



ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ПНСТ
695—
2024

Нефтяная и газовая промышленность
СИСТЕМЫ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ
Проектирование конструкций

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 29 февраля 2024 г. № 10-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 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 принципов и указаний для проектирования и оценки морских конструкций систем подводной добычи углеводородов, воспринимающих нагрузки, и соответствующих им морских систем, которые подвергаются воздействиям, предусмотренным данным стандартом.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Нефтяная и газовая промышленность

СИСТЕМЫ ПОДВОДНОЙ ДОБЫЧИ

Проектирование конструкций

Petroleum and natural gas industry. Subsea production systems

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

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт определяет общие принципы и указания для проектирования конструкций систем подводной добычи углеводородов, воспринимающих нагрузки.

1.2 Положения настоящего стандарта предназначены для применения совместно с нормативными положениями ГОСТ Р 54483, ГОСТ Р 56000, ГОСТ Р 57123, ГОСТ Р 57148 и нормативных документов Российского морского регистра судоходства [1]—[3].

1.3 Настоящий стандарт применяется к различным типам материалов, используемым в конструкциях и их элементах, например таким, как сталь, бетон, алюминий.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 27.102 Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения

ГОСТ Р 53241 Геологоразведка морская. Требования к охране морской среды при разведке и освоении нефтегазовых месторождений континентального шельфа, территориального моря и прибрежной зоны

ГОСТ Р 54483 (ИСО 19900:2013) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Общие требования

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

ГОСТ Р 56000 Нефтяная и газовая промышленность. Морские добычные установки. Выполнение работ в арктических условиях. Основные требования

ГОСТ Р 57123 (ИСО 19901-2:2004) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Проектирование с учетом сейсмических условий

ГОСТ Р 57148 (ИСО 19901-1:2015) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Проектирование и эксплуатация с учетом гидрометеорологических условий

ГОСТ Р 58036 (ИСО 19901-5:2016) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Контроль нагрузки масс при проектировании и строительстве

ГОСТ Р 58772 (ИСО 19901-6:2009) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Морские операции

ГОСТ Р 59266 (ИСО 19901-9:2019) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Управление конструктивной целостностью

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

Издание официальное

1

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 59995 (ИСО 19901-4:2016) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Геотехнические и расчетные аспекты проектирования фундаментов;

СП 16.13330 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции»

СП 63.13330 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения»

СП 128.13330 «СНиП 2.03.06-85 Аллюминиевые конструкции»

СП 504.1325800 Инженерные изыскания для строительства на континентальном шельфе. Общие требования

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 можно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ Р 59304, ГОСТ Р 55311, ГОСТ Р 54483, ГОСТ Р 57123 и ГОСТ Р 27.102, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 верификация (verification): Подтверждение, посредством представления объективных свидетельств, того, что установленные требования были выполнены.

3.2 морской гарантийный сюрвейер (surveyor): Технический эксперт, представляющий интересы страховщика в отношении объектов морского страхования.

Примечание — Объектами морского страхования являются транспортные и строительно-монтажные работы с морскими нефтегазопромысловыми сооружениями и системами подводной добычи углеводородов (далее — сооружения) в целом или их элементами: погрузка с береговой площадки на транспортное судно, спуск с береговой площадки на воду, транспортирование на транспортном судне, буксировка на плаву или другие виды морского транспортирования, временные швартовные операции и позиционирование во время строительно-монтажных работ, изготовление и достройка на плаву, подготовка площадки установки в море, монтаж различными способами, забивка, погружение и закрепление свай и т. д., а также сами сооружения и суда технического флота, обеспечивающие проведение работ.

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

МГС	—	морской гарантийный сюрвейер;
PMPC	—	Российский морской регистр судоходства;
СПД	—	система подводной добычи;
ALS	—	особое предельное состояние;
DFF	—	расчетный коэффициент усталости;
FLS	—	предельное состояние по критериям усталостной прочности;
SLS	—	предельное состояние по критериям пригодности к нормальной эксплуатации;
ULS	—	основное предельное состояние.

5 Общие положения

5.1 Правила, стандарты и расчетные допущения

Коэффициенты воздействия, коэффициенты запаса прочности материала, DFF и правила сочетания воздействий применяются в соответствии с комплексом национальных стандартов на морскую нефтегазодобычу.

Расчетные допущения должны быть определены для использования в качестве основы для разработки проектной документации.

При проектировании подводных стальных конструкций под техническим наблюдением РМРС в дополнение к положениям настоящего стандарта следует руководствоваться [1]—[3] в части общих принципов проектирования конструкций с учетом внешних условий района эксплуатации, включая гидрометеорологическую обстановку.

5.2 Аттестация персонала и организации

5.2.1 Сотрудники, занимающиеся деятельностью, подпадающей под действие настоящего стандарта, должны иметь соответствующую квалификацию.

5.2.2 Квалификация специалистов, занимающихся проектированием конструкций, должна соответствовать поставленным задачам.

5.2.3 При использовании разработчиками в своей работе упрощенного моделирования/представления объектов либо альтернативных расчетов, вся документация с подробным описанием упрощений и используемых расчетов должна быть представлена заказчику.

5.3 Оценка рисков

В проектной документации на объект необходимо наличие оценки рисков проекта.

Объем оценки рисков и методы оценки рисков определяются заказчиком с учетом типа объекта и соответствующего накопленного опыта.

5.4 Оценка безопасности существующих объектов

Оценку существующих объектов (мощностей) проводят, если:

- конструкция и соответствующие морские системы были повреждены;
- продлен назначенный срок службы.

Оценку существующих объектов следует проводить с учетом следующих элементов:

- соответствующая информация о проектировании, изготовлении и установке, например исходные данные проекта, технические условия и исполнительно-техническая документация изготовителя;
- накопленный опыт по использованию и эксплуатации конструкции в отношении инцидентов, аварий, разрушения, ремонта и результатов проверки;
- существующее/текущее состояние объекта;
- оценка предполагаемых будущих разрушений конструкции на основании накопленного опыта по использованию;
- новые научные и технические разработки.

Оценку, анализ и верификацию того, что конструкция является достаточно безопасной в течение назначенного срока службы, следует проводить в соответствии с действующими техническими условиями, а также с действующей нормативной документацией на объекты.

Технические и эксплуатационные изменения, относящиеся к надежности и безопасности, должны быть представлены в проектной документации, включая план необходимых проверок и технического обслуживания.

Элементы конструкции, добавленные в результате изменений или принятия превентивных мер по устранению возможных аварий, должны быть спроектированы согласно выданным техническим условиям.

Проектирование конструкции выполняют с учетом:

- опыта эксплуатации и текущего состояния покрытия и его существующих повреждений из-за коррозии;
- системы контроля защиты от коррозии.

При реконструкции объектов подводных стальных конструкций под техническим наблюдением РМРС в дополнение к положениям настоящего стандарта следует руководствоваться [1]—[3].

5.5 Демонтаж

Демонтаж объектов должен закладываться на стадии проектирования. Должны быть подготовлены документы на демонтаж с данными по объекту и данными по условиям, которые могут повлиять на демонтаж объектов.

5.6 Оценка рисков

Морские системы и конструкции, воспринимающие нагрузку, должны обладать достаточной надежностью для предотвращения неприемлемых последствий вследствие локальных повреждений или отказов.

Проверка надежности включает оценку:

- локальных ошибок при проектировании, изготовлении и эксплуатации;
- локальных повреждений или человеческого фактора/ошибки при установке и эксплуатации.

Проверка локальных повреждений или отказов конструкции должна быть основана на принципах ALS.

6 Техническая документация и верификация

6.1 Техническая документация

Состав и содержание проектной документации на СПД регламентируется [4].

Потребность в технической документации, дополняющей проектную документацию на СПД, определяется оператором и заказчиком на различных этапах деятельности.

6.2 Верификация

6.2.1 Общие сведения

Оператор несет ответственность за проведение верификации. Верификация не может быть делегирована подрядчику, который отвечает за работу, подлежащую проверке.

Необходимо оценивать объем и методы верификации на всех различных этапах. В оценке следует уделить особое внимание последствиям любого отказа или дефекта, которые могут возникать при строительстве объекта и при планируемой эксплуатации.

6.2.2 Верификация на этапе проектирования

Верификация проекта должна включать проверку следующего:

- соответствия технических условий правилам и нормам;
- аттестации персонала и организации проекта;
- расчета воздействий и результата действия нагрузки;
- соответствия результатов случайных действий анализу рисков;
- проверку программного обеспечения и компьютерных программ на наличие всей необходимой документации по их использованию и применимости к решению поставленных задач;
- соблюдения положений по сбору гидрометеорологических данных согласно ГОСТ Р 57148;
- что отклонения во время производства и установки были учтены и, при необходимости, исправлены;
- что чертежи соответствуют расчетам и техническим условиям;
- защиты от коррозии и эрозии;
- что проверка проводится квалифицированными профессионалами.

В отношении проектирования бетонных конструкций проверка проекта должна соответствовать СП 63.13330.

Верификацию организации и аттестацию персонала рекомендуется проводить в сочетании с проверкой документации и аудитом.

6.2.3 Верификация во время производства и установки

Верификация во время производства и установки должна включать проверку следующего:

- а) соответствия технических условий общим правилам/положениям по безопасности и здравоохранению;

- б) подготовки необходимых инструкций по работе, процедур и планов;
- в) соответствия аттестации персонала;
- г) что методы и оборудование поставщиков, а также методы на строительной площадке являются удовлетворительными в отношении контроля размеров и качества элементов и материалов;
- д) соответствия размеров, допусков, материалов, защиты поверхности и исполнения работ основным положениям при проектировании;
- е) соответствия операций (отгрузки, перевозки, подъёмы) положениям и критериям, применяемым при проектировании;
- ж) фактического производства, где, например, сложно оценить качество после изготовления;
- и) что отклонения во время производства и установки были учтены и, при необходимости, исправлены.

Проведение верификации возможно совместить с авторским надзором за строительством.

Последующая оценка производства должна включать аудит системы обеспечения качества, проверку документации, проверку производственных испытаний и надзор за процессом.

В отношении проектирования бетонных конструкций проверка проекта должна соответствовать СП 63.13330.

6.2.4 Верификация во время срока службы

Верификация конструкций и соответствующих морских систем во время срока службы включает проверку:

- а) актуальности расчетов и технической документации;
- б) того, что техническое обслуживание, проектирование и производство в сочетании формируют основание для обеспечения необходимого уровня целостности;
- в) соответствия регламента технического обслуживания принципам, описанным в руководстве по техническому обслуживанию;
- г) того, что сбор данных по обслуживанию и опыт эксплуатации должным образом оценивают и используют для обновления программы проверок и сохраняют для последующего использования;
- д) того, что изменения в первоначальных данных объекта фиксируют и оценивают;
- е) целостности объекта;
- ж) процедуры готовности на случай аварии после отказа конструкции, части конструкции или соответствующих морских систем, включая критерии для запуска;
- и) аттестации персонала, занимающегося контролем целостности и проверкой.

6.2.5 Верификация оценки существующих объектов

Верификация оценки существующих объектов должна включать:

- а) оценку состояния готового и установленного объекта, включая геологические исследования;
- б) оценку изменений конструкции, морских систем и соответствующие границы ответственности во время эксплуатации;
- в) историю проверок и ремонтов конструкций и соответствующих морских систем;
- г) эффект от ущерба для конструкции и соответствующих морских систем;
- д) предсказанные эффекты старения объектов;
- е) оценку состояния систем защиты от коррозии;
- ж) уровень воды, эрозии, морское обрастание, метеорологические данные;
- и) оценку потребности в дополнительном определении воздействий и результата действия нагрузок.

7 Воздействия и результат действия нагрузок

7.1 Стандарты и руководящие принципы

Все воздействия, которые должны быть рассмотрены и учтены в проектировании, должны соответствовать классификации, указанной в ГОСТ Р 54483. Воздействия по ГОСТ Р 54483 классифицируют согласно изменениям значений во времени, изменениям в пространстве и результату действия нагрузки на конструкцию.

Проектные данные должны быть определены по фактическим измерениям на площадке или полученным данным из моделей. Такие данные должны быть указаны в расчетных допущениях.

7.2 Коэффициенты надежности

7.2.1 Общие положения

Принципы проектирования по коэффициентам надежности представлены в ГОСТ Р 54483.

7.2.2 Условия и особенности

При определении коэффициента необходимо учитывать следующее:

- а) возможность того, что воздействия будут отличаться от нормативных воздействий;
- б) снижение вероятности того, что величины одновременно действующих различных воздействий достигают их нормативных значений;
- в) возможный неточный расчет результата действия нагрузки, если такие неточности можно считать не зависящими от материала конструкций.

Ряд параметров при оценке усталости влияет на неопределенность расчета усталости конструкций. Чтобы учесть эту неопределенность и включить такие возможные проблемы, как последствие повреждений и доступность для проверки и ремонта, добавляют DFF, чтобы при проведении анализа усталости согласно стандартным процедурам получить конструкции с приемлемой безопасностью и надежностью.

Сниженный фактор воздействия 1,2 для ULS для постоянных воздействий в таблице 1, как правило, применяют для внешнего гидростатического воздействия, если можно оценить эффект этого воздействия. Если присутствует значительная неопределенность в отношении оценки внешнего гидростатического воздействия, следует использовать коэффициент 1,3. Также для конструкций, для которых значимы эффекты второго порядка, следует использовать коэффициент 1,3.

В случае неопределенности относительно того, были ли воздействия и результаты действия нагрузки определены с достаточной точностью, коэффициенты воздействий могут быть обоснованы в соответствии с 8.2.2. Расчет должен быть точным для возможности отличать различные этапы, части конструкции и типы отказов, и нужно учитывать точность для соответствующих операций.

Коэффициент воздействия 1,3 для воздействия волн, течения и ветра в таблице 1 может быть снижен до 1,15 для подводных конструкций, если исключены следующие события:

- а) угроза гибели людей;
- б) значительное загрязнение;
- в) экономические последствия.

7.3 Сочетания воздействий нагрузок

Принципы сочетания нагрузок приведены в ГОСТ Р 54483.

7.4 Особые положения

7.4.1 Проектирование конструкций с учетом их масс

Учет нагрузки масс при проектировании морских конструкций следует проводить согласно ГОСТ Р 58036.

7.4.2 Случайные воздействия и защита от случайных воздействий

Объекты должны быть спроектированы с учетом возможности внешнего влияния, соответствующего случайному событию с определенными последствиями. При оценке рисков случайных событий, технического, эксплуатационного и/или организационного риска следует учитывать требования по ГОСТ Р 54483.

8 Общие положения по проектированию конструкций

8.1 Принципы проектирования

Конструктивную систему и элементы конструкций следует проектировать в соответствии с ГОСТ Р 54483 и по следующим принципам:

- конструкции и элементы конструкции следует проектировать с учетом развития пластических деформаций;
- аварийная ситуация не должна привести к аварии большего масштаба, чем та, которая учитывалась в расчетной ситуации;
- конструкции должны быть спроектированы для минимизации концентраций напряжения и должны обеспечить равномерное, насколько это возможно, распределение напряжений;

- проектирование должно обеспечивать возможность производства согласно признанным техникам и практикам, включая обработку поверхности;
- проектирование элементов, выбор профилей и использование материалов следует выполнять для минимизации возможной коррозии, деградации и потребности в принятии специальных мер для предотвращения коррозии и деградации;
- конструкции должны обеспечивать доступ для проверки, наблюдения, технического обслуживания и ремонта;
- конструкции и элементы должны соответствовать функциональным характеристикам.

Объект может быть спроектирован с учетом того, что отдельные элементы могут быть заменены для обеспечения приемлемой общей безопасности. Процедуры замены должны быть разработаны на этапе проектирования.

8.2 Специальные проектные решения

8.2.1 Проектирование с учетом предельных состояний

Принципы проектирования по предельным состояниям установлены в ГОСТ Р 54483. Эксплуатационные характеристики конструкции или ее элементов рассматривают со ссылкой на определенные предельные состояния, при превышении которых конструкция перестает удовлетворять расчетным критериям.

Проектные расчеты конструкций надлежит проводить по четырем группам предельных состояний:

- основное предельное состояние (ULS), которое соответствует воздействиям экстремальных нагрузок;
- предельное состояние по критерию пригодности к нормальной эксплуатации (SLS), соответствующее воздействиям рабочих нагрузок, при которых возможно выполнение основных функций конструкции;
- предельное состояние по критерию усталостной прочности (FLS), которое соответствует критерию разрушения при действии циклических нагрузок;
- особое предельное состояние (ALS), которое соответствует ситуациям аварийного или аномального характера.

8.2.2 Проверка предельных состояний

При проектировании по предельным состояниям разрабатывают расчетную модель, по которой осуществляют проверку по каждому предельному состоянию.

При моделировании конструкции, нагрузок и граничных условий в зависимости от целей расчета и типа конструкции возможны определенные допущения и упрощения, не искажающие характера работы конструкции и не оказывающие существенного влияния на корректность получаемых результатов.

Расчетные воздействия и сопротивление могут быть рассчитаны с использованием детерминированных расчетных моделей. Предполагается, что обычные неопределенности расчетных моделей охватываются частными коэффициентами.

Проект может быть основан на более полном методе расчета надежности при условии документального подтверждения применимости метода с теоретической точки зрения и обеспечения приемлемой безопасности. Это позволяет использовать методы расчета надежности, которые влекут за собой калибровку факторов воздействия и материалов относительно заданного уровня вероятности отказа, или прямого проектирования с помощью таких методов. Уровень безопасности может быть определен непосредственно для безопасности известных типов конструкции и может быть основан на соответствующих допущениях.

При использовании методов обеспечения надежности необходимо документировать все результаты, которые обеспечивают безопасность.

8.2.3 Основное предельное состояние (ULS)

Для алюминиевых конструкций коэффициенты материала для использования с целью определения сопротивления согласно СП 128.13330 должны приниматься как рекомендуемое значение для соответствующего коэффициента γ_{Mi} в СП 128.13330 с умножением на $\gamma_{BC} = 1,1$.

Для конструкций из железобетона коэффициент материала должен быть 1,25. Для арматуры и предварительно напряженного железобетона коэффициент материала должен быть 1,15.

В случае геотехнического анализа коэффициент запаса прочности материала обычно не должен быть ниже 1,25. Для свай и анкеров коэффициент запаса прочности материала для грунта должен быть 1,3. Коэффициент запаса прочности материала применяется к группе свай. Коэффициент запаса проч-

ности материала ниже 1,3 допустим для отдельных свай, если подтверждено документально, что это не приведет к неблагоприятным последствиям.

Коэффициент запаса прочности материала в настоящем стандарте является частным коэффициентом для свойств материала, также учитывающим неблагоприятные отклонения и неточности, см. ГОСТ Р 54483.

8.2.4 Предельное состояние по критериям пригодности к нормальной эксплуатации (SLS)

SLS для морских стальных конструкций связаны:

- а) с отклонениями, которые могут помешать предполагаемой работе оборудования;
- б) отклонениями, которые могут повредить соединениям или неконструкционным элементам;
- в) вибрациями, которые могут привести к неудобствам для персонала;
- г) деформацией и отклонениями, которые могут портить внешний вид конструкции.

Положения по эксплуатационной пригодности обычно определяются оператором для конкретного проекта. Ограничения в отношении отклонений, смещений, оседания, водонепроницаемости, вибраций и эксплуатации объекта определяют при проектировании и указывают в расчетных допущениях. При отсутствии конкретных проектных характеристик следует использовать положения согласно таблице 1.

Для расчета для SLS коэффициент материала должен быть 1,0.

Т а б л и ц а 1 — Ограничивающие значения для вертикального отклонения

Условие	Ограничение для $\delta_{\max}$	Ограничение для δ_2
Балка	$L/200$	$L/300$
Балки, поддерживающие хрупкие и негибкие элементы	$L/250$	$L/350$

Для консольных балок L в два раза превышает длину консоли.

L — пролет балки, см. рисунок 1.

Максимальное вертикальное отклонение (провисание в заключительном состоянии относительно прямой, соединяющей опоры) $\delta_{\max}$ рассчитывают по формуле

$$\delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 - \delta_0, \quad (1)$$

где δ_0 — изменение отклонения балки из-за переменных воздействий плюс любая, связанная со временем, деформация из-за постоянной нагрузки;

δ_1 — предварительный изгиб;

δ_2 — изменение отклонения балки из-за постоянных воздействий сразу после нагрузки.

Вклад воздействия окружающей среды также следует учитывать при расчете максимального отклонения.

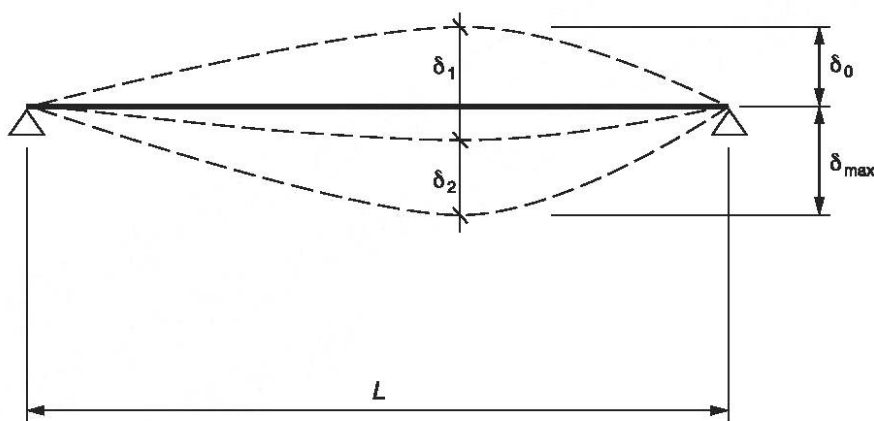


Рисунок 1 — Определение вертикального отклонения

Конструкции со значительным отклонением, скоростью и ускорением должны быть спроектированы так, чтобы важное для обеспечения безопасности оборудование не утратило своих функций из-за движений/перемещений. Для таких конструкций должны быть определены максимально допустимые прогибы, скорости и ускорения, исходя из рабочих условий.

8.2.5 Предельное состояние по критериям усталостной прочности (FLS)

Конструкции должны быть спроектированы так, чтобы выдерживать предполагаемые повторяющиеся (вызывающие усталость) воздействия во время всего срока службы объекта. Правилами для проектирования стальных конструкций являются СП 16.13330, для бетонных конструкций — СП 63.13330 и для алюминиевых конструкций — СП 128.13330.

DFF следует применять с учетом последствий повреждений и необходимости проверки во время работы, технического обслуживания и ремонта. Минимальные значения для DFF приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 — Расчетный коэффициент усталости (DFF)

Классификация элементов конструкции на основе последствий повреждений	Недоступно для проверки или ремонта или в зоне периодического смачивания	Доступно для проверки, технического обслуживания и ремонта, если проверки или техническое обслуживание запланированы	
		Ниже зоны периодического смачивания	Выше зоны периодического смачивания или внутренние элементы конструкций
Существенные последствия	10	3	2
Без существенных последствий	3	2	1

Предположения, сделанные в отношении последствий повреждений, по обеспечению доступа и DFF, должны быть указаны в расчетных допущениях.

Есть различие между «существенными последствиями» и «без существенных последствий». «Существенные последствия» в этом контексте означают, что поломка элемента конструкции приводит:

- а) к опасности гибели людей;
- б) значительному загрязнению окружающей среды;
- в) экономическим последствиям.

«Поломка элемента конструкции» означает, что должный уровень безопасности даже в поврежденном состоянии должен быть обеспечен согласно 8.2.6.

В отношении доступа для проверки и ремонта есть различие между терминами «недоступно или в зоне периодического смачивания», «ниже зоны периодического смачивания» и «выше зоны периодического смачивания или внутренние элементы конструкций». Если помещают в сухой док регулярно каждые пять лет мобильные морские объекты, то весь объект можно рассматривать как «выше зоны периодического смачивания». Зона периодического смачивания для неподвижных объектов может считаться от 4 м ниже самого низкого прилива до 5 м выше самого высокого прилива.

8.2.6 Особое предельное состояние (ALS)

Проверка ALS обеспечивает, что в случае возникновения чрезвычайной ситуации ее последствия не приведут к полной потере целостности или неработоспособности объекта и соответствующих морских систем, см. ГОСТ Р 54483.

Коэффициент материала должен, в общем случае, быть 1,0 для проверки ALS. Коэффициенты материалов для стальных конструкций приведены в СП 16.13330. Для алюминиевых конструкций коэффициенты запаса прочности материала для использования с целью определения сопротивления согласно СП 128.13330 должны приниматься как рекомендуемое значение для соответствующего коэффициента γ_{Mi} с умножением на $\gamma_{BC} = 0,9$. Для бетонных конструкций коэффициент запаса прочности материала должен соответствовать СП 63.13330.

ALS проверяется в два этапа:

этап 1: сопротивление при чрезвычайной ситуации

Конструкция и соответствующие морские системы должны быть проверены на способность выдерживать предписанные функции несения нагрузки для указанных чрезвычайных ситуаций;

этап 2: сопротивление в поврежденном состоянии

После локальных повреждений, которые могут быть показаны на этапе 1, или после более конкретного (определенного) локального повреждения, объект должен продолжать сопротивляться указанным воздействиям окружающей среды, не получая значительного повреждения, без свободного перемещения, опрокидывания, затопления или значительного вреда для окружающей среды.

Методология определяет, что незначительные повреждения допустимы для ALS. Это также применяется к повреждениям, которые нельзя отремонтировать, например в отношении основания.

Проверку ALS допускается не проводить, если общая оценка показывает, что отказ не приведет:

- а) к опасности гибели людей;
- б) значительному загрязнению окружающей среды;
- в) экономическим последствиям.

8.3 Выбор материалов и контроль производства

При выборе материалов необходимо учитывать следующее:

- а) последствия относительно возможных дефектов материалов;
- б) рабочую температуру;
- в) свариваемость металлических материалов;
- г) напряженно-деформированное состояние;
- д) деградацию или коррозию;
- е) техническое обслуживание.

Простые и незначительные ремонтные работы могут проводить согласно общей процедуре. Значительные ремонтные работы должны проводить согласно специальной процедуре, которая описывает, как должны осуществляться контроль и протоколирование выполняемых работ.

8.4 Защита конструкций от коррозии

Специальные условия и планируемую защиту от погодных условий следует учитывать в проектировании подходящей системы защиты от коррозии. Если условия значительно отличаются от предыдущего опыта, следует проводить измерения на месте.

Необходимо применять должный контроль в отношении коррозии и соответствующую систему защиты от коррозии для конструкций мобильных морских объектов систем СПД, с учетом назначенного срока службы объекта, концепции технического обслуживания, температуры стали и одно- или двухстороннему действию внешних факторов.

Доступность для защиты от коррозии и технического обслуживания должна быть предусмотрена по проекту.

Согласованность между критериями проектирования конструкции, техническими решениями и применяемыми системами защиты от коррозии должна быть документирована.

8.5 Мониторинг состояния конструкций

Положения по применению систем мониторинга состояния конструкций, воспринимающих нагрузку, приведены в ГОСТ Р 59266. Особое внимание следует уделить критическим элементам, определенным на основании оценки рисков, эксплуатационного опыта и статистики отказов.

8.6 Стандарты и руководства по проектированию стальных конструкций

Правила для проектирования стальных конструкций представлены в СП 16.13330.

8.7 Проектирование алюминиевых конструкций

8.7.1 Стандарты и указания

Основным сводом правил для проектирования алюминиевых конструкций является СП 128.13330. Разработчик должен учитывать снижение прочности и пластичности сварных швов и зон термического влияния деформируемых алюминиевых сплавов. В зоне сварных швов не допускается образование пластических шарниров.

При проектировании алюминиевых конструкций должны быть учтены:

- а) коэффициент воздействия, коэффициенты материала и DFF;
- б) руководство по отбору рекомендованных материалов согласно 8.7.2;
- в) категории проверок для сварных швов согласно 8.7.3;
- г) механические свойства материалов.

Следующие пункты должны быть указаны разработчиком и отмечены на чертеже:

- а) прочность материала, класс и механические свойства;
- б) тип и размеры сварных швов;
- в) категории проверок для сварных швов;
- г) зоны, где не допускается выполнять временные вырезы;
- д) геометрия сварных швов;
- е) обязательный неразрушающий контроль.

8.7.2 Производство алюминиевых конструкций

Сварные швы должны быть распределены по четырем категориям проверки А, В, С и D согласно таблице 3.

Т а б л и ц а 3 — Определение категорий проверки для алюминиевых соединений, подверженных статической и усталостной нагрузке

Результаты	Высокий коэффициент использования по усталости ³⁾	Низкий коэффициент использования по усталости	
		Высокое растягивающее напряжение ⁴⁾	Низкое растягивающее напряжение
Существенные последствия ¹⁾	А	В	С
Существенные последствия, но с запасом прочности ²⁾	В	С	Д
Несущественные последствия	С	Д	Д

1) «Существенные последствия» в этом контексте означают, что отказ соединения или элемента приводит:

- к риску гибели людей;
- значительному загрязнению;
- экономическим последствиям.

2) Существенные последствия, но с запасом прочности, означают, что конструкция соответствует состоянию повреждения при ALS, при отказе фактического соединения или элемента/элементов в качестве определенного повреждения.

3) Высокий коэффициент использования по усталости означает, что соединение с расчетным сроком усталости в три раза меньше требуемого срока усталости (проектный срок усталости умножается на DFF).

4) Высокое растягивающее напряжение — это растягивающее напряжение, которое при расчете ULS превышает 0,75 от расчетного напряжения.

8.8 Проектирование бетонных конструкций

Основным сводом правил для проектирования, исполнения работ и выбора материалов для бетонных конструкций является СП 63.13330 в качестве рекомендаций для проектирования конструкций.

Функциональные параметры и характеристики, относящиеся к конкретному проекту, должны быть учтены при проектировании.

8.9 Геологические исследования и геотехническое проектирование

8.9.1 Геологические исследования

Геологические изыскания на площадке должны распространяться на всю глубину и площадь грунта, которые подвергнутся воздействию от установки и использования основания. Степень исследования грунта определяется компетентным геотехническим персоналом. Исследования должны быть проведены в соответствии с ГОСТ Р 53241 и СП 504.1325800.

Из-за потенциальной опасности наличия придонного газа следует проводить оценку необходимости проведения изысканий за пределами от основания.

8.9.2 Характерные свойства грунта

Нормативные значения свойств грунта определяют на основе диапазона значений для рассматриваемого участка грунта.

Все расчеты, оценки и исправления должны быть задокументированы. Следует учитывать возможное влияние монтажных работ на свойства почвы.

Характеристические значения параметров грунта должны гарантировать, что вероятность менее благоприятного значения, определяющего возникновение предельного состояния, мала. Когда предельное состояние определяется большим объемом грунта, нормативные значения для параметров грунта или нормативный профиль глубины для тех же параметров грунта должны определяться так, чтобы возможность наименее подходящих значений в связи с предельным состоянием была крайне мала.

8.9.3 Геотехническое проектирование

Геотехническое проектирование следует выполнять по ГОСТ Р 59995.

8.9.4 Устойчивость склона

Оценка устойчивости склона необходима для учета факторов безопасности в части возможных отказов вследствие потери устойчивости склонов.

Оценка должна включать:

- а) внешние воздействия, например землетрясение, придонный газ, внутрисластовое давление, пр.;
- б) нагрузки от деятельности людей, например прокладка траншей, закладка породой, установка конструкций, пр.;
- в) вероятность того, что локальные отказы вследствие потери устойчивости склонов могут повлечь за собой общий (глобальный) отказ;
- г) вероятность того, что действия людей могут снизить безопасность локальных и общих склонов;
- д) чрезвычайные ситуации, в частности неконтролируемый сброс жидкостей, например, разрыв, поток воды, пр.

Выбор коэффициента безопасности для обеспечения локальной и общей устойчивости склона должен быть основан на оценке общего риска с учетом типа грунта, механизмов запуска/пуска, нагрузок и последствий. В отношении человеческой деятельности главной целью должно быть сохранение безопасности на расчетном уровне, особенно в случаях, когда расчетная безопасность является предельной.

8.10 Морские операции

Положения и рекомендации ГОСТ Р 58772 должны быть основой для планирования, подготовки и проведения морских операций. Морские операции в этом контексте определены как нештатные операции с ограниченной продолжительностью, связанные с эксплуатацией объектов и/или судов в морской среде на всех этапах.

Для морских операций, когда назначен МГС для исполнения пунктов страхового полиса, специальные положения МГС следует выполнять.

Воздействие обледенения от морских брызг также следует оценивать при вероятности их образования.

8.11 Проектирование слабых звеньев конструкций

В особых случаях слабые соединения могут использоваться при проектировании для обеспечения запроецированного вида отказа.

Если слабое соединение используется в конструкции, следует уделить должное внимание определению геометрии и свойств материалов, чтобы предполагаемое поведение конструкции достигалось при всех возможных проектных условиях.

9 Проектирование различных типов конструкций

9.1 Стационарные стальные конструкции

Стационарные стальные конструкции должны быть спроектированы и проверены согласно СП 16.13330.

9.2 Стационарные бетонные конструкции

Стационарные бетонные конструкции должны быть спроектированы и верифицированы по положениям разделов 5—7.

Взаимодействие грунта и конструкции должно быть оценено при расчетах реакции грунта на проектирование конструкции, включая сваи.

В рамках ограничения степени подвижности локальные и глобальные воздействия следует учитывать наряду с пластичностью при пиках напряжений и временными эффектами. Элементы юбки, которые по проекту испытывают внутрислоевое давление выше окружающего, должны иметь доказанную достаточную прочность при предельных состояниях.

9.3 Конструкции систем подводной добычи

Конструкции систем подводной добычи следует проектировать в соответствии с ГОСТ Р 59305.

Динамическую нагрузку и усталость следует, в частности, учитывать при проектировании подводных объектов, которые соединены с объектами на поверхности с помощью канатов, кабелей и райзеров.

Библиография

- [1] Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. РМРС — СПб, 2018
- [2] Правила классификации и постройки морских плавучих нефтегазодобывающих комплексов. Часть II Корпус. РМРС — СПб, 2022
- [3] Правила классификации и постройки подводных добычных комплексов. РМРС — СПб, 2023
- [4] Положение о составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию (утверждено постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. № 87)

УДК 629.12:006.354

ОКС 75.020

Ключевые слова: нефтяная и газовая промышленность; системы подводной добычи; проектирование конструкций

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *О.В. Лазарева*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 01.03.2024. Подписано в печать 13.03.2024. Формат 60×84¹/₁₆. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 1,90.

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