



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ
741—
2024

Нефтяная и газовая промышленность
СИСТЕМЫ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ
Сосуды высокого давления

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Газпром 335» (ООО «Газпром 335»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 023 «Нефтяная и газовая промышленность»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23 мая 2024 г. № 26-пнст

Правила применения настоящего стандарта и проведения его мониторинга установлены в ГОСТ Р 1.16—2011 (разделы 5 и 6).

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии собирает сведения о практическом применении настоящего стандарта. Данные сведения, а также замечания и предложения по содержанию стандарта можно направить не позднее чем за 4 мес до истечения срока его действия разработчику настоящего стандарта по адресу: inf@gazprom335.ru и/или в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии по адресу: 123112 Москва, Пресненская набережная, д. 10, стр. 2.

В случае отмены настоящего стандарта соответствующая информация будет опубликована в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты» и также будет размещена на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru)

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2024

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

II

Содержание

1 Область применения1

2 Нормативные ссылки.....1

3 Термины и определения2

4 Сокращения2

5 Общие положения2

6 Проектирование по нормативным расчетам2

7 Проектирование на основе расчета напряжений2

 7.1 Общие сведения2

 7.2 Численный расчет напряжений2

 7.3 Условия нагружения3

 7.4 Защита от пластического разрушения3

 7.5 Метод расчета условных упругих напряжений.....3

 7.6 Метод расчета предельной нагрузки.....4

 7.7 Метод расчета упругопластических напряжений4

 7.8 Защита от местных разрушений4

 7.9 Защита от разрушения при потере устойчивости5

8 Материалы5

Библиография6

Введение

Создание и развитие отечественных технологий и техники для освоения шельфовых нефтегазовых месторождений должно быть обеспечено современными стандартами, устанавливающими положения для проектирования, строительства и эксплуатации систем подводной добычи. Для решения данной задачи Министерством промышленности и торговли Российской Федерации и Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии реализуется «Программа по обеспечению нормативной документацией создания отечественной системы подводной добычи для освоения морских нефтегазовых месторождений». В объеме работ программы предусмотрена разработка национальных стандартов и предварительных национальных стандартов, областью применения которых являются системы подводной добычи углеводородов.

Целью разработки настоящего предварительного национального стандарта является установление единых правил и общих положений для проектирования сосудов, работающих под давлением, и выбора материалов для их изготовления.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Нефтяная и газовая промышленность

СИСТЕМЫ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ

Сосуды высокого давления

Petroleum and natural gas industry. Subsea production systems. High pressure vessels

Срок действия — с 2024—06—30
до 2027—06—30

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает общие положения и рекомендации для проектирования сосудов, работающих под давлением (далее — сосудов), применяемых в системах подводной добычи углеводородов.

1.2 Настоящий стандарт распространяется на сосуды, предназначенные для эксплуатации в морской воде под внутренним избыточным давлением и внешним гидростатическим давлением.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 24522 Контроль неразрушающий капиллярный. Термины и определения

ГОСТ 34233.1 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования

ГОСТ 34233.2 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет цилиндрических и конических обечаек, выпуклых и плоских днищ и крышек

ГОСТ 34233.3 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и наружном давлениях. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер

ГОСТ 34233.4 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность и герметичность фланцевых соединений

ГОСТ 34233.5 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет обечаек и днищ от воздействия опорных нагрузок

ГОСТ 34233.6 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Расчет на прочность при малоцикловых нагрузках

ГОСТ 34233.9 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Аппараты колонного типа

ГОСТ 34233.10 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Сосуды и аппараты, работающие с сероводородными средами

ГОСТ Р 54803—2011 Сосуды стальные сварные высокого давления. Общие технические требования

ГОСТ Р 55599—2013 Сборочные единицы и детали трубопроводов на давление свыше 10 до 100 МПа. Общие технические требования

ГОСТ Р 55612 Контроль неразрушающий магнитный. Термины и определения

ГОСТ Р 59304 Нефтяная и газовая промышленность. Системы подводной добычи. Термины и определения

Издание официальное

1

П р и м е ч а н и е — 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 термины по ГОСТ Р 59304, ГОСТ Р 55612, ГОСТ 24522, ГОСТ Р 54803 и [1].

4 Сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

МКЭ — метод конечных элементов;

СПД — системы подводной добычи;

LRFD — расчет с учетом коэффициентов нагрузки и сопротивления (load and resistance factor design).

5 Общие положения

Типы сосудов для СПД выбирают в зависимости от его назначения и технологических возможностей завода-изготовителя. При выборе типа сосудов учитывают 4.2 ГОСТ Р 54803—2011.

6 Проектирование по нормативным расчетам

Проектирование по нормативным расчетам сосудов, применяемых в СПД, выполняют в соответствии с ГОСТ 34233.1—ГОСТ 34233.6 и ГОСТ 34233.9, ГОСТ 34233.10.

7 Проектирование на основе расчета напряжений

7.1 Общие сведения

7.1.1 Проектирование на основе методик данного раздела может быть использовано в качестве дополнительного метода для проектирования по нормативным расчетам. Дополнительно к положениям настоящего раздела рекомендуется применять положения [2].

7.1.2 Проектирование на основе расчета напряжений предусматривает принципы защиты от видов разрушения, перечисленные ниже:

- защита от пластического разрушения;
- защита от местного разрушения;
- защита от потери устойчивости.

7.1.3 Для отдельного конкретного оборудования дополнительно может выполняться оценка по критериям, связанным с функционированием оборудования.

7.2 Численный расчет напряжений

7.2.1 Проектирование основано на использовании результатов, полученных в ходе детального численного расчета напряжений элемента сосуда. В зависимости от действующих нагрузок может выполняться тепловой расчет для определения распределения температуры и соответствующих температурных напряжений.

7.2.2 В разделе приведены процедуры расчета напряжений для определения защиты от пластического разрушения, местного разрушения и потери устойчивости. Процедуры описывают задание условий нагружения, свойств материала, принципы обработки результатов и сопоставления с критериями оценки для подтверждения пригодности элемента сосуда.

7.2.3 Для расчета напряжений используются следующие свойства материала:

- физические свойства: модуль Юнга, коэффициент теплового расширения, теплопроводность, коэффициент теплопроводности, плотность, коэффициент Пуассона;
- параметры прочности: допускаемое напряжение, минимальный заданный предел текучести, минимальный заданный предел прочности;
- монотонная кривая напряжения-деформации: упруго-идеально пластическая и пластическая кривая истинного напряжения-деформации с деформационным упрочнением.

7.3 Условия нагружения

7.3.1 Все применимые нагрузки, приложенные к элементу сосуда, должны учитываться в соответствии с расчетными случаями и комбинациями нагрузок, приведенных в этом разделе. Дополнительные нагрузки и условия нагружения рекомендуется принимать согласно [2].

7.3.2 При расчете должны учитываться комбинации расчетных нагрузок. Расчетные параметры приведены в [2].

7.4 Защита от пластического разрушения

7.4.1 Для оценки защиты от пластического разрушения предусмотрены следующие методы расчета:

- метод расчета условных упругих напряжений — напряжения вычисляются с помощью расчета в упругой постановке, классифицируются по категориям и ограничиваются допускаемыми значениями;
- метод предельной нагрузки — выполняется расчет для определения нижней границы предельной нагрузки;
- метод расчета упругопластических напряжений — разрушающая нагрузка рассчитывается на основе расчета в упругопластической постановке.

7.4.2 Для элементов сосуда со сложной геометрией либо находящихся под воздействием сложной нагрузки, а также для толстостенных элементов сосуда, когда процесс категоризации напряжений может привести к неоднозначным результатам, следует применять методы расчета предельной нагрузки или упругопластических напряжений.

7.5 Метод расчета условных упругих напряжений

7.5.1 Для оценки защиты от пластического разрушения результаты расчета упругих напряжений элемента сосуда классифицируют по определенным категориям и сравнивают с соответствующим предельным значением. Для определения эквивалентного напряжения используется критерий максимальной энергии деформации (модель фон Мизеса).

7.5.2 Основные эквивалентные категории напряжений и связанные с ними критерии пластического разрушения

7.5.2.1 Общее мембранное напряжение

Общее первичное мембранное эквивалентное напряжение представляет собой эквивалентное напряжение, полученное на основе среднего значения по толщине сечения общих первичных напряжений, образуемых расчетным внутренним давлением и другими указанными механическими нагрузками, исключая все вторичные и пиковые напряжения.

7.5.2.2 Местное первичное мембранное напряжение

Местное первичное мембранное эквивалентное напряжение представляет собой эквивалентное напряжение, полученное на основе среднего значения по толщине сечения местных первичных напряжений, создаваемых расчетным давлением и указанными механическими нагрузками, но исключая все вторичные и пиковые напряжения.

7.5.2.3 Первичное мембранное напряжение и первичное изгибное эквивалентное напряжение

Первичное мембранное (общее или местное) плюс первичное изгибное эквивалентное напряжение представляет собой эквивалентное напряжение, вычисленное на основе самого высокого значения по толщине сечения для линеаризованных общих или местных первичных мембранных напряжений

плюс первичных изгибных напряжений, создаваемых расчетным давлением и другими механическими нагрузками, исключая вторичные и пиковые напряжения.

7.5.2.4 Размах первичных и вторичных напряжений определяется на основе комбинации общих или местных первичных мембранных, первичных изгибных и вторичных напряжений, создаваемых внутренним и внешним давлениями, механическими нагрузками, а также общими температурными эффектами.

7.5.3 Допускаемые напряжения принимаются в соответствии с ГОСТ 34233.1.

7.5.4 Результаты расчета упругих напряжений могут использоваться для расчета эквивалентных линеаризованной мембранных и изгибных напряжений для сопоставления с предельными значениями.

7.5.5 Эквивалентные напряжения для элемента сосуда, находящегося под воздействием нагрузки, не должны превышать установленных допустимых значений. Применяют следующую процедуру для расчета, классификации и последующей оценки эквивалентного напряжения:

- определяют типы действующих нагрузок;
- рассчитывают тензор напряжения для каждого типа нагружения.

Примечание — Каждому из вычисленных тензоров напряжений назначается категория или группа напряжений;

- тензоры напряжений суммируют в соответствии с назначенной категорией эквивалентных напряжений.

7.5.6 Категории напряжений для расчета методом условных упругих приведены в [2].

7.6 Метод расчета предельной нагрузки

7.6.1 Расчет по методу предельной нагрузки основывается на защите от полной пластической деформации конструкции. Расчет применяется к одной или нескольким статическим нагрузкам. Перемещения и деформации, полученные в результате расчета по методу предельной нагрузки, оценке не подлежат. Защита от пластического разрушения с помощью расчета предельной нагрузки основана на определении нижней границы предельной нагрузки конструкции. Предельная нагрузка определяется решением численной модели с учетом идеально упругопластической модели материала с заданным пределом текучести. Соотношения перемещения — деформация относятся к теории малых перемещений.

7.6.2 Метод расчета предельной нагрузки не учитывает влияние нагрузок, вызванных перемещениями, и нагрузки от градиента температуры.

7.6.3 Предельной нагрузкой является нагрузка, которая вызывает общую конструкционную неустойчивость. Для численного расчета (например, конечно-элементным методом) критерием достижения предельной нагрузки является неспособность достичь равновесного решения при небольшом увеличении нагрузки (т. е. решение не сходится). В таком случае величиной предельной нагрузки принимается наибольшее значение нагрузки, при которой было достигнуто решение.

7.6.4 Для расчета предельной нагрузки рекомендуется использовать LRFD, приведенный в [3].

7.7 Метод расчета упругопластических напряжений

7.7.1 Для оценки защиты от пластического разрушения элемента сосуда проводится упругопластический расчет напряжений. Допустимая нагрузка на элемент сосуда рассчитывается с помощью коэффициента запаса к расчетной пластической разрушающей нагрузке.

7.7.2 Нагрузкой пластического разрушения является нагрузка, вызывающая общую конструкционную неустойчивость элемента сосуда. Для расчета нагрузки пластического разрушения применяют LRFD.

7.7.3 Нагрузка пластического разрушения может быть получена с помощью МКЭ с учетом модели упругопластического поведения материала и эффектов геометрической нелинейности.

7.8 Защита от местных разрушений

В дополнение к защите от пластического разрушения должны быть соблюдены критерии защиты от местного разрушения. Эти критерии применяются для сосудов, в которых толщина и конфигурация определяются на основании расчета.

Если в итоге процесса производства элемент сосуда имеет начальные пластические деформации, их необходимо учесть путем суммирования с эквивалентной пластической деформацией.

7.9 Защита от разрушения при потере устойчивости

7.9.1 Для исключения потери устойчивости элемента сосуда в условиях внешнего гидростатического давления должна быть проведена оценка коэффициента запаса по разрушению при потере устойчивости.

7.9.2 Коэффициент запаса, используемый при оценке устойчивости конструкции, зависит от типа выполняемого расчета устойчивости.

8 Материалы

8.1 Материалы, применяемые для изготовления сосудов, должны обеспечивать их надежную работу в течение расчетного срока службы.

8.2 Материалы по химическому составу и механическим свойствам должны соответствовать положениям настоящего стандарта, ГОСТ Р 54803 и [4]. Качество и характеристики материала должны быть подтверждены поставщиком сертификатами, в которых указывают сведения о термообработке материала.

8.3 При выборе материалов для изготовления сосудов должны быть учтены: расчетное давление, минимальная отрицательная и максимальная расчетная температуры стенки сосуда, химический состав (содержание отдельных компонентов и примесей) и характер среды (коррозионно-активный, взрывоопасный, токсичный и т. п.), свариваемость и другие технологические характеристики материала, в том числе его коррозионная стойкость. Для сварных элементов (деталей сосуда), работающих под рабочим давлением при температуре не более минус 21 °С, содержание серы и фосфора в металле не должно превышать 0,025 % каждого элемента.

8.4 Для определения необходимой толщины стенки трубы при заказе необходимо учитывать минусовой допуск на ее толщину. После определения минимальной толщины стенки ее следует увеличить на достаточную величину для обеспечения производственного нижнего допуска, разрешенного в спецификации данной трубы или трубного изделия.

8.5 Материалы для сборочных единиц и деталей трубопроводов, входящих в комплект сосуда, выбирают в соответствии с ГОСТ Р 55599.

8.6 Круги и прутки могут использоваться при изготовлении сосуда, работающего под давлением, для деталей под давлением, таких как фланцевые кольца, кольца жесткости, рамы для усиленных отверстий, анкера и анкерные болты и аналогичные детали. За исключением фланцев всех типов, полые детали цилиндрической формы до DN 100 могут быть изготовлены из горячекатаного или ковального круга при условии, что осевая длина детали приблизительно параллельна линиям течения металла во время производства заготовки. Другие детали, такие как днища или крышки до DN 100, без фланцев, могут быть изготовлены из горячекатаного или ковального круга путем механической обработки. Отводы и тройники не должны изготавливаться непосредственно из горячекатаного или ковального круга путем механической обработки.

8.7 Шпильки, болты и гайки из высоколегированной стали можно использовать с элементами сосуда из углеродистой и низколегированной стали. Необходимо учитывать различия в термическом расширении и возможную коррозию, вызываемую соединением разнородных материалов.

8.8 Углеродистая и низколегированная сталь с содержанием углерода более 0,35 % по анализу плавки не должна использоваться в сварной конструкции.

Библиография

- [1] РД 26-18-89 Сосуды. Термины и определения
- [2] ASME BPVC.VIII.2-2023 Кодекс по котлам и сосудам под давлением, раздел VIII, раздел 2: Альтернативные правила (Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 2: Alternative Rules)
- [3] Руководство по критериям расчета фактора нагрузки и сопротивления (LRFD) для морских сооружений, Американское бюро судоходства (ABS), 2016.
- [4] 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)

УДК 622.276.04:006.354

ОКС 75.020

Ключевые слова: нефтяная и газовая промышленность, системы подводной добычи, сосуды высокого давления

Редактор *Е.Ю. Митрофанова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.И. Першина*
Компьютерная верстка *Л.А. Круговой*

Сдано в набор 24.05.2024. Подписано в печать 29.05.2024. Формат 60×84%. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 0,70.

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.
www.gostinfo.ru info@gostinfo.ru