



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ
742—
2024

Нефтяная и газовая промышленность
СИСТЕМЫ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ

**Проектирование оборудования
для условий высокого давления и температуры.
Общие положения**

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 3 октября 2024 г. № 55-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

Введение

Создание и развитие отечественных технологий и техники для освоения шельфовых нефтегазовых месторождений должно быть обеспечено современными стандартами, устанавливающими положения и правила 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 стандарта является установление общих положений для проектирования оборудования систем подводной добычи углеводородов, предназначенного для эксплуатации в условиях высокого давления и температуры.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Нефтяная и газовая промышленность

СИСТЕМЫ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ

Проектирование оборудования для условий высокого давления и температуры.
Общие положения

Petroleum and natural gas industry.
Subsea production systems.

Equipment design for high-pressure and high-temperature conditions. General principles

Срок действия — с 2025—01—30
до 2028—01—30

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт содержит общие положения для проектирования оборудования систем подводной добычи углеводородов, предназначенного для эксплуатации в условиях высокого давления и температуры.

1.2 Настоящий стандарт распространяется на устьевое оборудование и фонтанную арматуру, проектируемые для работы под давлением от 105 до 207 МПа и при температуре от 177 °С до 233 °С.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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 Р 27.012 (МЭК 61882:2016) Надежность в технике. Анализ опасности и работоспособности (HAZOP)

ГОСТ Р 27.303 (МЭК 60812:2018) Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов

ГОСТ Р 51365 (ИСО 10423:2003) Нефтяная и газовая промышленность. Оборудование для бурения и добычи. Оборудование устья скважины и фонтанное устьевое оборудование. Общие технические требования

ГОСТ Р 53678 (ИСО 15156-2:2003) Нефтяная и газовая промышленность. Материалы для применения в средах, содержащих сероводород, при добыче нефти и газа. Часть 2. Углеродистые и низколегированные стали, стойкие к растрескиванию, и применение чугунов

ГОСТ Р 55311 Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Термины и определения

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

ГОСТ Р 59305 (ИСО 13628-1:2005) Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 1. Общие требования и рекомендации

ГОСТ Р 71122—2023 (ИСО 13628-15:2011) Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 15. Подводные конструкции и манифольды

Издание официальное

1

ГОСТ Р 71205 (ИСО 13628-7:2005) Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация систем подводной добычи. Часть 7. Райзерные системы для заканчивания, ремонта скважин

ГОСТ Р ИСО 9000 Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь

ГОСТ Р ИСО 13628-4 Нефтяная и газовая промышленность. Проектирование и эксплуатация подводных эксплуатационных систем. Часть 4. Подводное устьевое оборудование и фонтанная арматура

ПНСТ 690—2022 Нефтяная и газовая промышленность. Системы подводной добычи. Проектирование электрохимической защиты. Методические указания

ПНСТ 697—2024 Нефтяная и газовая промышленность. Системы подводной добычи. Расчет сопротивления усталости морских стальных сооружений. Методические указания

ПНСТ 741—2024 Нефтяная и газовая промышленность. Системы подводной добычи. Сосуды высокого давления

ПНСТ 748—2024 Нефтяная и газовая промышленность. Системы подводной добычи. Нагрузки, воздействия и реакции

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 термины по ГОСТ Р 55311, ГОСТ Р 59304, ГОСТ Р ИСО 9000.

4 Общие положения

4.1 Общие сведения

4.1.1 При проектировании оборудования, предназначенного для работы под высоким давлением и при высоких температурах в системах подводной добычи, применяют положения настоящего стандарта, ГОСТ Р ИСО 13628-4, ГОСТ Р 51365, а также ПНСТ 741—2024.

4.1.2 При проектировании подводного оборудования, предназначенного для работы под высоким давлением и при высокой температуре, учитывают совместное влияние высокого давления и высоких температур, вызываемые ими изменения свойств материалов и геометрических размеров оборудования, а также воздействия и нагрузки в соответствии с ГОСТ 34233.1 и ПНСТ 748—2024.

4.1.3 Подводное оборудование, предназначенное для работы под высоким давлением и при высокой температуре в системах подводной добычи, должно соответствовать [1] и [2].

4.1.4 Подводное оборудование в условиях нормальной эксплуатации должно выдерживать номинальное рабочее давление и номинальную температуру без деформаций.

4.1.5 Характеристики подводного оборудования должны соответствовать техническому заданию на проектирование и подтверждаться расчетом.

4.1.6 Верификацию проектных решений выполняют в соответствии с 5.2 и разделом 7 ГОСТ Р 71122—2023.

4.1.7 Проектирование электрохимической защиты выполняют в соответствии с ПНСТ 690—2022.

4.1.8 На стадии проектирования оборудования выполняют анализ опасности и работоспособности по ГОСТ Р 27.012 и анализ видов, последствий и критичности отказов по ГОСТ Р 27.303.

4.2 Исходные данные для проектирования

Исходными данными для проектирования подводного оборудования являются:

- давление и температура пластового флюида в забое подводной скважины (в течение жизненного цикла подводной скважины);
- свойства и состав пластового флюида (в т. ч. H_2S , CO_2);
- механические/конструкционные нагрузки;
- условия окружающей среды;
- циклические нагрузки (в т. ч. циклы давления, циклы температуры, нагрузки, вызываемые потоком, внешние нагрузки и т. д.);
- специфические нагрузки и характеристики, включая условия испытаний, возможные условия циклических нагрузок, а также изменения этих параметров в течение срока службы оборудования, перепад температур, внешние нагрузки.

4.3 Конструкция

4.3.1 При проектировании подводного оборудования применяют конфигурации и конструкции оборудования согласно ГОСТ Р ИСО 13628-4 и ГОСТ Р 51365.

4.3.2 Подводное оборудование для эксплуатации в условиях высокого давления и высоких температур проектируют как оборудование нетиповых размеров с увеличенной толщиной стенок.

4.4 Расчет

4.4.1 Общие сведения

4.4.1.1 Проектные характеристики подводного оборудования подтверждают расчетом на прочность, который выполняют по методам расчета и нормативным положениям ГОСТ 34233.1, ГОСТ 34233.2 и ГОСТ Р 71205, учитывая нагрузки, возникающие во время эксплуатации, испытаний, транспортирования и монтажа.

4.4.1.2 Подводное оборудование проектируют на расчетное количество циклов давления/температуры и на циклические нагрузки.

4.4.1.3 При расчете проектных решений оборудования, предназначенного для работы под высоким давлением и при высокой температуре, используют допустимые свойства материалов (в т. ч. предел текучести, прочность на разрыв, модуль упругости) и характеристики усталостной прочности (в т. ч. кривые S-N, вязкость разрушения, скорость распространения усталостной трещины).

4.4.2 Упругопластический расчет

4.4.2.1 В рамках расчета на прочность выполняют упругопластический расчет для исключения разрушения подводного оборудования.

4.4.2.2 Для расчетной модели упругопластического расчета используют следующие характеристики материала:

а) расчетный минимальный предел текучести [при температуре $(24 \pm 2,7) ^\circ C$] и предел текучести материала, пересчитанный для повышенной температуры;

б) расчетная минимальная прочность на растяжение [при температуре $(24 \pm 2,7) ^\circ C$] и предельная растягивающая нагрузка, пересчитанная для повышенной температуры;

в) модуль упругости (модуль Юнга);

г) коэффициент Пуассона;

д) температурные свойства, в зависимости от применения;

е) данные о истинном напряжении/истинной деформации (с деформационным упрочнением).

4.4.2.3 Для упругопластического расчета выполняют моделирование истинного напряжения/истинной деформации с пересчетом для повышенной температуры или данные испытаний материала.

4.4.2.4 В наиболее приемлемом упругопластическом анализе используют расчетную предельную растягивающую нагрузку материала за пределами расчетного минимального предела текучести.

4.4.2.5 Кривая напряжений/деформаций может быть построена на данных испытаний с учетом влияния расчетной максимальной температуры на свойства материала.

4.4.2.6 Расчет сопротивления усталости материалов выполняют на основе циклов напряжений (S-N кривых) по ПНСТ 697—2024.

4.5 Уплотнительные элементы

4.5.1 При выборе металлических и неметаллических уплотнительных элементов учитывают функциональные характеристики оборудования, которые включают следующее:

- рабочие давления (минимальные/максимальные);
- рабочие температуры (минимальные/максимальные);
- циклические последовательности (изменения давления и температуры);
- плановые и внеплановые мероприятия по эксплуатации оборудования, включающие монтажные и демонтажные работы подводного оборудования.

4.5.2 Материал уплотнительных элементов должен обладать пластичностью при сборке/разборке с учетом срока службы в диапазоне температур и упругой стойкости к повторяющимся циклам расширения/сжатия окружающих уплотнения частей оборудования.

4.5.3 Для неметаллических уплотнительных элементов учитывают пределы температур, выход за которые меняет структуру их молекулярных связей или физические свойства. Для определения эксплуатационной долговечности неметаллические уплотнительные элементы подвергают испытаниям ускоренного старения при повышенных температурах.

4.6 Крепежные изделия

4.6.1 Крепежные изделия, подверженные циклическим нагрузкам, рассчитывают на сопротивление усталости.

4.6.2 Для крепежных изделий не допускают условий плоской деформации, которая может привести к хрупкому излому.

4.6.3 Срок службы крепежного соединения определяют по гистограмме нагрузок.

4.6.4 Прогнозирование ресурса по усталости крепежного изделия следует осуществлять на основе расчета с учетом накопленного усталостного повреждения.

4.6.5 Минимальный расчетный ресурс по усталости должен быть минимум в три раза выше срока службы элементов оборудования, считающихся доступными для контроля.

4.6.6 Для элементов оборудования, недоступных для контроля, расчетная усталостная стойкость должна минимум в десять раз превышать срок службы.

4.6.7 Проектируемые крепежные изделия в условиях высоких температур рассчитывают на напряжения, создаваемые температурным расширением, и на релаксацию напряжения при максимальной рабочей температуре.

4.7 Материалы

4.7.1 Выбор материалов осуществляют по ГОСТ Р ИСО 13628-4 и ГОСТ Р 59305 с учетом воздействия добываемого продуктового флюида, химических реагентов и жидкостей, применяемых для заканчивания скважин.

4.7.2 Материалы уплотнений должны обладать следующими характеристиками:

- устойчивость к транспортируемой среде;
- способность сохранять свои свойства в диапазоне рабочих температур и давлений в течение проектного срока службы;
- устойчивость к истиранию;
- антикоррозийные свойства.

4.7.3 Для уплотнений применяют металлические и неметаллические материалы.

4.7.4 Выбор материала уплотнений выполняют по максимальной расчетной температуре.

4.7.5 В анализ видов и последствий отказов, выполняемый при проектировании, включают анализ отказа уплотнений и его последствия.

4.7.6 При оценке электрохимической коррозии уплотнений из металлических материалов учитывают увеличение скорости коррозии при высокой температуре.

4.7.7 Выбор металлических материалов уплотнений для работы в сероводородной среде выполняют по ГОСТ Р 53678.

4.8 Крепежные изделия

4.8.1 В условиях высокого давления и высоких температур для крепежных изделий учитывают релаксации напряжений, ползучести и ускорения механизмов коррозии.

4.8.2 Для крепежных изделий применяют никелевые сплавы UNS № 09925, UNS № 09945, UNS № 09935, UNS № 07725, UNS № 07716 и UNS № 07718 или их аналоги.

4.9 Верификация проектных решений

4.9.1 Общие сведения

4.9.1.1 Целью верификации проектных решений является установление их соответствия заданию на проектирование.

4.9.1.2 При верификации проектных решений оценивают следующие виды отказа оборудования:

- общее пластическое разрушение;
- локальное разрушение;
- эффекты прогрессирующей деформации.

4.9.1.3 Верификацию проекта на предмет защиты от пластического разрушения выполняют посредством расчета нагрузок, приводящих к пластическому разрушению элемента оборудования.

4.9.1.4 При верификации проекта натяжение крепежных изделий рассматривают как нагрузку.

4.9.2 Общее пластическое разрушение

4.9.2.1 Верификацию проекта на предмет защиты от пластического разрушения выполняют при помощи упругопластического расчета по ГОСТ 34233.1.

4.9.2.2 Упругопластический расчет напряжений моделирует поведение материала под приложенными нагрузками. Максимальную допускаемую рабочую нагрузку рассчитывают с применением соответствующих коэффициентов нагрузки внутреннего и внешнего давления, гидростатической нагрузки и статической нагрузки с целью проверки данных нагрузок относительно превышения предельной нагрузки пластического разрушения компонента (нагрузка, при которой происходит несдерживаемая деформация).

4.9.3 Предел локальной деформации

4.9.3.1 Области разрывов структуры являются концентраторами высоких напряжений (пиковые напряжения/деформации), которые могут вызывать локальные пластические деформации и способствовать развитию усталостного повреждения или трещины.

4.9.3.2 Упругопластический расчет применяют для оценки локального напряжения или деформации.

4.9.3.3 Упругопластический расчет также может применяться для расчета предельной трехосной деформации оборудования сдерживания давления в областях пиковых деформаций. Расчет локальной деформации следует выполнять для нормальных и экстремальных условий нагрузок, применимых к условиям окружающей среды, по ГОСТ 34233.1.

4.10 Расчет усталостной прочности

4.10.1 Применяют следующие методы оценки усталостной прочности:

- проектирование по циклам напряжений S-N в зависимости от амплитуд знакопеременных напряжений или деформаций;
- проектирование по механике трещинообразования на основе данных о скорости роста усталостной трещины в материале при знакопеременных циклах напряжений, выражающихся в знакопеременной интенсивности напряжения на вершине трещины.

4.10.2 Каждый метод требует в качестве исходных данных составления детальных гистограмм нагрузок для элемента оборудования со свойствами материалов, определенными для верификации проектных решений.

4.10.3 Оценку возможности отказа вследствие циклической усталости следует строить на эффективных знакопеременных напряжениях или знакопеременных деформациях для заданного числа циклов гистограммы нагрузок, предоставленных конечным пользователем/оператором, включающих, в зависимости от применимости, области эксплуатации в течение жизненного цикла и интервалы проведения контрольных мероприятий.

4.10.4 До оценки усталости при выполнении общей проверки проектных решений следует идентифицировать области наиболее высоких значений напряжений, создающих наибольший риск возникновения и/или разрастания усталостных трещин.

4.10.5 При применении расчета оборудования по механике трещинообразования пути роста трещины следует определять для главных деформаций. Следует принимать, что рост трещины будет происходить в направлении, перпендикулярном направлению напряжения, вызывающего главную деформацию с учетом того, что рост усталостной трещины зависит от направления нагружения.

4.10.6 Необходимо провести оценку последовательности нагрузок с целью установления комбинации нагрузок, приводящей к наименьшему количеству циклов до разрушения.

4.10.7 При применении расчета оборудования по механике трещинообразования предполагается, что дефект присутствует в области высокого циклического напряжения. За размер дефекта принимается наибольший допускаемый размер дефекта по критериям неразрушающего контроля.

Библиография

- [1] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением» (утверждены приказом Ростехнадзора от 15 декабря 2020 г. № 536)
- [2] Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности в нефтяной и газовой промышленности» (утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15 декабря 2020 г. № 534)

Ключевые слова: нефтяная и газовая промышленность, системы подводной добычи, проектирование, оборудование, высокое давление, высокая температура, общие положения

Редактор *Л.С. Зимилова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *М.В. Малеевой*

Сдано в набор 07.10.2024. Подписано в печать 21.10.2024. Формат 60×84%. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,18.

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