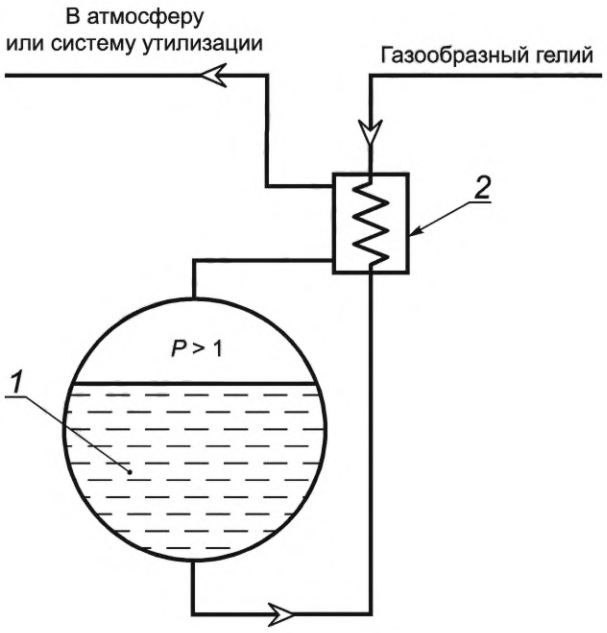
1 — охладитель; *2* — теплообменник охладителя; *3* — резервуар хранилища

Рисунок Ж.2 — Охлаждение в теплообменнике, погруженном в ванну с жидким водородом, кипящим под вакуумом



1 — охладитель; *2* — теплообменник охладителя; *3* — резервуар хранилища; *4* — охладитель газообразного гелия

Рисунок Ж.3 — Охлаждение в теплообменнике, погруженном в ванну с продуктом, охлажденным барботажем

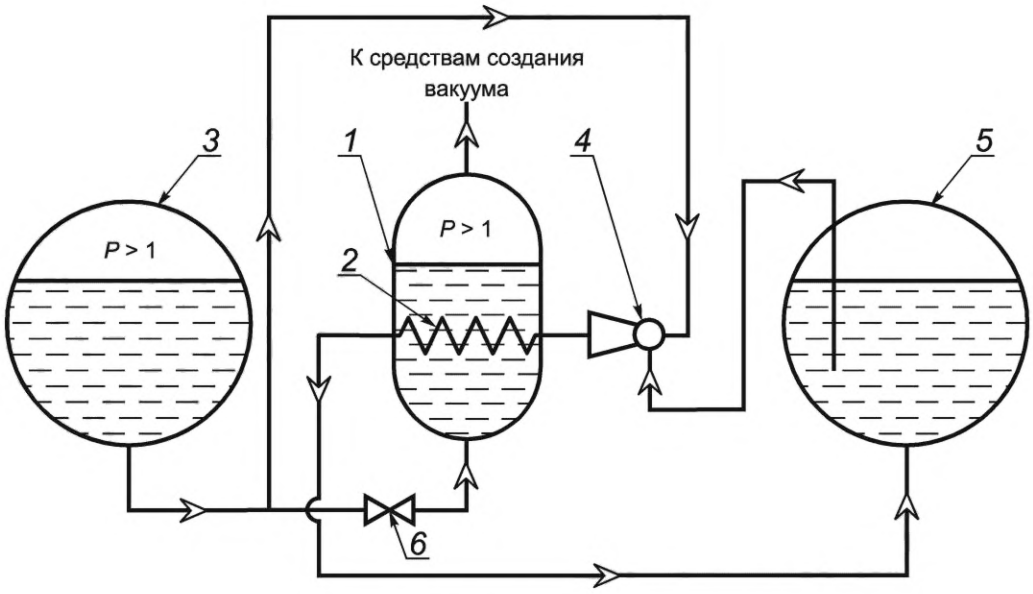


1 — резервуар потребителя; *2* — охладитель газообразного гелия

Рисунок Ж.4 — Барботажное охлаждение

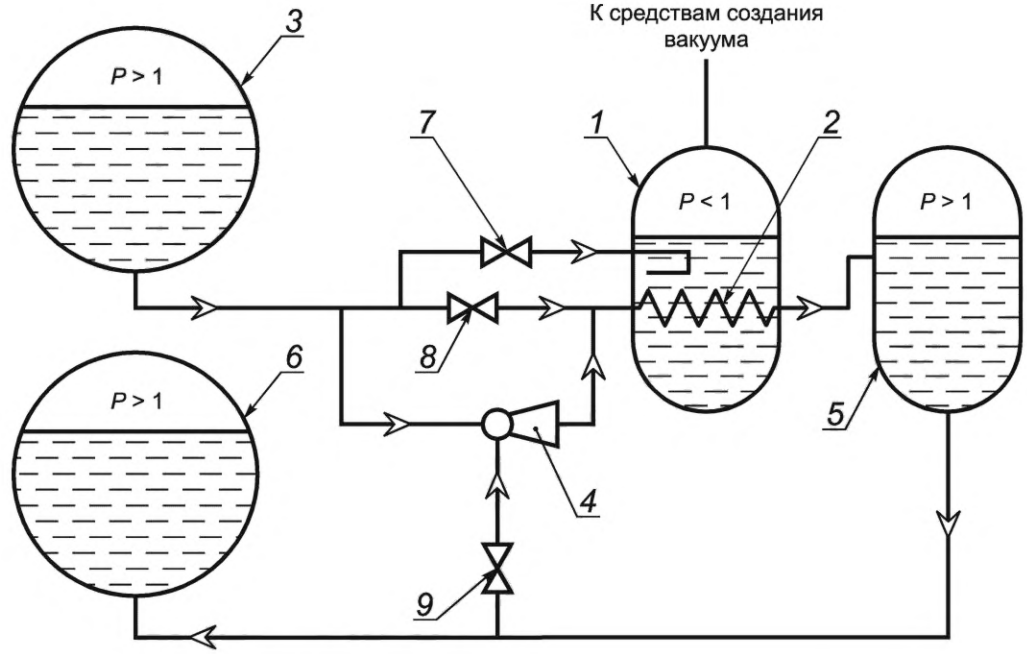
Приложение И
(рекомендуемое)

Условные технологические схемы термостатирования с использованием циркуляционных систем



1 — охладитель; *2* — теплообменник охладителя; *3* — резервуар хранилища; *4* — струйный насос; *5* — термостатируемый резервуар; *6* — запорно-регулирующее устройство

Рисунок И.1 — Объединенная схема охлаждения и термостатирования продукта в резервуаре



1 — охладитель; *2* — теплообменник охладителя; *3* — резервуар хранилища; *4* — струйный насос; *5* — термостатируемый резервуар; *6* — приемный резервуар для слива избытка охлажденного продукта; *7*, *8*, *9* — запорно-регулирующие устройства

Рисунок И.2 — Схема заправки и термостатирования объекта с расходным и приемными резервуарами

Библиография

[1] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 010/2011 — О безопасности машин и оборудования

[2] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 032/2013 — О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением

[3] Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»

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

[5] Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»

[6] Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»

[7] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 21 декабря 2021 г. № 444)

[8] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» (утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 г. № 536)

[9] ИСО 21013-1 — Сосуды криогенные. Арматура для сброса давления в криогенных условиях. Часть 1. Клапаны сброса давления многократно закрываемые (Cryogenic vessels — Pressure-relief accessories for cryogenic service — Part 1: Reclosable pressure-relief valves)

[10] ИСО 21013-2 — Сосуды криогенные. Арматура для сброса давления в криогенных условиях. Часть 2. Устройства сброса давления одноразового действия (Cryogenic vessels — Pressure-relief accessories for cryogenic service — Part 2: Nonreclosable pressure-relief devices)

[11] ИСО 21013-3 — Сосуды криогенные. Арматура для сброса давления в криогенных условиях. Часть 3. Определение размеров и пропускной способности (Cryogenic vessels — Pressure-relief accessories for cryogenic service — Part 3: Sizing and capacity determination)

[12] Федеральные нормы и правила «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 г. № 533)

[13] ИСО 20421-1 — Криогенные сосуды. Транспортируемые сосуды большой вместимости с вакуумной изоляцией. Часть 1. Проектирование, изготовление, контроль и испытания (Cryogenic vessels — Large transportable vacuum-insulated vessels — Part 1: Design, fabrication, inspection and testing)

[14] ИСО 20421-2 — Криогенные сосуды. Большие транспортируемые сосуды с вакуумной изоляцией. Часть 2. Эксплуатационные требования (Cryogenic vessels — Large transportable vacuum-insulated vessels — Part 2: Operational requirements)

[15] Местные технические условия размещения и крепления среднетоннажных контейнеров, перевозимых ОАО «РЖД» на универсальных платформах (Распоряжение ОАО «РЖД» от 27 декабря 2005 г. № 2266р)

[16] ДЧ 1835 Инструкция по перевозке негабаритных и тяжеловесных грузов на железных дорогах государств — участников СНГ, Латвийской Республики, Литовской Республики, Эстонской Республики (Приложение № 5 к Протоколу СЖТ СНГ от 19 октября 2001 г. № 30)

[17] Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ/ADR), 2018

[18] Правила перевозок опасных грузов по железным дорогам (утверждены Советом по железнодорожному транспорту государств — участников Содружества СЖТ СНГ, протокол от 5 апреля 1996 г. № 15)

[19] Технические условия размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах № ЦМ-943, кроме глав 1, 2 и 3 (утверждены МПС России 27 мая 2003 г.)

[20] Правила размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах. Приложение 14 к СМГС. Часть 1. Правила размещения и крепления грузов в вагонах и контейнерах при перевозках их по железным дорогам колеи 1520 мм стран участниц СМГС

[21] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2013 О безопасности колесных транспортных средств

[22] Рекомендации экспертов ООН по перевозке опасных грузов. Типовые правила (UN), 2019 (приняты Комитетом экспертов по перевозке опасных грузов и согласованной на глобальном уровне системе классификации и маркировки химических веществ 10 декабря 2004 г.)

[23] СА 03-003-07 Расчеты на прочность и вибрацию стальных технологических трубопроводов (Рекомендовано к применению Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору. Письмо от 27 ноября 2006 г., № КЧ -50/1219)

[24] Руководство по безопасности факельных систем (утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 22 декабря 2021 г. № 450)

[25] ИСО 21014 Сосуды криогенные. Характеристики криогенной теплоизоляции (Cryogenic vessels — Cryogenic insulation performance)

[26] СН 181-70 Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий (утверждены Государственным комитетом Совета Министров СССР по делам строительства и Государственным комитетом Совета Министров СССР по науке и технике 21 января 1970 г.)

[27] СНиП 3.05.05-84 Технологическое оборудование и технологические трубопроводы (Зарегистрированы Росстандартом под номером СП 75.13330)

[28] ВСН 407-79 Инструкция по монтажу аппаратов высокого давления (утверждены Минмонтажспецстроем 25 сентября 1979 г.)

[29] ВСН 362-87 Изготовление, монтаж и испытание технологических трубопроводов на Ру до 10 МПа (утверждены Минмонтажспецстроем 28 декабря 1987 г.)

[30] ВСН 193-81 Инструкция по разработке проектов производства работ по монтажу строительных конструкций (утверждены Минмонтажспецстроем СССР 30 октября 1981 г.)

[31] ПБ 03-273-99 Правила аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства (утверждены постановлением Госгортехнадзора России от 30 октября 1998 г. № 63, Постановлением Правительства России от 30 декабря 2020 г. № 2355 (в редакции постановления Правительства России от 28 февраля 2023 г. № 316) настоящий документ отменен с 1 марта 2024 г.)

[32] Правила устройства электроустановок ПУЭ (утверждены приказом Минэнерго России от 8 июля 2002 г. № 204)

[33] Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей ПТЭЭП (утверждены приказом Минэнерго РФ от 13 января 2003 г.)

[34] СО 153-34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций (утверждена приказом Министерства энергетики Российской Федерации от 30 июня 2003 г. № 280)

[35] ВСН 332-74 Инструкция по монтажу электрооборудования, силовых и осветительных сетей взрывоопасных зон

[36] Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 012/2011 О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах

[37] Международный кодекс морской перевозки опасных грузов (МК МПОГ/IMDG Code) с поправками 40-20

[38] Международные правила перевозки опасных грузов по железным дорогам (МПОГ/RID), 2019

[39] ТУ 0271-135-31323949 Гелий газообразный (сжатый). Технические условия

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

УДК 621.5:621.6:006.354

ОКС 13.300
23.020

Ключевые слова: оборудование криогенное, системы хранения, системы транспортирования, водород жидкий, резервуар, цистерна, предохранительные устройства

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 05.11.2023. Подписано в печать 09.11.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 6,32.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

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

gost.e-ecolog.ru