ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57431— 2017 (ИСО 16903:2015)

ГАЗ ПРИРОДНЫЙ СЖИЖЕННЫЙ

Общие характеристики

(ISO 16903:2015, Petroleum and natural gas industries — Characteristics of LNG, influencing the design, and material selection, MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2017

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий — Газпром ВНИИГАЗ» (ООО «Газпром ВНИИГАЗ») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии международного стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 52 «Природный и сжиженные газы»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 марта 2017 г. № 219-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 16903:2015 «Нефтяная и газовая промышленность. Характеристики СПГ, проектирование и выбор материалов» (ISO 16903:2015 «Petroleum and natural gas industries — Characteristics of LNG, influencing the design, and material selection», MOD). При этом дополнительные примечания, ссылки, включенные в текст стандарта для учета особенностей российской национальной стандартизации, выделены курсивом.

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

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

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

© Стандартинформ, 2017

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 1
4 Сокращения 2
5 Общие характеристики сжиженного природного газа 2
6 Требования безопасности и охраны труда 7
7 Конструкционные материалы 8
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 11
Библиография 12

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГАЗ ПРИРОДНЫЙ СЖИЖЕННЫЙ

Общие характеристики

Liquefied natural gas. General characteristics

Дата введения — 2018—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие характеристики сжиженного природного газа (СПГ) и криогенных материалов, используемых в индустрии СПГ. Настоящий стандарт также содержит рекомендации по вопросам охраны здоровья и техники безопасности и предназначен для использования в качестве справочного документа при практическом применении других стандартов в области сжиженного природного газа. Стандарт можно использовать в качестве справочного материала при проектировании или эксплуатации установок по производству СПГ.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 30852.19—2002 (МЭК 60079-20:1996) Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 20. Данные по горючим газам и парам, относящиеся к эксплуатации электрооборудования

ГОСТ Р 56352—2015 Нефтяная и газовая промышленность. Производство, хранение и перекачка сжиженного природного газа. Общие требования безопасности

ГОСТ Р 56719—2015 Газ горючий природный сжиженный. Отбор проб

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

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **отпарной газ** (boil-off gas): Газ, образующийся при производстве, хранении и транспортировании сжиженного природного газа.

3.2 **конденсат** (condensate): Углеводородная жидкость, конденсирующаяся из природного газа и состоящая в основном из пентанов (C_5H_{12}) и более тяжелых компонентов.

Издание официальное

Примечание — В конденсате содержится некоторое количество растворенного пропана и бутана.

3.3 **сжиженный природный газ** [liquefied natural gas (LNG)]: Криогенная жидкость без цвета и запаха, состоящая в основном из метана, которая может содержать небольшие количества этана, пропана, бутана, азота и других компонентов, присутствующих в природном газе.

3.4 **сжиженные углеводородные газы** [liquefied petroleum gas (LPG)]: Углеводороды, находящиеся в газообразном состоянии при нормальных значениях температуры и давления, но легко переходящие в жидкое состояние при небольшом избыточном давлении при нормальной температуре, например пропан и бутаны.

3.5 **газовый конденсат** [natural gas liquids (NGL)]: Жидкая смесь углеводородов, выделяемая из сырого природного газа и содержащая этан, пропан, бутаны, пентаны и газовый бензин.

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

ВРПВЖ (BLEVE) — взрыв расширяющихся паров вскипающей жидкости;

СУГ (LPG) — сжиженные углеводородные газы;

КАР (QRA) — количественный анализ рисков;

МФП (RPT) — мгновенный фазовый переход;

ППЭИ (SEP) — поверхностная плотность энергии излучения;

СПГ (LNG) — сжиженный природный газ.

5 Общие характеристики сжиженного природного газа

5.1 Общие положения

Персонал, работающий с СПГ, должен быть ознакомлен с характеристиками природного газа в сжиженном и газообразном состояниях.

Потенциальная опасность при обращении с СПГ главным образом обусловлена тремя его важными свойствами:

a) СПГ — криогенная жидкость. При атмосферном давлении, в зависимости от состава, СПГ кипит при температуре приблизительно минус 160 °С. При этой температуре пары СПГ имеют бóльшую плотность, чем окружающий воздух;

b) очень небольшие объемы жидкости превращаются в большие объемы газа. Из одного объема СПГ образуется примерно 600 объемов газа;

c) природный газ, как и другие газообразные углеводороды, является легковоспламеняющимся веществом. В условиях окружающей среды концентрационные пределы воспламенения смеси паров СПГ с воздухом составляют приблизительно от 5 % до 15 % по объему газа. При накапливании газа в замкнутом пространстве воспламенение может привести к детонации и ударной волне вследствие избыточного давления.

Примечание — В Российской Федерации в соответствии с ГОСТ 30852.19 установлены значения концентрационных пределов воспламенения природного газа в смесях с воздухом: 4,4 % об. (нижний) и 17,0 % об. (верхний).

В настоящем стандарте приведены свойства СПГ и потенциально опасные факторы при обращении с ним. При оценке потенциально опасных факторов объекта СПГ проектировщики должны учитывать опасности всех производственных циклов. Часто источником основной опасности является не собственно СПГ, а другие факторы, связанные с производством СПГ, такие как криогенное оборудование завода по сжижению газа или высокое давление газа на выходе установок регазификации.

5.2 Свойства СПГ

5.2.1 Состав

СПГ является смесью углеводородов, состоящей преимущественно из метана, которая также содержит этан, пропан, азот и другие компоненты, обычно присутствующие в природном газе.

Физические и термодинамические свойства метана и других компонентов природного газа можно найти в справочной литературе и программах для термодинамических вычислений. Несмотря на то, что основным компонентом СПГ является метан, для вычисления характеристик СПГ не следует исполь-

зовать параметры чистого метана. При отборе проб СПГ (*см. ГОСТ Р 56719*) необходимо принимать специальные меры для получения представительных проб в целях исключения недостоверных результатов анализа из-за испарения летучих компонентов.

Широко применяется метод отбора проб малого потока СПГ с непрерывным испарением при помощи специального устройства (испарителя), которое предназначено для обеспечения представительности пробы регазифицированного СПГ без фракционирования.

Другой метод — отбор пробы непосредственно из установки регазификации СПГ. Отобранные пробы затем анализируют с помощью обычных методов газовой хроматографии, например по стандартам [1] или [2].

5.2.2 Плотность

Плотность СПГ зависит от его компонентного состава и обычно колеблется в диапазоне от 430 до 470 кг/м^3, но в отдельных случаях может достигать 520 кг/м^3. Плотность СПГ зависит от температуры жидкости с градиентом температуры примерно 1,4 кг/(м^3·К).

Плотность может быть измерена непосредственно, но, как правило, ее вычисляют по составу газа, определенному методом газовой хроматографии. Для определения плотности СПГ рекомендуется использовать метод по стандарту [3].

Примечание — Указанный метод известен как пересмотренный метод Клозека — Мак-Кинли[1)].

5.2.3 Температура

В зависимости от компонентного состава СПГ имеет температуру кипения в диапазоне от минус 166 °С до минус 157 °С при атмосферном давлении. Изменение температуры кипения СПГ в зависимости от давления составляет примерно 1,25·10^{-4} °С/Па. Температуру СПГ обычно измеряют с помощью медь/медь-никелевых термопар или платиновых термометров сопротивления, например, приведенных в стандарте [4].

5.2.4 Вязкость

Вязкость СПГ зависит от состава и обычно находится в диапазоне от 1,0 · 10^{-4} до 2,0 · 10^{-4} П при температуре минус 160 °С, что составляет от 1/10 до 1/5 вязкости воды. Вязкость СПГ также зависит от температуры жидкости.

5.2.5 Примеры сжиженных природных газов

Три примера типичных СПГ приведены в таблице 1 (значения физико-химических характеристик получены путем моделирования).

Таблица 1 — Примеры сжиженных природных газов

Свойства при температуре кипения при нормальном давлении	СПГ 1	СПГ 2	СПГ 3
Молярная доля, %:			
N_2	0,13	1,79	0,36
CH_4	99,8	93,90	87,20
C_2H_6	0,07	3,26	8,61
C_3H_8	—	0,69	2,74
изо-C_4H_{10}	—	0,12	0,42
н-C_4H_{10}	—	0,15	0,65
C_5H_{12}	—	0,09	0,02
Молекулярная масса, кг/моль	16,07	17,07	18,52
Температура кипения, °С	–161,9	–166,5	–161,3
Плотность, кг/м^3	422	448,8	468,7
Объем газа, получаемый из 1 м^3 СПГ при 0 °С и 101,35 кПа, м^3/м^3	588	590	568
Объем газа, получаемый из 1 т СПГ при 0,0 °С и 101,325 кПа, м^3/10^3 кг	1392	1314	1211
Массовая скрытая теплота парообразования, КДж/кг	525,6	679,5	675,5
Высшая теплота сгорания, МДж/м^3	37,75	38,76	42,59

[1)] Klosek, J., and McKinley, C., Densities of liquefied natural gas and of the low molecular weight hydrocarbons, Proceedings of 1st International Conference on LNG, 1968 (Плотность сжиженного природного газа и углеводородов с низким молекулярным весом, труды 1-й Международной конференции по СПГ, 1968).

Примечание — В Российской Федерации приняты стандартные условия измерения объема газа: температура 20,0 °С и давление 101,325 кПа и для приведения к этим условиям значения объемов газа, указанные в таблице 1, необходимо умножить на 0,9313.

5.3 Физические свойства

5.3.1 Физические свойства отпарного газа

СПГ хранят в кипящем состоянии в теплоизолированных резервуарах большой вместимости. Любой приток тепла извне вызывает испарение части СПГ в газовую фазу. Испарившийся при этом газ называют отпарным газом. Состав отпарного газа зависит от состава СПГ. Например, отпарной газ может содержать 20 % азота, 80 % метана, а также следы этана; содержание азота в отпарном газе может быть примерно в двадцать раз выше, чем в СПГ.

Поскольку в газовую фазу испаряются преимущественно азот и метан, оставшаяся жидкость содержит большую часть высших углеводородов. Отпарные газы при температуре ниже минус 113 °С — для чистого метана и минус 85 °С — для смеси 80 % метана и 20 % азота будут тяжелее окружающего воздуха. При нормальных условиях плотность отпарных газов составляет примерно 0,6 плотности воздуха.

5.3.2 Мгновенное испарение

Как в случае любого находящегося под давлением флюида, при снижении давления СПГ ниже значения, при котором происходит его кипение, например при прохождении через клапан, некоторое количество СПГ испаряется, и его температура падает до новой точки кипения при данном давлении. Такой процесс известен как мгновенное испарение. Поскольку СПГ является многокомпонентной смесью, составы мгновенно испарившегося газа и оставшейся жидкости отличаются по причинам, приведенным в 5.3.1.

Например, при падении давления на 10^3 Па мгновенное испарение 1 м^3 СПГ при температуре кипения, соответствующей давлению в диапазоне от $1 \cdot 10^5$ Па до $2 \cdot 10^5$ Па, приводит к выбросу примерно 0,4 кг газа. Более точное вычисление количества и состава жидких и газообразных продуктов мгновенного испарения многокомпонентных жидких сред, таких как СПГ, является сложной задачей. Для таких вычислений следует использовать надежные компьютерные программы термодинамических вычислений или программные комплексы технологического моделирования, содержащие соответствующую базу данных.

5.3.3 Разлив сжиженного природного газа

При попадании СПГ на землю (при аварийном разливе) сначала происходит интенсивное кипение, затем скорость испарения СПГ быстро падает до постоянного значения, которое определяется тепловыми свойствами грунта и притоком тепла, получаемого от окружающего воздуха. Скорость испарения СПГ может быть снижена за счет использования теплоизолированных поверхностей в местах возможных утечек. Скорость испарения СПГ с поверхностей разных материалов приведена в таблице 2. Значения приведены в качестве примера и должны быть проверены при их использовании для количественного анализа рисков (КАР) или проектирования.

Таблица 2 — Скорость испарения СПГ

Материал	Скорость испарения СПГ с единицы поверхности через 60 с, кг/(м^2·ч)
Щебень	480
Мокрый песок	240
Сухой песок	195
Вода	600
Обычный (стандартный) бетон	130
Легкий коллоидный бетон	65

При разливе СПГ небольшие объемы жидкости превращаются в значительные объемы газа, при этом из одного объема жидкости в условиях окружающей среды образуется приблизительно 600 объемов газа (см. таблицу 1).

Когда разлив происходит на поверхности воды, конвекция в воде настолько интенсивна, что скорость испарения, отнесенная к площади поверхности, остается постоянной. Площадь разлива СПГ будет продолжать увеличиваться до тех пор, пока скорость испарения жидкости не станет равна скорости притока жидкости, прибывающей в результате утечки.

5.3.4 Распространение и рассеяние газовых облаков

Первоначально газ, образующийся в результате испарения СПГ, имеет приблизительно такую же температуру, что и СПГ, и плотность, бóльшую, чем плотность окружающего воздуха. Такой газ в первую очередь под действием силы тяжести будет распространяться по поверхности земли, пока не прогреется в результате поглощения тепла из почвы и перемешивания с окружающим воздухом.

Разбавление теплым воздухом повышает температуру и снижает молекулярную массу паровоздушной смеси. В результате этого облако будет иметь бóльшую плотность, чем окружающий воздух, до тех пор, пока не будет разбавлено значительно ниже концентрационного предела воспламенения. Но при высоком содержании воды в атмосфере (высокая влажность и температура) может произойти конденсация воды при смешивании с холодными парами СПГ и разогревание смеси, при котором она станет легче воздуха и облако поднимется. Расширение и рассеяние облака паров при разливе СПГ являются достаточно сложными физическими явлениями и обычно могут быть теоретически вычислены с помощью компьютерного моделирования. Указанное моделирование должно быть проведено только специализированной организацией.

После разлива СПГ образуется «туман», вызванный конденсацией водяного пара в окружающем воздухе. Возможность наблюдения «тумана» (днем и при отсутствии естественного природного тумана) полезна для определения направления перемещения облака испарившегося СПГ, т. к. позволяет оценить опасность воспламенения смеси газа и воздуха.

При утечке из сосудов, работающих под давлением, или трубопроводов СПГ будет распыляться в виде струйных потоков в атмосфере с одновременным дросселированием (расширением) и испарением. Этот процесс сопровождается интенсивным перемешиванием паров СПГ с окружающим воздухом. Первоначально большая часть СПГ в паровом облаке будет содержаться в виде аэрозоля. В результате дальнейшего перемешивания СПГ с воздухом произойдет полное испарение мелких капель жидкости.

5.3.5 Воспламенение

Смесь паров СПГ с воздухом воспламеняется при концентрации паров СПГ в диапазоне от 5 % об. до 15 % об.

5.3.6 Пожар разлива СПГ

Поверхностная плотность энергии излучения пламени (ППЭИ) горящего участка СПГ диаметром более 10 м достаточно высока. Ее вычисляют по измеренному значению потока излучения и площади пламени. ППЭИ зависит от размера поверхности горения, выбросов дыма и способов измерения. С увеличением площади значение ППЭИ уменьшается.

5.3.7 Распространение и последствия волн давления

В свободном состоянии природный газ горит медленно с низким перепадом давления (менее 5 кПа). Давление может повышаться в местах с загроможденным или замкнутым пространством, например в местах с плотно установленным оборудованием или с плотной застройкой.

5.3.8 Меры предосторожности

Природный газ не может быть сжижен путем повышения давления при температуре окружающей среды. Фактически его температура должна быть понижена до температуры ниже минус 80 °С, прежде чем он может быть сжижен при каком-либо давлении. Это означает, что присутствие любого количества сжиженного природного газа, например между двумя клапанами или в герметичном резервуаре без выпускного клапана, при нагревании приведет к резкому повышению давления вплоть до разрушения системы герметизации. Все установки и оборудование для СПГ должны быть спроектированы таким образом, чтобы диаметры сбросных отверстий и/или предохранительных клапанов соответствовали объему СПГ в резервуарах.

5.3.9 Ролловер

Термин «ролловер» относится к процессу, при котором в резервуарах для хранения СПГ образуется большое количество газа в течение короткого периода времени. Ролловер приводит к возникновению избыточного давления в резервуаре для хранения СПГ, если не приняты соответствующие меры для предотвращения указанного явления.

В резервуарах для хранения СПГ возможно наличие двух устойчивых слоев или областей, которые образуются, как правило, в результате неполного смешивания СПГ разной плотности — свежего и остатка в емкости.

Внутри слоя плотность жидкости одинакова, но плотность жидкости в нижнем слое резервуара больше плотности жидкости в верхнем слое.

В дальнейшем из-за притока тепла в емкости, тепло- и массообмена между слоями и испарения жидкости с поверхности плотность слоев выравнивается путем самопроизвольного перемешивания.

Такое самопроизвольное перемешивание называется ролловер, и если, как это часто бывает, жидкость в нижней части резервуара становится перегретой относительно давления паровой фазы в емкости СПГ, то ролловер сопровождается резким увеличением скорости испарения. В ряде случаев указанное выделение паров является очень быстрым и мощным. При этом повышение давления в емкости бывает достаточным, чтобы вызвать срабатывание клапанов сброса давления.

Первоначальное предположение заключалось в том, что, когда плотность верхнего слоя превышает плотность нижнего слоя, происходит инверсия (перемещение) слоев, отсюда и название ролловер. Более поздние исследования не подтвердили первоначальное предположение и показали, что при этом происходит интенсивное перемешивание слоев.

Возникновению ролловера, как правило, предшествует период, в течение которого скорость образования отпарного газа значительно ниже обычной. Поэтому следует тщательно контролировать скорость образования отпарного газа, чтобы убедиться, что жидкость не аккумулирует тепло. При подозрении на возникновение ролловера следует обеспечить циркуляцию жидкости в резервуаре для смешивания нижнего и верхнего слоев.

Ролловер можно предотвратить с помощью эффективного управления резервами СПГ. СПГ разных изготовителей, имеющий разный состав, следует хранить в отдельных резервуарах. Если невозможно обеспечить раздельное хранение, должно быть обеспечено хорошее перемешивание при заполнении емкости.

Высокое содержание азота в СПГ, производимом в установках сглаживания пикового потребления, также может вызвать ролловер вскоре после прекращения заполнения емкости вследствие преимущественного испарения азота. Как показывает практика, этот тип ролловера можно предотвратить путем поддержания содержания азота в СПГ менее 1 % и при тщательном мониторинге скорости образования отпарного газа.

Таким образом, при подозрении на расслоение следует контролировать плотность СПГ в резервуаре, например, если резервуар заполнен СПГ разных изготовителей. При обнаружении расслоения должны быть приняты меры, снижающие степень риска.

5.3.10 Мгновенный фазовый переход

При контакте двух жидкостей с разными температурами при определенных условиях могут возникать мощные ударные волны. Это явление, называемое мгновенным фазовым переходом (МФП), может произойти при контакте СПГ и воды. Несмотря на то, что при этом не происходит воспламенение, создается волна давления, похожая на взрыв.

МФП в результате разлива СПГ на воду происходят редко и с относительно ограниченными последствиями. Теоретические предположения, согласующиеся с результатами экспериментов, можно обобщить следующим образом.

Когда две жидкости со значительно отличающимися температурами вступают в контакт и температура (в градусах Кельвина) более теплой жидкости в 1,1 раза выше, чем температура кипения более холодной жидкости, повышение температуры последней происходит настолько быстро, что температура поверхностного слоя может превысить температуру спонтанной нуклеации (появление пузырьков в жидкости).

В некоторых случаях такая перегретая жидкость испаряется за очень короткое время по сложному механизму цепной реакции с образованием пара со скоростью ударной волны.

Например, жидкости могут быть приведены в контакт в результате механического повреждения, что вызывает МФП, как было показано в экспериментах с разливом СПГ или жидкого азота на поверхности воды.

Результаты последних исследований позволили лучше понять сущность МФП для количественной оценки степени опасности этого процесса и определения достаточности предпринимаемых мер безопасности.

5.3.11 Взрыв расширяющихся паров вскипающей жидкости

Любая жидкость вблизи температуры кипения начинает чрезвычайно быстро испаряться при резком падении давления в системе. Известны случаи, когда самопроизвольный процесс расширения приводил к разрушению резервуаров и разбрасыванию обломков на несколько сотен метров. Указанное явление было названо взрывом расширяющихся паров вскипающей жидкости (ВРПВЖ).

Вероятность ВРПВЖ в установках СПГ крайне мала, поскольку СПГ хранится в резервуарах, которые разгерметизируются уже при достаточно низких давлениях, при этом скорость образования пара незначительна, или для хранения и транспортирования СПГ используют криогенные резервуары высокого давления и трубопроводы в пожарозащищенном исполнении.

6 Требования безопасности и охраны труда

6.1 Общие положения

Следующие рекомендации приведены в качестве общего руководства для лиц, проводящих работы при производстве, хранении и транспортировании СПГ, однако в настоящем стандарте не рассматриваются все вопросы безопасности, связанные с его применением, и он не может заменять собой требования национальных или региональных стандартов по безопасности.

6.2 Воздействие холода

6.2.1 Предупреждение

Низкие температуры, характерные для СПГ, могут привести к различным повреждениям открытых частей тела. Воздействие низких температур на организм человека приводит к тяжелым последствиям, если персонал, работающий с СПГ, не защищен соответствующим образом.

6.2.2 Обращение с СПГ, холодовые травмы

Попадание СПГ на открытые участки кожи вызывает образование волдырей, похожих на ожоги. Газ, образующийся из СПГ, также имеет очень низкую температуру и может привести к ожогам. Нежные ткани, в том числе слизистые оболочки глаз, могут быть повреждены даже при кратковременном воздействии такого холодного пара, которое не повреждает кожу лица и рук.

Не следует касаться незащищенными частями тела нетеплоизолированных трубопроводов или емкостей, содержащих СПГ. Очень холодный металл прилипает к коже, которая повреждается при попытке отрыва от поверхности металла.

6.2.3 Обморожение

Резкое или длительное воздействие холодных паров и газов на организм человека вызывает обморожение. Локальная боль, как правило, является признаком обморожения, но иногда боль не ощущается.

6.2.4 Воздействие холода на легкие

Длительное дыхание в чрезвычайно холодной окружающей среде приводит к повреждению легких. Кратковременное воздействие холода может привести к затрудненному дыханию.

6.2.5 Переохлаждение

Опасность переохлаждения возникает даже при температуре до 10 °С. Лица, пострадавшие от переохлаждения, должны быть выведены из холодной зоны и быстро согреты в теплой ванне при температуре от 40 °С до 42 °С. В этих случаях не следует использовать для согревания сухое тепло.

6.2.6 Рекомендуемая защитная одежда

При работе с СПГ для защиты глаз следует использовать защитные маски или специальные очки. При работе с криогенными жидкостями или охлажденными парами следует применять кожаные перчатки. Перчатки должны надеваться и сниматься достаточно легко, чтобы их можно было быстро снять при попадании криогенной жидкости. Даже при использовании перчаток все процедуры с оборудованием, содержащим СПГ, должны проводиться только в течение короткого промежутка времени.

При работе с СПГ следует надевать плотно прилегающие комбинезоны или одежду подобного типа, без карманов или манжет. Брюки следует надевать навыпуск, поверх сапог или ботинок. Перед использованием в закрытом пространстве одежда, на которую попала криогенная жидкость или охлажденные пары, должна быть проветрена на открытом воздухе вдали от источника воспламенения. Персонал, работающий с СПГ, должен знать, что защитная одежда обеспечивает защиту только от случайных брызг, поэтому следует избегать контакта с СПГ.

Примечание — При работе с криогенными горючими жидкостями следует использовать спецодежду из антистатической и огнестойкой ткани.

6.3 Воздействие сжиженного природного газа

6.3.1 Токсичность

СПГ и природный газ не являются токсичными веществами.

Примечание — СПГ и природный газ являются малотоксичными пожаровзрывоопасными продуктами. При работе с СПГ следует учитывать предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, установленные в гигиенических нормативах [5].

6.3.2 Асфиксия

Природный газ обладает только удушающим эффектом. Нормальное содержание кислорода в воздухе составляет 20,9 % об., окружающая среда, содержащая менее 18 % об. кислорода, оказывает потенциально удушающее воздействие. При высоких концентрациях природного газа может наблюдаться тошнота или головокружение из-за недостатка кислорода. При выходе из зоны с пониженным содержанием кислорода симптомы удушья быстро исчезают. Содержание кислорода и углеводородов в воздухе рабочей зоны, где возможны утечки природного газа, должно постоянно контролироваться.

Даже если содержание кислорода в воздухе рабочей зоны достаточно для нормального дыхания, перед проведением работ следует определять содержание взрывоопасных компонентов. При работах во взрывоопасных зонах следует использовать инструменты только во взрывозащищенном исполнении.

6.4 Требования пожарной безопасности и средства защиты

При обращении с СПГ следует использовать огнетушители порошкового типа (предпочтительно с карбонатом калия). Персонал, работающий с СПГ, должен уметь пользоваться порошковыми огнетушителями при тушении горящих жидкостей. Для снижения теплового излучения при локализации пожара разлития СПГ следует использовать высокократную пену или блоки из пеностекла.

Должны быть доступны источники водоснабжения для охлаждения и получения пены. Не допускается применять воду для тушения пожаров СПГ.

Комплекс противопожарных мер и защиты должен соответствовать требованиям [6], [7] или *ГОСТ Р 56352*.

Огнетушители должны быть порошкового типа.

6.5 Цвет

Пары СПГ бесцветны. Однако при попадании их в атмосферу будет образовываться белое облако вследствие конденсации влаги из окружающего воздуха.

6.6 Запах

Пары СПГ не имеют запаха.

Примечание — Не обладают запахом пары СПГ, который получен из неодорированного и не содержащего сернистых соединений природного газа.

7 Конструкционные материалы

7.1 Материалы, используемые в индустрии сжиженного природного газа

7.1.1 Общие положения

Большинство материалов, применяемых для производства оборудования, подвержено охрупчиванию при воздействии очень низких температур. В частности, вязкость разрушения для углеродистой стали очень низка при температуре СПГ (минус 160 °С). Для материалов, контактирующих с СПГ, должна быть подтверждена устойчивость к хрупкому разрушению.

7.1.2 Материалы, контактирующие со сжиженным природным газом

Материалы, которые не становятся хрупкими при контакте с СПГ, и области их применения приведены в таблице 3. Следует учитывать, что приведенный перечень не является полным.

Таблица 3 — Материалы, используемые в прямом контакте со сжиженным природным газом и области их применения

Наименование	Область применения
Аустенитная нержавеющая сталь	Резервуары, сливные рукава, болты и гайки, трубопроводы и фитинги, насосы, теплообменники
9 %-ная никелевая сталь	Резервуары
Никелевые сплавы, ферроникель	Резервуары, болты и гайки
Железоникелевая сталь инвар (36 % никеля)	Трубопроводы, резервуары
Алюминиевые сплавы	Резервуары, теплообменники

Окончание таблицы 3

Наименование	Область применения
Медь и медные сплавы	Уплотнения, трущиеся поверхности
Эластомер	Уплотнения, прокладки
Бетон (предварительно напряженный)	Резервуары
Графит	Уплотнения, сальники
Фторэтиленпропилен	Электроизоляция
Политетрафторэтилен (тефлон)	Уплотнения, сальники, опорные поверхности
Политрифторхлорэтилен	Опорные поверхности
Стеллит[a)]	Опорные поверхности
[a)] Состав стеллита, % масс.: кобальт — 55, хром — 33, вольфрам — 10, углерод — 2.	

7.1.3 Материалы, не контактирующие со сжиженным природным газом в нормальных условиях эксплуатации

Основные материалы, применяемые для сооружений, работающих при низких температурах, но не предназначенные для прямого контакта с СПГ при нормальных условиях эксплуатации, приведены в таблице 4. Приведенный перечень не является полным.

Таблица 4 — Материалы, не используемые в контакте с СПГ при обычных условиях эксплуатации

Наименование	Область применения
Низколегированная нержавеющая сталь	Шариковые подшипники
Бетон (предварительно напряженный, армированный)	Резервуары
Коллоидный бетон	Защитная обваловка
Древесина (бальза, клееная фанера, кора пробкового дерева)	Теплоизоляция
Эластомер	Мастика, клей
Стекловата	Теплоизоляция
Вермикулит (вспученная слюда)	Теплоизоляция
Поливинилхлорид	Теплоизоляция
Полистирол	Теплоизоляция
Полиуретан	Теплоизоляция
Полиизоцианурат	Теплоизоляция
Песок	Теплоизоляция
Силикат кальция	Защитная обваловка
Кварц (стекло)	Теплоизоляция
Пеностекло	Теплоизоляция, защитная обваловка
Перлит	Теплоизоляция

7.1.4 Дополнительная информация

В качестве материала для теплообменников часто используют алюминий. Алюминий может контактировать с СПГ при условии, что СПГ не содержит примесей, вызывающих коррозию алюминия, например ртути.

Трубные и пластинчатые теплообменники, так называемые «холодные боксы», на заводах по сжижению природного газа как правило защищают стальным корпусом.

Алюминий также используют для изготовления подвесных крыш внутри резервуаров.

Оборудование и материалы, специально предназначенные для жидкого кислорода или жидкого азота как правило также пригодны для СПГ.

Оборудование, предназначенное для СПГ, рассчитанное на высокое давление и соответствующую температуру, должно быть спроектировано с учетом возможного снижения температуры в случае разгерметизации системы.

7.2 Термические напряжения

Наиболее часто криогенное оборудование, используемое в индустрии СПГ, подвергается быстрому охлаждению — от температуры окружающей среды до температуры, характерной для СПГ.

Температурные градиенты, возникающие в процессе охлаждения, вызывают термические напряжения, которые являются кратковременными и циклическими, при этом максимальное напряжение возникает вдоль стенок резервуаров, контактирующих с СПГ. Указанные термические напряжения нарастают с увеличением толщины материала и могут стать существенными при толщине более 10 мм. Для критических точек переходные или ударные напряжения можно вычислить с использованием установленных методов, и они должны быть испытаны на хрупкое разрушение.

Экстремальные температуры на объектах СПГ приводят к значительным тепловым расширениям или сжатиям. Для предотвращения перенапряжений трубопроводы и другие элементы конструкции необходимо располагать с учетом возможных смещений.

Если трубопровод заполнен СПГ частично, температурный градиент от верхней к нижней части трубы может вызывать напряжения изгиба и остаточные деформации, что может привести к разгерметизации, главным образом в местах фланцевых соединений.

Для минимизации изгибов и предотвращения напряжений из-за изменения температуры во всех режимах (охлаждение, нагрев, переходные режимы и др.) должны быть проведены исследования оборудования и трубопроводных систем на гибкость. Испытания на пластичность должны включать все обычные, аварийные и исключительные случаи нагрузки (вес, ветер, снег, землетрясения и др.).

Приложение ДА
(справочное)

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

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного стандарта
ГОСТ Р 56352—2015	NEQ	NFPA 59A «Стандарт по производству, хранению и обращению со сжиженным природным газом (СПГ)»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - NEQ — неэквивалентные стандарты.		

Библиография

[1]	ISO 6568	Natural gas — Simple analysis by gas chromatography
[2]	ISO 6974	Natural gas — Determination of composition with defined uncertainty by gas chromatography method
[3]	ISO 6578	Refrigerated hydrocarbon liquids — Static measurement — Calculation procedure
[4]	ISO 8310	Refrigerated hydrocarbon and non-petroleum based liquefied gaseous fuels — General requirements for automatic tank thermometers on board marine carriers and floating storage
[5]	ГН 2.2.5.1313—03 Гигиенические нормативы	Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
[6]	EN 1473	Installation and equipment for liquefied natural gas — Design of onshore installation
[7]	NFPA 59A	Standard for the production, storage, and handling of liquefied natural gas (LNG)

УДК 66–911.33:665.612.3:006.354 МКС 75.160.30

Ключевые слова: сжиженный природный газ, общие характеристики

Редактор *Л.О. Рогова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 31.03.2017. Подписано в печать 24.04.2017. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68. Тираж 33 экз. Зак. 598.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.

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

gost.e-ecolog.ru