ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 54483— 2021 (ИСО 19900:2013)

Нефтяная и газовая промышленность

СООРУЖЕНИЯ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВЫЕ МОРСКИЕ

Общие требования

(ISO 19900:2013, Petroleum and natural gas industries — General requirements for offshore structures, MOD)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН филиалом Общества с ограниченной ответственностью «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть» (ООО «ВолгоградНИПИморнефть») на основе официального перевода на русский язык англоязычной версии указанного в пункте 4 стандарта, который выполнен Федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский институт стандартизации» (ФГБУ «РСТ»)

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 26 ноября 2021 г. № 1623-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 19900:2013 «Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Общие требования» (ISO 19900:2013 «Petroleum and natural gas industries — General requirements for offshore structures», MOD) путем внесения технических отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту.

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 международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДА.

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой указанного международного стандарта приведено в дополнительном приложении ДБ

5 ВЗАМЕН ГОСТ Р 54483—2011 (ИСО 19900:2002)

*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

© ISO, 2013
© Оформление. ФГБУ «РСТ», 2021

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Обозначения 7
5 Сокращения 7
6 Основные требования и условия 8
6.1 Общие положения 8
6.2 Основные требования 8
6.3 Живучесть 8
6.4 Инжиниринг 9
6.5 Долговечность, техническое обслуживание и инспектирование 9
6.6 Опасности 9
6.7 Анализ риска 10
6.8 Основные положения проектирования 10
6.9 Требования к техническому обслуживанию 10
6.10 Эксплуатационные требования 10
6.11 Дополнительные требования 11
6.12 Местоположение и ориентация 11
6.13 Конструктивные решения 11
6.14 Окружающие условия 12
6.15 Строительство и эксплуатация 15
6.16 Вывод из эксплуатации, консервация и демонтаж 16
7 Классы сооружения по требованиям стойкости к внешним воздействиям 16
7.1 Общие положения 16
7.2 Категории сооружения по критерию обеспечения безопасности персонала 17
7.3 Категории сооружения по критерию тяжести возможных последствий опасных событий 18
7.4 Определение класса сооружения по требованиям стойкости к внешним воздействиям 19
8 Принципы проектирования по предельным состояниям 20
8.1 Предельные состояния 20
8.2 Проектирование 21
9 Базовые переменные 21
9.1 Общие положения 21
9.2 Нагрузки 21
9.3 Сопротивления 22
10 Проектирование по коэффициентам надежности 23
10.1 Принципы 23
10.2 Нагрузки и их сочетания 23
10.3 Свойства материалов и грунтов 25
10.4 Геометрические параметры 26
10.5 Значения коэффициентов надежности 26
10.6 Анализ надежности МНГС 27
11 Модели и анализ 27
12 Управление качеством 28

12.1 Общие положения 28
12.2 Распределение ответственности 28
12.3 Система менеджмента качества 28
12.4 План контроля качества 29
12.5 Инспектирование в процессе эксплуатации, технического обслуживания и ремонта 30
12.6 Регистрация данных и документация 30
13 Оценка текущего технического состояния действующих морских нефтегазопромысловых сооружений 31
13.1 Общие положения 31
13.2 Оценка текущего технического состояния конструкций действующих морских нефтегазопромысловых сооружений 32
13.3 Оценка нагрузок 33
13.4 Оценка сопротивлений 33
13.5 Последствия отказа элементов и систем 33
13.6 Усталость материалов МНГС 33
13.7 Снижение негативных последствий 33
Приложение А (справочное) Дополнительная информация и рекомендации 34
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте 39
Приложение ДБ (справочное) Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта 40
Библиография 44

Введение

Основополагающий национальный стандарт ГОСТ Р 54483—2011 (ИСО 19900:2002) «Нефтяная и газовая промышленность. Платформы морские для нефтегазодобычи. Общие требования», введенный в действие в 2012 г., разработанный филиалом ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ВолгоградНИПИморнефть» на основе международного стандарта ИСО 19900:2002 «Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Общие требования» (ISO 19900:2002 «Petroleum and natural gas industries — General requirements for offshore structures», MOD), в редакции 2002 г. потребовал пересмотра и актуализации в соответствии со значительно измененной в 2013 г. редакцией ИСО 19900:2013.

Формирование комплекса стандартов по морским нефтегазопромысловым сооружениям (МНГС) в соответствии с основами национальной стандартизации и принципами гармонизации документов национальной системы стандартизации с международной осуществляется на основе применения международных стандартов, отражающих передовой зарубежный опыт, лучшие мировые практики и современные методики проектирования. При этом для повышения научно-технического уровня комплекса национальных стандартов, учета особенностей объекта и аспекта стандартизации, которые характерны для Российской Федерации в силу климатических и географических факторов, а также для учета накопленного отечественного опыта проектирования, строительства и эксплуатации МНГС, техническое содержание национальных стандартов модифицировано по отношению к применяемым международным стандартам.

При разработке настоящего стандарта также использована модифицированная форма применения международного стандарта, которая определена необходимостью внесения технических отклонений, изменения структуры и их идентификации.

Настоящий стандарт модифицирован в целях обеспечения безопасности при выполнении работ по освоению морских месторождений, расположенных на континентальном шельфе (в том числе на акваториях с ледовым режимом), в территориальном море и внутренних водах Российской Федерации, в российском секторе Каспийского моря.

Положения, учитывающие особенности национальной стандартизации и специфику национальной практики в области проектирования и строительства МНГС, проведения морских операций по строительству, приведены в дополнительных структурных элементах 6.7 «Анализ риска», 6.13.4 «Защита от коррозии» и терминологических статьях: 3.3 «авария», 3.11 «вред», 3.15 «грунтовое основание», 3.26 «нагрузка», 3.34 «опорная часть», 3.36 «отказ», 3.41 «придонный газ».

Эти дополнительные положения заключены в рамки из тонких линий. Пункт 6.7 добавлен в целях учета требований национальной экономики в части решения задач предупреждения и уменьшения опасности аварий для жизни людей и их здоровья, ущерба имуществу и окружающей среде, пункт 6.13.4 добавлен для учета при проектировании актуальных вопросов защиты конструкций МНГС от коррозии. Терминологические статьи добавлены, поскольку определяемые термины находят применение в настоящем стандарте.

В целях улучшения понимания пользователями некоторых положений настоящего стандарта, а также для учета требований российских нормативных правовых актов, нормативно-технических документов и отечественной специфики проектирования, строительства и эксплуатации МНГС в текст внесены изменения и дополнения, выделенные курсивом.

Также отмечается, что исключен пункт 9.5 оригинального ИСО, его описание приведено в приложении А, пункт 11.5 оригинального ИСО преобразован в пункт 12.4.5.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Нефтяная и газовая промышленность

СООРУЖЕНИЯ НЕФТЕГАЗОПРОМЫСЛОВЫЕ МОРСКИЕ

Общие требования

Petroleum and natural gas industry. Offshore oil and gas field structures. General requirements

Дата введения — 2022—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на морские нефтегазопромысловые сооружения *(МНГС) всех типов и классов, устанавливаемых на континентальном шельфе (в том числе на акваториях с ледовым режимом), в территориальном море и внутренних водах Российской Федерации, в российском секторе Каспийского моря.*

Стандарт устанавливает общие принципы проектирования и оценки состояния *МНГС*, подверженных воздействию известных или предполагаемых нагрузок. Данные общие принципы действуют по всему миру по отношению ко всем *типам и классам МНГС* и ко всем материалам, *используемым при строительстве данных сооружений* (сталь, бетон и алюминий).

В настоящем стандарте содержатся принципы проектирования, учитывающие последовательные этапы строительства (изготовление, транспортировование и установку), эксплуатации *МНГС* на протяжении его расчетного срока службы и вывод из эксплуатации. В целом эти принципы также применимы к проведению обследования или модернизации действующих *МНГС*.

Настоящий стандарт применим к проектированию *МНГС* в целом, включая конструкции опорных частей, верхних строений и фундаментов.

При проектировании, строительстве, эксплуатации МНГС под техническим наблюдением Российского морского регистра судоходства в дополнение к требованиям настоящего стандарта следует выполнять требования [1]—[3].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ ISO 10417 Нефтяная и газовая промышленность. Системы скважинных предохранительных клапанов. Проектирование, установка, эксплуатация и восстановление. Общие технические требования

ГОСТ Р 51901.1 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем

ГОСТ Р 55506 Транспорт водный внутренний. Термины и определения

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

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 57555 (ИСО 19901-3:2014) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Верхние строения

Издание официальное

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

ГОСТ Р 58771 Менеджмент риска. Методы оценки риска

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

ГОСТ Р 58773 (ИСО 19901-7:2013) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Системы позиционирования плавучих сооружений

ГОСТ Р ИСО 9001 Системы менеджмента качества. Требования

ГОСТ Р ИСО 17776 Нефтяная и газовая промышленность. Морские добычные установки. Способы и методы идентификации опасностей и оценки риска. Основные положения

ГОСТ Р ИСО/ТУ 29001 Менеджмент организации. Требования к системам менеджмента качества организаций, поставляющих продукцию и предоставляющих услуги в нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности

СП 11-114—2004 Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений

СП 14.13330.2014 «СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах»*

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

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по *ГОСТ Р 55311, ГОСТ Р 55506, ГОСТ Р 57148, ГОСТ Р 57123, ГОСТ Р 58036*, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1

аварийная ситуация (accidental situation): Эксплуатационная ситуация, во время которой реализовывается авария.

Пример — Падение вертолета, столкновение с судном, пожар, взрыв и т. д.

[ГОСТ Р 57555—2017, пункт 3.1]

3.2 ***аварийное событие*** *(accidental event): Непредвиденное или случайное событие, рассматриваемое в аварийной расчетной ситуации.*

Примечания

1 Аварийные события в настоящем стандарте ассоциируются с существенным выбросом энергии, например навал судов, пожары, взрывы. Аварийные события могут возникнуть с обеспеченностью $1 \cdot 10^{-3}$ (период повторяемости один раз в 1000 лет).

2 Менее серьезные аварии можно ожидать на протяжении расчетного срока службы морских нефтегазопромысловых сооружений, например падающие грузы, навал судов малой энергии. Это кратковременные события и они рассматриваются в рамках эксплуатационных ситуаций.

3.3 **авария** (emergency): Опасное техногенное происшествие, приводящее к причинению вреда жизни и здоровью людей, разрушению конструкций, нарушению производственного процесса, а также к нанесению ущерба окружающей среде.

3.4 **анализ надежности морских нефтегазопромысловых сооружений** (structural reliability analysis): Вероятностный метод определения возможности возникновения отказов.

3.5

аномальная ситуация *(abnormal situation): Эксплуатационная ситуация, во время которой возникают воздействия с аномальными значениями.*

Пример — Аномальная ситуация (в том числе сейсмические явления) может возникнуть в течение года с обеспеченностью $1 \cdot 10^{-3}$—$1 \cdot 10^{-4}$.

[ГОСТ Р 57555—2017, пункт 3.3]

3.6

аномальное значение *(abnormal value): Расчетное значение параметра высокой интенсивности, используемое при проверках по особому (чрезвычайному) предельному состоянию.*

Примечание — Аномальные ситуации имеют вероятность наступления порядка от 10^{-3} до 10^{-4} в год. При проверке по предельному состоянию некоторые или все коэффициенты надежности устанавливаются равными 1,0.

[ГОСТ Р 57148—2016, пункт 3.1]

3.7 **базовая переменная** (basic variable): Физическая величина, характеризующая воздействия, влияния окружающей среды, свойства материалов, грунтов и геометрические параметры.

3.8 **базовый период** (reference period): Период времени, используемый как основа для определения номинальных значений базовых переменных и/или аварийных воздействий.

3.9 **верхнее строение** (topside): Конструкции и оборудование, установленные на опорную часть, обеспечивающие функционирование морского нефтегазопромыслового сооружения по его назначению.

Примечания

1 Для плавучих сооружений палуба не является частью верхнего строения.

2 Для самоподъемной плавучей буровой установки корпус не является частью верхнего строения.

3 Отдельно изготовленная несущая палуба является частью верхнего строения.

3.10 **воздействие** (action): Явление, вызывающее внутренние силы в элементах конструкции.

3.11 **вред** (harm): Физический ущерб или урон здоровью, имуществу или окружающей среде.

3.12 **вспомогательный элемент** (appurtenance): Часть конструкции, которая устанавливается для облегчения монтажа, реализации доступа или обеспечения защиты.

3.13 **вывод из эксплуатации** (decommissioning): Мероприятия, направленные на прекращение использования морского нефтегазопромыслового сооружения в соответствии с его проектным назначением с целью его реконструкции или ликвидации, предусматривающей работы по прекращению добычи, ликвидации скважин, демонтажу всего технологического оборудования, трубопроводов, конструкций верхних строений и опорных частей, в зависимости от вида сооружения.

3.14 ***готовность к эксплуатации*** *(fit-for-service): Выполнение требований конструктивной целостности и эксплуатационных требований.*

3.15 **грунтовое основание** (foundation soil): Донные грунты в естественном состоянии или насыпные материалы, воспринимающие нагрузку от установленных морских нефтегазопромысловых сооружений.

3.16 **долговечность** (durability): Свойство морского нефтегазопромыслового сооружения или его конструктивного элемента, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции на протяжении его расчетного срока службы и до достижения предельного состояния.

3.17 **зона периодического смачивания** (splash zone): Участок морского нефтегазопромыслового сооружения, который находится в зоне воздействия волн и колебаний уровня моря.

3.18 ***калибровка коэффициентов надежности*** *(calibration of partial factors): Процесс определения коэффициентов надежности с использованием анализа надежности конструкции и целевых показателей надежности.*

3.19 ***категория сооружения по критерию обеспечения безопасности персонала*** *(life-safety category): Система классификации, устанавливающая требования для сооружений, основанная на рассмотрении уровня обеспечения безопасности персонала.*

3.20 **категория сооружения по критерию тяжести возможных последствий опасных событий** (consequence category): Система классификации, устанавливающая требования для сооружений, основанная на рассмотрении последствий аварии на окружающую среду, экономическую и производственную деятельность и безопасность.

3.21 **класс сооружения по требованиям стойкости к внешним воздействиям** (exposure level): Система классификации, устанавливающая требования для сооружений, основанная на совместном рассмотрении последствий аварий сооружений на окружающую среду, экономическую и производственную деятельность и уровне обеспечения безопасности персонала.

3.22

клиренс *(clearance): Расстояние по вертикали между уровнем поверхности воды или льда в период экстремальных воздействий окружающей среды и самой нижней частью конструкции верхнего строения, которая не рассчитывается на воздействие волнения и ледяных образований.*

[ГОСТ Р 57555—2017, пункт 3.9]

3.23 ***конструктивная целостность*** *(structural integrity): Способность морского нефтегазопромыслового сооружения выполнять свое функциональное назначение в течение расчетного срока службы, обеспечивая безопасность и эксплуатационную надежность.*

3.24 **конструктивный элемент** (structural component): Физически различимая часть конструкции.

Пример — Колонна, поперечина, упрочненная плита, узел соединения трубчатых элементов, швартовные канаты и натяжные связи, гравийные заполнители, фундаментные сваи и анкерные плиты, но не грунт, а также двигатели для удержания сооружений, их системы контроля и электропитания.

Примечание — В настоящем стандарте элемент может представлять собой сборочно-монтажную единицу.

3.25 **конструкция** (structure): Организованная комбинация соединенных между собой элементов, выполняющих несущие, оградительные либо совмещенные функции.

3.26 **нагрузка** (load): Механическое воздействие, мерой которого является сила, характеризующая величину и направление этого воздействия и вызывающая изменения напряженно-деформированного состояния конструкции морского нефтегазопромыслового сооружения и грунтового основания.

3.27 **надежность** (reliability): Способность конструкции сохранять в определенный период времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях эксплуатации, технического обслуживания, строительства и транспортирования.

Примечания

1 Функции в настоящем стандарте понимаются в соответствии с терминологической статьей 3.51.

2 Если применяется к предельным состояниям, надежность выражается в виде вероятности превышения значений предельных состояний.

3 Определенный период времени составляет чаще всего один год.

4 Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации может включать безотказность, долговечность, ремонтопригодность или определенные сочетания этих свойств.

3.28 **направление** (conductor): Внешняя колонна обсадных труб, спускаемых в скважину для предупреждения размыва и обрушения горных пород вокруг устья при бурении под кондуктор.

3.29 **номинальное значение** (nominal value): Значение, присваиваемое (назначаемое) базовой переменной, определяемое на основе эксперимента или физических условий.

3.30 **нормальные условия** (normal conditions): Постоянные и временные воздействия, связанные с условиями эксплуатации морского нефтегазопромыслового сооружения.

Примечание — Нормальные условия иногда называют устойчивыми условиями.

3.31 **нормативное значение** (characteristic value): Значение, устанавливаемое нормативными документами или принятое по репрезентативному значению.

3.32 ***опасное событие*** *(hazardous event): Ситуация, возникающая при реализации опасности.*

Пример — Волны, воздействующие на морское нефтегазопромысловое сооружение, айсберг, воздействующий на морское нефтегазопромысловое сооружение, чрезмерный вес верхнего строения, добавленный к морскому нефтегазопромысловому сооружению, навал судов, оползень вблизи от якорей (свай).

3.33 **опасность** (hazard): Ситуация или событие, способные повлечь ущерб.

Примечание — Ущерб включает травмирование персонала, ущерб окружающей среде, имуществу и/или обществу.

Пример — Сильное волнение, ветер, ураганы, землетрясения, айсберги, неустойчивое основание, чрезмерный вес верхнего строения, движение судов, коррозия и повторяющиеся воздействия и т. д.

3.34 **опорная часть** (support structure): Опирающаяся на морское дно или плавучая конструкция, предназначенная для установки верхнего строения и обеспечивающая устойчивость против внешних воздействий.

3.35 **ориентация конструкции** (structure orientation): Положение конструкции в плане относительно фиксированного направления (истинного или географического севера).

3.36 **отказ** (failure): Событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния элементов или систем морского нефтегазопромыслового сооружения.

3.37 ***оценка пригодности к эксплуатации*** *(fitness-for-service assessment): Технический анализ, выполняемый для подтверждения того, что морское нефтегазопромысловое сооружение в целом или его элемент после проведения монтажных работ либо в процессе эксплуатации, испытавшие отклонение от проекта, пригодны к эксплуатации.*

Примечание — Отклонения могут включать ухудшение или повреждение, продление расчетного срока службы и иные изменения и модернизации конструкции или ее проекта.

3.38 **период повторяемости** (return period): Средний период времени между событиями или случаями превышения какого-либо значения.

Примечание — Как правило, для природных явлений, используется период повторяемости, измеряемый в годах. Период повторяемости в годах равен величине, обратной годовой обеспеченности события.

3.39 **предельное состояние** (limit state): Состояние, при котором сооружение в целом или его элементы перестают удовлетворять заданным эксплуатационным требованиям (расчетным критериям), требованиям при производстве работ (строительстве) или находятся в состоянии, при котором их дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, либо восстановление их работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно.

Примечание — Превышение предельного состояния может рассматриваться как отказ в отношении выполнения заявленной функции, хотя в зависимости от расчетной ситуации отказ может быть локальным или глобальным, временным или постоянным.

3.40 **пригодность к использованию** (fit-for-purpose): Соответствие требованиям действующих нормативных документов с учетом обеспечения общей целостности, безопасности эксплуатации и охраны окружающей среды.

3.41 **придонный газ** (shallow gas): Газ, содержащийся в грунтах и локализующийся на разных гипсометрических уровнях вблизи донной поверхности.

3.42 **размыв** (scour): Перемещение грунтов морского дна от воздействия льда, волн, течений и работы движителей судов.

3.43 **расчетная ситуация** (design situation): Учитываемый в расчете комплекс возможных условий, определяющих расчетные требования к строительным конструкциям, системам инженерно-технического обеспечения и частям указанных конструкций и систем.

3.44 **расчетное значение** (design value): Нормативное значение, умноженное (или поделенное) на соответствующий коэффициент надежности.

3.45 ***расчетное сопротивление*** *(design resistance): Нормативное сопротивление, умноженное или поделенное на соответствующий коэффициент надежности (безопасности).*

3.46 **расчетные критерии** (design criteria): Количественные определения, описывающие условия, которые должны выполняться для каждого предельного состояния.

3.47 **расчетный срок службы** (design service life): Принятый период времени, в течение которого морское нефтегазопромысловое сооружение будут использовать по назначению с предусмотренным техническим обслуживанием.

3.48 **репрезентативное значение** (representative value): Одно из множества значений, наиболее близко характеризующее необходимый параметр, используемый при расчетах по предельным состояниям.

3.49 **руководство по эксплуатации** (operations manual): Руководство, содержащее описание эксплуатационных характеристик, процедур и возможностей морского нефтегазопромыслового сооружения и сопутствующих основных систем.

3.50 ***система позиционирования*** *(stationkeeping system): Система непрерывного удержания плавучего сооружения над заданной точкой, в том числе с заданным курсом, ограничением перемещений в заданных пределах и обеспечением условий для выполнения технологических процессов при помощи якорей, якорных линий, натяжных связей, работы средств активного управления или комбинацией указанных способов.*

3.51 **система управления конструктивной целостностью** (structural integrity management system): Совокупность организационно-управленческой структуры, средств, процессов, ресурсов и персонала, обеспечивающих управление конструктивной целостностью в течение расчетного срока службы сооружения и его элементов.

3.52 **сопротивление** (resistance): Способность морского нефтегазопромыслового сооружения или его элемента выдерживать воздействия.

3.53 ***увеличенный срок службы*** *(extended service life): Период, превышающий расчетный срок службы.*

Примечание — Увеличенный срок службы включает этапы, когда морское нефтегазопромысловое сооружение продолжает эксплуатироваться после получения заключения экспертно-технической комиссии экспертной организации о возможном увеличении срока эксплуатации сооружения.

3.54 ***управление конструктивной целостностью*** *(structural integrity management): Последовательный многоступенчатый процесс, целью которого является обеспечение целостности и функционирования морского нефтегазопромыслового сооружения на протяжении расчетного срока его службы.*

Примечание — Как правило, ступени включают сбор данных, оценку данных, разработку стратегии инспекций, разработку и исполнение программы инспекций и последующие работы по устранению последствий.

3.55 ***ухудшение состояния*** *(deterioration): Ухудшение технических и связанных с ними эксплуатационных показателей морского нефтегазопромыслового сооружения или его элементов, вызванное объективными причинами.*

Примечание — Ухудшение состояния может быть вызвано естественными процессами химических, физических или биологических воздействий, включая коррозию, суровые природные воздействия, аварийные события, повторяемые воздействия, влекущими за собой усталостные повреждения, износ в результате эксплуатации, неправильную эксплуатацию и обслуживание морского нефтегазопромыслового сооружения.

3.56 ***функциональная характеристика*** *(performance): Способность морского нефтегазопромыслового сооружения или его элемента выполнять определенные требования.*

Примечание — Указанные требования включают требования к конструктивной целостности и функциональным возможностям.

3.57

эксплуатационная надежность (robustness): Способность конструкции выдерживать аварийные и аномальные ситуации без получения повреждений, которые непропорциональны их причине.

[ГОСТ Р 57555—2017, пункт 3.22]

3.58 ***эксплуатирующая организация*** *(owner, operator): Организация (юридическое лицо), индивидуальный предприниматель без образования юридического лица, вне зависимости от организационно-правовой формы и формы собственности, осуществляющие эксплуатацию производственного объекта на правах собственности, аренды или ином законном праве (основании).*

3.59 ***экстремальное событие*** *(extreme environmental event): Природная опасность, рассматриваемая в экстремальной расчетной ситуации.*

Примечание — Экстремальные события могут возникнуть в течение года с вероятностью 10^{-2} (период повторяемости свыше 100 лет).

3.60

эффект воздействия (action effect): Реакция (внутренние усилия, напряжения, перемещения, деформации) строительных конструкций на внешние воздействия.

[ГОСТ 27751—2014, пункт 2.2.14]

4 Обозначения

В настоящем стандарте использованы следующие обозначения:

a_d — расчетное значение геометрического параметра;

a_r — репрезентативное значение геометрического параметра;

F_d — расчетное значение воздействия;

F_r — репрезентативное значение воздействия;

f_d — расчетное значение свойства материала, например, прочности;

f_k — нормативное или репрезентативное значение свойств материала;

L_1, L_2, L_3 — классы сооружения по требованиям стойкости к внешним воздействиям;

p — годовая обеспеченность события;

p_f — вероятность аварийной ситуации;

R — надежность конструкции;

R_d — расчетное значение сопротивления элемента;

R_k — нормативное значение сопротивления элемента, основанное на нормативном значении свойств материала;

R_r — репрезентативное значение сопротивления элемента;

S_d — эффект воздействия, вызванный расчетными значениями силовых воздействий F_d;

T — период повторяемости силового воздействия;

γ_f — коэффициент надежности по нагрузке, величина которого отражает неопределенность или случайность воздействия;

γ_m — коэффициент надежности по материалу;

γ_r — частный коэффициент сопротивления, величина которого отражает погрешность или изменчивость величины сопротивления элемента конструкции, в том числе погрешность или изменчивость свойств и характеристик материала;

Δa — коэффициент, учитывающий неточность геометрических размеров.

5 Сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

МНГС — морское нефтегазопромысловое сооружение;

МРЗ — максимальное расчетное землетрясение;

РМРС — Российский морской регистр судоходства;

ALS — особое предельное состояние (accidental limit state);

FLS — предельное состояние по критерию усталостной прочности (fatigue limit state);

IRPA — годовой индивидуальный риск (individual risk per annum);

QA — процедура обеспечения качества (quality assurance);

QC — система контроля качества (quality control);

QMS — система управления качеством (quality management system);

SLS — предельное состояние по критериям пригодности к нормальной эксплуатации (serviceability limit state);

ULS — основное предельное состояние (ultimate limit state).

6 Основные требования и условия

6.1 Общие положения

МНГС проектируют и оценивают в соответствии с настоящим стандартом, а также с соответствующими стандартами, область применения которых распространяется на *МНГС* разных типов.

В настоящем стандарте рассматривается процедура проектирования по предельным состояниям. Ее применение в сочетании с руководствами по принципам строительства и эксплуатации обеспечивает достаточный уровень надежности *МНГС*.

Проектирование по предельным состояниям основывается на применении коэффициентов надежности. Существуют некоторые направления проектирования, для которых коэффициенты не определены. В подобных случаях используются иные критерии с учетом действующих нормативных документов, аналогичных норм и правил *(например, Правил РМРС)*. Хотя в настоящем стандарте рассмотрена концепция надежности, использование исключительно данного подхода рекомендовано только в конкретных ситуациях (см. 8.1.1).

МНГС проектируют, строят, транспортируют, устанавливают и эксплуатируют таким образом, чтобы оно было пригодно для использования по назначению и удовлетворяло эксплуатационным и прочностным требованиям.

6.2 Основные требования

МНГС и их конструктивные элементы проектируют, строят и эксплуатируют таким образом, чтобы они были пригодны для использования по назначению на протяжении расчетного срока службы. *МНГС* должны удовлетворять следующим эксплуатационным требованиям:

- выдерживать экстремальные нагрузки, которые могут возникать при эксплуатации;
- обеспечивать соответствующие эксплуатационные характеристики при всех возможных рабочих нагрузках во время эксплуатации;
- выдерживать циклические нагрузки;
- обладать должным уровнем живучести при повреждении или разрушении (см. 6.3), который определяется следующими факторами:

a) причинами и видами отказов (в частности, характером повреждений);

b) возможными последствиями разрушений с точки зрения риска для жизни, окружающей среды и собственности;

- соответствовать требованиям на государственном, региональном и местном уровнях.

6.3 Живучесть

Спроектированное *МНГС* должно обладать достаточной живучестью, то есть обладать способностью выполнять основные свои функции, несмотря на полученные повреждения, либо адаптироваться к новым условиям.

Для такой конструкции местные повреждения не должны приводить к полной потере целостности. Живучесть также должна обеспечивать конструктивную целостность в поврежденном состоянии, позволяющую провести операции по остановке технологического комплекса, герметизации устья скважины и мероприятий по глушению скважин, а также безопасной эвакуации, если это необходимо.

Живучесть конструкции достигается с помощью следующих мероприятий:

- конструктивными решениями, чтобы ни один критичный элемент, подвергающийся нагрузке, не оказался разрушен;
- путем обеспечения перераспределения нагрузки таким образом, чтобы любой элемент, воспринимающий нагрузку и оказавшийся разрушенным, не вызвал при этом непригодности *МНГС* к использованию, чрезмерной осадки или опрокидывания;
- применения обоих из вышеперечисленных методов.

Плавучие сооружения должны иметь достаточную аварийную остойчивость и запас плавучести, чтобы ни один из вероятных сценариев непреднамеренного затопления не привел к потере сооружения.

Системы позиционирования плавучих сооружений должны иметь достаточное резервирование, чтобы конструкция могла выдерживать потерю компонентов системы позиционирования (например, якорной линии) в соответствии с требованиями *ГОСТ Р 58773.*

6.4 Инжиниринг

Перед началом проектирования выполняется инжиниринг, чтобы иметь достаточную базу для создания безопасного, работоспособного и экономичного сооружения, которое будет выполнять требуемые функции. При инжиниринге также следует учитывать все соответствующие аспекты, касающиеся рационального и экологичного природопользования, защиты окружающей среды, экономические и социально-общественные аспекты.

Инжиниринг включает в себя определение эксплуатационных функций, требований к проектированию и проектные критерии для *МНГС*. Данные по конкретным объектам, такие как глубина воды, параметры окружающей среды, свойства грунта должны быть в определенной степени известны и задокументированы, чтобы служить основанием для проектирования. Также следует учитывать функциональные и эксплуатационные требования, а также живучесть при аварийных ситуациях и землетрясениях, которые могут повлиять на компоновку и конструкцию *МНГС*.

Функциональные требования, которые влияют на компоновку и конструкцию, должны быть определены четко и ясно, чтобы служить основанием для проектирования и расчета прочности.

Изучение конкретных условий, таких как рельеф морского дна, факторы геологического риска, грунтовые условия и условия окружающей среды, включая ледовую обстановку, если применимо, выполняют в соответствии с требованиями *ГОСТ Р 57148, ГОСТ Р 57123 (см. также [4]* и *[5])*.

6.5 Долговечность, техническое обслуживание и инспектирование

Долговечность конструкции обеспечивается принятием соответствующих проектных решений, учитывающих расчетный срок службы, негативное влияние внешних условий и износ конструкции *МНГС*, а также техническим обслуживанием и необходимым ремонтом в течение расчетного срока службы.

Программа проведения технического обслуживания и инспекций должна соответствовать типу *МНГС* и условиям окружающей среды, в которых оно эксплуатируется. Техническое обслуживание должно включать регулярные осмотры, внеплановые осмотры в особых случаях (после штормов, экстремальных ледовых воздействий, землетрясений или других серьезных природных явлений и техногенных аварий), восстановление коррозионных защитных систем и ремонт конструктивных элементов.

Конструктивные элементы *МНГС* должны быть спроектированы таким образом, чтобы не происходило ухудшение состояния конструкции, приводящее к наступлению предельного состояния для всей конструкции или ее отдельных элементов в периоды времени между осмотрами, и обеспечивалось их техническое обслуживание.

Ухудшение состояния конструкции предупреждается использованием системы мониторинга.

Темпы износа конструкции оценивают на основе постоянного мониторинга, расчетов, экспериментальных исследований, опыта эксплуатации других конструкций или с помощью комбинации этих методов.

Конструктивная целостность и работоспособность на протяжении расчетного срока службы обеспечиваются не только проектными решениями, но также контролем качества при изготовлении и техническим обслуживанием при эксплуатации.

6.6 Опасности

При проектировании *МНГС* должна быть принята во внимание возможность реализации опасностей, способных привести к наступлению предельных состояний конструкций или оборудования (см. 8.1).

Опасности, реализация которых возможна в течение расчетного срока службы *МНГС*, включая вывод *МНГС* из эксплуатации, должны быть выявлены и описаны в процессе идентификации опасностей.

Опасными являются события, которые могут причинить вред здоровью человека, ущерб окружающей среде, собственности. Опасные события для проектирования сооружений, как правило, разделяют на три типа:

- экстремальные воздействия окружающей среды;

- аварийные ситуации;
- аномальные воздействия окружающей среды.

Меры, принимаемые для предупреждения таких опасных событий, в основном включают:

- тщательный инжиниринг всех фаз проектирования, строительства и эксплуатации;
- устранение источника опасности;
- проектирование с учетом опасностей.

При проектировании должны быть предусмотрены мероприятия по минимизации последствий реализации возможных опасных событий.

При рассмотрении специфичных опасных ситуаций должны быть определены расчетные ситуации (см. 8.1.2).

В расчетных ситуациях обычно доминирует одно опасное событие, действующее одновременно с нормальными рабочими условиями.

6.7 Анализ риска

Анализ риска является частью системного подхода к принятию организационно-технических решений, процедур и практических мер по решению задач предупреждения и уменьшения опасности аварий для жизни людей и их здоровья, ущерба имуществу и окружающей природной среде.

В целом анализ риска осуществляют в соответствии с ГОСТ Р 51901.1.

6.8 Основные положения проектирования

Для обеспечения нормального функционирования *МНГС* в течение расчетного срока службы рассматриваемые расчетные ситуации должны учитывать функциональное назначение *МНГС*, окружающие природные условия, организацию и технологию строительства на берегу и монтажа в море.

Проектирование *МНГС* выполняют с учетом внешних условий района эксплуатации и возможных воздействий окружающей среды. Основные воздействия и условия, которые должны быть приняты во внимание при проектировании *МНГС*, описаны в 6.9—6.12.

6.9 Требования к техническому обслуживанию

При проектировании *МНГС* предусматривают проведение технического обслуживания в течение расчетного срока службы с учетом функционального назначения сооружения (бурение, добыча, переработка, хранение, погрузка продукции скважин, размещение персонала или совмещение различных функций).

6.10 Эксплуатационные требования

6.10.1 Наличие обслуживающего персонала

При проектировании *МНГС* учитывают количество обслуживающего персонала на сооружении, характер его пребывания (постоянное или временное) и предусматривают эвакуационные пути и выходы, *обеспечивающие беспрепятственную эвакуацию в периоды строительства, эксплуатации или демонтажа сооружения.*

6.10.2 Направления скважин и райзеры подводных трубопроводов

При проектировании *МНГС* учитывают расположение, количество, интервал размещения направлений скважин и райзеров подводных трубопроводов, их размеры и эксплуатационные условия. Проектируемая схема расположения должна предусматривать защиту направлений скважин и райзеров от повреждений, возможность минимизации последствий их случайных повреждений, а также возможность их ремонта.

6.10.3 Требования к расположению оборудования и материалов

При проектировании должна быть разработана документация, определяющая расположение конструкций, оборудования и материалов, их массу, координаты центров тяжести и подверженность воздействию окружающих условий. Схему расположения оборудования разрабатывают с учетом инжиниринга и особенностей проведения будущих операций по обслуживанию.

6.10.4 Перевозка персонала и материалов

При проектировании *МНГС* учитывают особенности и требования к проведению операций по перевозке материалов и персонала. При этом принимают во внимание:

- тип и массогабаритные характеристики вертолетов;
- требования к обеспечению безаварийной эксплуатации вертолетов на *МНГС*;

- назначение и технические характеристики судов обеспечения и плавучих средств другого назначения;
- количество, типы, размеры, расположение и зоны работы палубных кранов и других систем погрузки материалов и персонала;
- обеспечение аварийной эвакуации.

6.10.5 **Колебания и вибрации**

МНГС и его конструктивные элементы проектируют таким образом, чтобы возникающие при эксплуатации колебания не превышали допускаемых по условиям эксплуатации и не оказывали отрицательного влияния на безопасность и условия проживания персонала.

Проектом должна быть предусмотрена система мониторинга технического состояния *МНГС* в процессе эксплуатации, учитывающая в том числе контроль колебаний и вибраций.

6.11 **Дополнительные требования**

При проектировании *МНГС* учитывают все дополнительные технические требования к эксплуатации (навигационные, авиационные, противопожарные, санитарные, охраны труда, окружающей среды и т. д.), организации строительства и техническому обслуживанию, не указанные в 6.10.1—6.10.5, которые могут повлиять на безопасность.

Также учитывают условия окружающей среды, ограничивающие выполнение определенных операций (например, глубина моря в районе строительства может накладывать ограничения на возможность балластировки транспортной баржи при пересадке верхнего строения, на осадку опорных частей при их транспортировании на плаву и т. д.).

6.12 **Местоположение и ориентация**

При проектировании *МНГС* определяют и указывают в проекте место его расположения и ориентацию по сторонам света.

Расположение *МНГС* и его элементов (свай, швартовных линий, якорей, райзеров подводных трубопроводов, натяжных связей и прочее) должно соответствующим образом учитывать следующее:

- геометрию продуктивного пласта;
- требования строительства (включая доступ для буровых и строительных судов, систем их позиционирования);
- особенности окружающей среды, включая направления дрейфа льда, господствующих ветров, волнения;
- *расположение коридоров укладки швартовных линий и зон укладки якорей плавучих технических средств, обеспечивающих морские операции;*
- *расположение натяжных и якорных связей систем позиционирования самого МНГС;*
- расположение других сооружений вблизи от проектируемого *МНГС* (скважины с подводным заканчиванием, манифольды, трубопроводы и т. д.).

Допуски на установку *МНГС* определяют при проектировании в зависимости от *МНГС*.

Зазоры безопасности между подводной и надводной частью *МНГС* определяют соответствующей процедурой оценки риска. Менеджмент риска выполняется в соответствии с *ГОСТ Р ИСО 17776 и ГОСТ Р 58771*.

Координаты проектного положения *МНГС* должны быть представлены до начала проведения изысканий и выполнения проектных работ.

6.13 **Конструктивные решения**

6.13.1 **Общие сведения**

Конфигурация конструктивных элементов должна обеспечивать конструктивную целостность *МНГС* во всех предельных состояниях.

6.13.2 **Клиренс**

Отметка низа конструкций верхнего строения, которое не проектируется на нагрузки от волн, течений, льда, морского обледенения, должна располагаться на таком уровне, чтобы обеспечивался соответствующий воздушный зазор с учетом следующих факторов:

- глубина моря;
- приливно-отливные явления;
- сгонно-нагонные явления;
- высота гребня экстремальной волны;

- длина экстремальной волны;
- характер взаимодействия конструкции и волн;
- первоначальная и долговременная осадка и крен;
- многолетние колебания уровня моря;
- высота ледовых образований (толщина наслоенного льда и т. д.);
- ледовое нагромождение;
- движение и осадка *МНГС* (например, увеличение осадки *МНГС* с натяжными опорами);
- возможное оседание морского дна в процессе эксплуатации месторождения.

Любую конструкцию верхнего строения, находящуюся в зоне воздействия указанных факторов, проектируют с учетом вызываемых ими нагрузок.

6.13.3 **Зона переменного смачивания**

Зона переменного смачивания должна быть определена с учетом высотных отметок *МНГС*, диапазона приливов, колебаний уровня моря, возможного оседания морского дна, отметок гребня волны.

6.13.4 **Защита от коррозии**

Конструкции *МНГС* (в первую очередь, ответственные за безопасность эксплуатации) должны быть защищены от коррозии в объеме, достаточном для сохранения конструкционной целостности и пригодности к использованию по назначению на протяжении расчетного срока службы.

6.13.5 **Системы позиционирования плавучих сооружений**

Для удержания плавучих сооружений в определенной точке с ограничением горизонтальных смещений в заданных пределах и обеспечения нормальных условий для выполнения технологических процессов плавучие сооружения должны быть оснащены системой позиционирования. Выбор, проектирование, анализ и оценку, с учетом условий площадок установки, систем позиционирования плавучих сооружений следует выполнять по *ГОСТ Р 58773*.

6.13.6 **Остойчивость и деление на отсеки *МНГС***

Требования настоящего пункта распространяются на любое *МНГС*, которое во время строительства, транспортирования, монтажа, эксплуатации или вывода из эксплуатации находится на плаву. Соблюдение требований к остойчивости и делению на отсеки может обеспечиваться временными мероприятиями.

Остойчивость плавучего МНГС или его элементов должна удовлетворять требованиям нормативного документа РМРС [1].

МНГС или его элементы, которые должны обладать плавучестью, разделяют на отсеки, чтобы ограничить последствия непреднамеренного затопления (см. 8.1.6).

Деление на отсеки следует выполнять с учетом различных случаев затопления и защиты против затопления.

6.13.7 **Морские операции**

Инжиниринг, проектирование и проведение морских операций с МНГС следует выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58772 (см. также [6]).

6.14 **Окружающие условия**

6.14.1 **Гидрометеорологическая информация**

6.14.1.1 Общая часть

Факторы, перечисленные в *6.14.1.2—6.14.1.10*, принимают во внимание при проектировании с учетом региона эксплуатации. При проектировании, строительстве и эксплуатации *МНГС* учитывают гидрометеорологические параметры в соответствии с требованиями *ГОСТ Р 57148*.

Эти факторы описываются физическими параметрами и, где возможно, на базе данных статистических наблюдений; при этом должны быть определены возможные сочетания значений различных параметров. По этим параметрам назначают соответствующие расчетные условия окружающей среды, которые влияют:

- на тип проектируемой конструкции;
- операции по строительству, транспортированию, установке, бурению, эксплуатации и т. д.

Как правило, устанавливают два вида условий, учитывающих:

- нормальные гидрометеорологические условия, при которых возможно выполнение *МНГС* основных функций. Период повторяемости составляет, как правило, один раз в год;

- экстремальные и аномальные гидрометеорологические условия, которые возникают с редким периодом повторяемости, один раз в 100 лет и один раз в 1000 лет, соответственно.

Значения гидрометеорологических условий должны быть определены по результатам инженерных изысканий на площадке или на основе других достоверных данных. Методы получения гидрометеорологических данных должны соответствовать требованиям *ГОСТ Р 57148*.

6.14.1.2 Ветер

Нагрузки на *МНГС*, обусловленные воздействием ветра, должны быть учтены применительно как к расчету общей прочности и устойчивости (остойчивости) *МНГС*, так и к расчетам ее отдельных конструктивных элементов. При проведении инженерных изысканий должна быть определена специфичная для района эксплуатации информация по скорости, направлению и продолжительности ветра.

Ветер обычно характеризуется значением скорости за определенный интервал времени на заданной отметке над средним уровнем моря. В отдельных случаях имеет значение и должен приниматься во внимание частотный спектр, а также динамические воздействия. Необходимо учитывать изменения ветра по высоте и направлению в пространстве.

Примечание — Обычно установившуюся скорость ветра во время пиковых нагрузок, обусловленных воздействием волн, используют для расчета общей прочности и устойчивости в сочетании с волновыми нагрузками. Максимальные порывы ветра при расчетном шторме используют при расчетах конструкций верхних строений и отдельных конструктивных элементов.

6.14.1.3 Волны

Нагрузки, обусловленные волнами, воздействующими на конструкцию, должны быть учтены применительно как к расчету общей прочности и устойчивости (остойчивости) *МНГС*, так и к расчетам его отдельных элементов. При проведении инженерных изысканий определяют специфичную для района эксплуатации информацию, включающую следующие данные:

- характеристики волнения моря, включающие высоту, период, длину, направление и спектр волнения;
- долгосрочные статистические данные по этим характеристикам.

6.14.1.4 Колебания уровня и глубина моря

При проведении инженерных изысканий определяют глубину моря, отметки приливов, отливов и значения ветрового нагона и сгона, а также возможные многолетние колебания уровня моря за период эксплуатации *МНГС*, вызванные другими причинами.

Возможность оседания грунта в процессе эксплуатации месторождения также учитывают при определении расчетных значений глубины моря.

Следует также учитывать изменения глубины моря в течение расчетного срока службы *МНГС*.

6.14.1.5 Течения

При необходимости учитывают приливные и ветровые течения, глобальную циркуляцию, замкнутые и вихревые потоки.

Течения характеризуются скоростью, направлением и изменением с глубиной.

6.14.1.6 Морское обрастание

При проектировании учитывают морское обрастание конструкций *МНГС*, находящихся в воде, характеризующееся толщиной, шероховатостью, плотностью и изменчивостью с глубиной и во времени. Морское обрастание способствует существенному увеличению шероховатости поверхности, размеров и массы, что, в свою очередь, увеличивает нагрузки, обусловленные *воздействием волн и течений, а также увеличивает буксировочное сопротивление МНГС.*

Предусматривают использование систем, предупреждающих обрастание на протяжении расчетного срока службы *МНГС*, или периодические очистки конструкций. Данные мероприятия документируют, программу очистки *МНГС* составляют для расчетного срока службы *МНГС*.

6.14.1.7 Накопление льда и снега

С учетом климатических условий региона эксплуатации принимают во внимание накопление льда и снега на конструкциях *МНГС*. Должны быть определены нагрузки от накопившегося снега (зависящие от толщины и плотности выпавшего снега) на горизонтальных и вертикальных поверхностях конструктивных элементов *МНГС*. Кроме того, должно быть учтено морское брызговое обледенение.

Должны быть установлены значения гидрометеорологических параметров, воздействие которых совпадает по времени с возможным накоплением снега и льда.

6.14.1.8 Температура

При проектировании *МНГС* и выборе материалов учитывают температуры воздуха и морской воды. При проведении изысканий должны быть определены максимальные, средние и минимальные

температуры в районе эксплуатации *МНГС*. Оценивают вероятностные распределения температур воздуха и моря, которые могут наблюдаться на протяжении расчетного срока службы *МНГС*.

Примечание — Температура воздуха и морской воды влияет на выбор характеристик материалов.

6.14.1.9 Морской лед и айсберги

При проектировании *МНГС* учитывают воздействия льда. Оценку ледовых условий выполняют с учетом требований *ГОСТ Р 57148*. Анализируемая информация должна включать:

- параметры морского льда (тип, толщина, предел прочности, скорость и направление дрейфа, наличие торосов, стамух и др.);
- характеристики айсбергов и прочих массивных ледовых образований, включая массу, толщину (в том числе высоту надводной части и глубину киля), скорость и направление дрейфа;
- должны быть учтены долговременные статистические данные.

6.14.1.10 Прочая гидрометеорологическая информация

Определяют прочие данные об окружающей среде в районе эксплуатации *МНГС*, такие как осадки, туман и изменение плотности и концентрации кислорода в морской воде, соленость воды и др.

***6.14.2* Активные геологические процессы**

6.14.2.1 Общая часть

В процессе проведения инженерных изысканий на площадке эксплуатации оценивают характер, величину и период повторяемости потенциальных подвижек морского дна.

Поведение морского дна и его влияние на общую целостность *МНГС* и фундаментов учитывают в проектной документации. Принимают во внимание такие вопросы, как наличие многолетнемерзлых грунтов в холодных регионах, потенциальное оседание морского дна в процессе эксплуатации, газонасыщенность грунтов и т. д.

Примечание — В большинстве морских регионов могут возникать геологические процессы, связанные с переносом донных отложений, залегающих вблизи поверхности, что необходимо учитывать при проектировании *МНГС*.

6.14.2.2 Землетрясения

Нагрузки, обусловленные сейсмической активностью, учитывают при проектировании для сейсмически активных регионов. Оценку сейсмических воздействий выполняют с учетом требований *ГОСТ Р 57123*.

Определение сейсмичности площадки строительства проводят на основании результатов сейсмического микрорайонирования.

Инженерно-геологические исследования для целей сейсмического микрорайонирования должны включать в себя:

- *сбор и систематизацию материалов изысканий прошлых лет;*
- *инженерно-геологическую съемку;*
- *составление инженерно-геологической основы карты сейсмического микрорайонирования.*

В процессе инженерно-геологической съемки выделяют динамически неустойчивые разновидности грунтов (илы, обводненные пески и др.), в которых при сильных землетрясениях наиболее вероятны сейсмические просадки, разжижение и т. п.

6.14.2.3 Геологические разломы

Оценивают величины и периоды предполагаемых подвижек на основе геологических исследований и демонстрируют возможность приемлемых последствий и/или малая вероятность их возникновения.

Примечание — В некоторых морских регионах разломы могут простираться до морского дна с потенциалом вертикального или горизонтального смещения. Движение разломов может возникать как результат сейсмической активности, отбора флюидов из глубоких пластов, продолжительного явления оползания, связанного с крупномасштабной седиментацией или эрозией.

6.14.2.4 Придонный газ

В процессе проведения изысканий на площадке выявляют наличие придонного газа, оцененивают его состав и мощность газонасыщенного слоя.

Примечание — Присутствие придонного газа в грунтах, расположенных вблизи поверхности, может существенно повлиять на поведение фундаментов и буровые работы. Присутствие придонного газа, залегающего на небольших глубинах, может быть определено посредством сейсмоакустических исследований.

6.14.2.5 Цунами

При проектировании *МНГС* учитывают волны и течения сейсмического происхождения. При проведении инженерных изысканий определяют информацию по частоте возникновения и амплитуде сейсмической активности, глубинах моря и батиметрии для набегающих волн и течений в районе эксплуатации *МНГС*.

***6.14.3* Геотехническая информация**

6.14.3.1 Свойства грунтов

Необходимые для проектирования характеристики грунтов на площадке установки МНГС определяют в ходе проведения морских инженерно-геологических изысканий. Изыскания должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий района и площадки проектируемого МНГС.

При составлении прогноза изменений инженерно-геологических условий учитывают подвижность осадочных отложений в прибрежной мелководной зоне вследствие развития различных литодинамических процессов.

В составе инженерно-геологических изысканий в соответствии с требованиями СП 11-114–2004 выполняют:

- сбор и обработку материалов геолого-разведочных работ, изысканий и исследований прошлых лет;

- геофизические исследования;

- проходку скважин с отбором проб грунта и отбор проб придонных грунтов морскими донными пробоотборниками;

- геотехнические исследования грунтов;

- лабораторные исследования грунтов;

- стационарные наблюдения;

- составление прогноза изменений инженерно-геологических условий;

- камеральную обработку материалов и составление технического отчета.

При проведении инженерно-геологических изысканий оценивают устойчивость слагающих основание грунтов при воздействии динамических нагрузок.

Дополнительные положения о проведении геотехнического анализа для проектирования см. в *[4]*.

6.14.3.2 Размыв

При проектировании учитывают возможность размыва донных грунтов вокруг и под *МНГС*. Возможность и величину размыва определяют с учетом:

- наблюдений за размывом дна у ранее установленных *МНГС*;
- результатов модельных испытаний;
- результатов расчетов.

***6.15* Строительство и эксплуатация**

Основными этапами строительства являются:

- изготовление МНГС на береговых предприятиях;

- погрузка МНГС с площадок;

- транспортирование МНГС к месту установки на месторождении;

- установка и при необходимости достройка МНГС на месторождении;

- пусконаладочные работы.

Выбор и обоснование метода строительства МНГС проводят с учетом:

- конструкции МНГС;

- производственных мощностей предприятия-изготовителя (наличие стапельных сооружений, подъемно-транспортных и специальных плавучих средств, характеристик акватории и др.);

- наличия и ограничений транспортного сообщения (автомобильные и железные дороги, водные пути);

- природно-климатических условий района строительства;

- продолжительности навигационного периода;

- срока ввода МНГС в эксплуатацию;

- экологических ограничений в районе строительства.

В основу проекта строительства МНГС закладываются следующие требования и принципы:

- привлечение подрядчиков, имеющих опыт изготовления и строительства МНГС или их составных частей;

- использование прогрессивных технологий и методов строительства;

- координация работы подрядчиков по изготовлению, строительству, транспортировке и монтажу на месторождении;

- оценка и учет риска на всех этапах строительства;

- обеспечение качества работ на всех этапах строительства;

- обеспечение безопасности выполнения работ и производственной санитарии;

- предупреждение загрязнения окружающей среды.

6.16 Вывод из эксплуатации, консервация и демонтаж

На стадии проектирования предусматривают мероприятия по выводу *МНГС* из эксплуатации, консервации и демонтажу.

Основными этапами работ являются:

- выполнение необходимых обследований на акватории;

- освидетельствование оборудования и конструктивных элементов МНГС;

- разработка и согласование проектной документации на вывод МНГС из эксплуатации, ее консервацию или демонтаж;

- вывод МНГС из эксплуатации;

- консервация или демонтаж МНГС;

- транспортирование демонтированного МНГС к месту утилизации или хранения;

- приемка выполненных работ.

Выбор и обоснование метода вывода МНГС из эксплуатации, его консервации или демонтажа проводят с учетом:

- типа конструкции МНГС;

- результатов освидетельствования оборудования и конструктивных элементов МНГС на текущий момент;

- природно-климатических условий района выполнения работ, в том числе характеристик акватории;

- имеющихся технических средств для выполнения работ;

- продолжительности навигационного периода;

- экологических ограничений в районе выполнения работ.

В основу проекта вывода МНГС из эксплуатации, ее консервации или демонтажа закладывают следующие требования и принципы:

- привлечение подрядчиков, имеющих опыт выполнения данных видов работ;

- использование прогрессивных технологий и методов производства работ;

- оценка и учет риска на всех этапах производства работ;

- обеспечение качества работ на всех этапах производства работ;

- обеспечение безопасности выполнения работ и производственной санитарии;

- предупреждение загрязнения окружающей среды.

7 Классы сооружения по требованиям стойкости к внешним воздействиям

7.1 Общие положения

МНГС подразделяют на классы стойкости к внешним воздействиям, чтобы определить критерии для выбора конструкции и методов контроля качества. Данное требование учитывают как при проектировании новых *МНГС*, так и при оценке уже построенных сооружений. Классы сооружения по требованиям стойкости к внешним воздействиям определяют в соответствии с категорией сооружения по критерию обеспечения безопасности персонала и категорией сооружения по критерию тяжести возможных последствий опасных событий.

Категория сооружения по критерию обеспечения безопасности персонала учитывает наличие персонала на *МНГС* и вероятность успешной эвакуации до того, как произойдет аварийное воздействие.

Категория сооружения по критерию тяжести возможных последствий опасных событий учитывает потенциальный риск для жизни персонала, привлеченного к реагированию на любое событие, потенциальный риск для окружающей среды и потенциальные риски экономического характера.

Поскольку категория сооружения по критерию обеспечения безопасности персонала и категория сооружения по критерию тяжести возможных последствий *МНГС* могут меняться на протяжении рас-

четного срока службы сооружения, *МНГС* проектируют или оценивают так, чтобы оно соответствовало выбранному классу на каждом этапе расчетного срока службы или чтобы оно соответствовало наихудшим условиям.

Если не предписано иное, то все элементы конструкции проектируют в соответствии с классом сооружения всего *МНГС*. Для расчета предельных состояний, если повреждение элемента *МНГС* повлияет на функционирование всего сооружения, этот элемент не может проектироваться для менее строгого класса *МНГС*.

7.2 Категории сооружения по критерию обеспечения безопасности персонала

Категория сооружения по критерию обеспечения безопасности персонала *МНГС* зависит от расчетных ситуаций, учитываемых для *МНГС* на протяжении расчетного срока его службы. Всем обитаемым *МНГС*, эксплуатируемым в сейсмических условиях, присваивают категорию S1.

Категория сооружения по критерию обеспечения безопасности персонала определяется из следующих вариантов в соответствии с нижеперечисленными требованиями:

a) S1: обитаемые без эвакуации

Данная категория соответствует ситуации, когда на *МНГС* (или на близрасположенном сооружении, которое может пострадать в результате повреждения *МНГС*) на постоянной основе проживает и работает персонал.

Примечание — Близрасположенные сооружения (ремонтные *МНГС*, транспортные линии, подводные системы и пр.) — это сооружения, расположенные на таком расстоянии, при котором на них будет оказываться воздействие при разрушении либо смещении основного *МНГС*.

МНГС относят к категории S1 (обитаемые без эвакуации), за исключением тех случаев, когда на протяжении расчетного срока службы в месте расположения *МНГС* выполняются некоторые требования категорий S2 и S3;

b) S2: обитаемые с эвакуацией

Данная категория соответствует ситуации, когда *МНГС* обычно обитаемо кроме случаев, когда прогнозируется превышение предварительно заданных пороговых значений состояния окружающей среды. *МНГС* относят к категории S2 (обитаемые с эвакуацией), если соблюдены следующие требования:

- существует техническая возможность в рабочем порядке достоверно спрогнозировать предварительно заданные превышаемые пороговые значения состояния окружающей среды. При этом погода между подобными прогнозами, а также само природное явление не будет препятствовать проведению эвакуации;
- имеются документально установленные планы, предписывающие способы получения прогнозов и инициирующие эвакуацию до превышения предварительно заданных пороговых значений состояния окружающей среды. Эти планы должны быть включены в руководство по эксплуатации;
- после получения прогноза о превышении предварительно заданных пороговых значений состояния окружающей среды имеется достаточное количество времени и ресурсов для безопасной эвакуации всего персонала с *МНГС* и с любого близрасположенного сооружения, которое может пострадать в результате повреждения *МНГС*, с учетом распределения этих же ресурсов для иных нужд (например, эвакуация других обитаемых *МНГС* в данном регионе);

c) S3: необитаемые

Данная категория применима для *МНГС*, на которой персонал находится только для плановых проверок, технического обслуживания или реконструкции. *МНГС* относят к категории S3 (необитаемые), если соблюдены следующие требования:

- визиты на *МНГС* организовывают только для плановых проверок, технического обслуживания или реконструкции на самом сооружении;
- в те периоды, когда могут быть достигнуты предварительно заданные пороговые значения состояния окружающей среды, визиты не длятся дольше 24 часов;
- выполняются три требования к эвакуации для категории S2 (обитаемые с эвакуацией).

МНГС данной категории часто характеризуется как «без присутствия людей».

Определение категорий сооружения по критерию обеспечения безопасности персонала подразумевает некоторый уровень компетентности. Эксплуатирующая организация *МНГС* и близрасположенных сооружений определяют применимость той или иной категории при проектировании нового сооружения или при выполнении оценки уже существующего сооружения, а также получают разрешения надзорных органов, если это необходимо. Если место расположения *МНГС* находится в непосредствен-

ной близости от другого сооружения, категорию сооружения по критерию обеспечения безопасности персонала нового *МНГС* присваивают с учетом требований к обоим сооружениям.

7.3 Категории сооружения по критерию тяжести возможных последствий опасных событий

При определении категорий сооружения по критерию тяжести возможных последствий опасных событий учитывают следующие факторы:

- обеспечение безопасности персонала, находящегося на *МНГС* или вблизи него, привлеченного для реагирования на любые последствия или аварии, кроме регулярного состава персонала, присутствующего на *МНГС* для выполнения работ;
- ущерб окружающей среде и морской биоте;
- предполагаемый ущерб эксплуатирующей организации, эксплуатирующей организации других сооружений, промышленности и/или другому третьему лицу, как и обществу в целом.

Примечание — Данная категория включает риск потери человеческой жизни для людей, не входящих в регулярный состав персонала *МНГС*, и для людей на любом близрасположенном сооружении, которое может пострадать в результате повреждения *МНГС*. Основной критерий для категории — ущерб окружающей среде или обществу (например, ситуация, при которой сообщество/государство/страна понесет существенные потери в результате прерывания добычи). Категория основана на допущении, что оператор (или эксплуатирующая организация, если это другое лицо) определяет категорию экономического ущерба с учетом допустимости риска и с согласованием контролирующего органа, если это требуется.

Категорию сооружения по критерию тяжести возможных последствий опасных событий определяют из следующих вариантов в соответствии с особыми требованиями, изложенными ниже:

a) C1: категория значительных последствий

К категории значительных последствий относятся:

- *МНГС* с высокими уровнями добычи или большими технологическими возможностями;
- *МНГС*, на котором возможны утечки углеводородов из скважин в случае аварии;
- *МНГС*, на котором не планируется или невозможна остановка добычи нефти или природного газа до возникновения расчетной ситуации (например, районы с высокой сейсмической активностью);
- *МНГС*, имеющие подключения к магистральным нефтепроводам и/или хранилищам для периодической погрузки нефти;
- *МНГС*, авария на котором может нанести ущерб близрасположенному *МНГС* или инфраструктуре, отнесенной к категории значительных последствий.

МНГС относят к категории C1 (категория значительных последствий), за исключением случаев, когда на протяжении расчетного срока службы *МНГС* выполняются некоторые требования категорий C2 и C3.

При принятии во внимание близрасположенных сооружений может выясниться, что они спроектированы на более высокую категорию, чем требуется. В подобных случаях проектируемому или оцениваемому *МНГС* присваивают категорию, требуемую для близрасположенного сооружения.

Примечание — Возможность значительной непреднамеренной утечки углеводородов из скважины (скважин) или из близрасположенных крупных транспортных линий и/или хранилищ рассматривается как значительные последствия.

b) C2: категория последствий средней тяжести

Категория последствий средней тяжести относится к *МНГС*, на котором при возникновении расчетных ситуаций добыча может быть остановлена. *МНГС* относят к категории последствий средней тяжести только если выполняются следующие требования:

- все скважины, которые могут в случае аварии на *МНГС* фонтанировать, оборудованы полнофункциональными скважинными предохранительными клапанами, произведенными и испытанными в соответствии с *ГОСТ ISO 10417*. Возможность фонтанирования должна рассматриваться как результат аварии в любой части системы, включая водоотделяющую колонну/направление;
- хранение нефти ограничено наличием запаса и уравнительными резервуарами для трубопроводного транспорта;
- возможность утечки углеводородов на трубопроводах, на которые может оказать воздействие авария на *МНГС*, ограничена запасом емкости и режимом давления или обратными клапанами или подводными предохранительными клапанами, расположенными на достаточном удалении, чтобы не попасть под воздействие аварии;

- вероятность того, что авария на *МНГС* нанесет урон сооружению категории С1, совместно с которым *МНГС* эксплуатируется или вблизи которого оно расположено, невелика;

с) С3: категория малых последствий

Категория малых последствий относится к *МНГС* небольшого размера или иным *МНГС*, где добыча может быть остановлена на время расчетного события и где низка вероятность воздействия на существующую морскую или подводную инфраструктуру. Такие *МНГС*, как правило, поддерживают отправку продукции с сооружения и имеют внутрипромысловые трубопроводы небольшого диаметра. *МНГС* относят к категории С3 (категория малых последствий), если выполняются следующие требования:

- все скважины, которые могут фонтанировать в случае аварии на *МНГС*, оборудованы полнофункциональными скважинными предохранительными клапанами, которые произведены и испытаны в соответствии с ГОСТ *ISO 10417*. Возможность утечки должна рассматриваться как результат аварии в любой части системы, включая водоотделяющую колонну/направление;
- хранение нефти ограничено наличием запаса;
- возможность утечки углеводородов на трубопроводах, которые могут пострадать при аварии на *МНГС*, ограничена запасом емкости и режимом давления или обратными клапанами или подводными предохранительными клапанами, расположенными на достаточном удалении, чтобы не попасть под воздействие аварии;
- вероятность того, что авария на *МНГС* нанесет урон сооружению категории С1 или С2, совместно с которым *МНГС* эксплуатируется или вблизи которого оно расположено, невелика.

Определение категорий *МНГС* по критерию тяжести возможных последствий опасных событий подразумевают некоторый уровень компетентности. Оператор и эксплуатирующая организация (если это иное лицо) *МНГС* определяют применимость той или иной категории при проектировании нового сооружения или выполнения оценки уже существующего сооружения, а также должен получить разрешение надзорных органов, если это необходимо.

7.4 Определение класса сооружения по требованиям стойкости к внешним воздействиям

Класс сооружения по требованиям стойкости к внешним воздействиям зависит от категории сооружения по критерию обеспечения безопасности персонала и от категории сооружения по критерию тяжести возможных последствий опасных событий. Класс сооружения по требованиям стойкости к внешним воздействиям определяется в соответствии с таблицей 1. Каждому классу назначаются соответствующие коэффициенты надежности при проектировании. Определение данных коэффициентов для различных типов сооружений приведено в *[7]—[10].*

Таблица 1 — Определение класса сооружения по требованиям стойкости к внешним воздействиям

Категория сооружения по критерию обеспечения безопасности персонала	Категория сооружения по критерию тяжести возможных последствий опасных событий		
	С1: категория значительных последствий	С2: категория последствий средней тяжести	С3: категория малых последствий
S1 (обитаемые без эвакуации)	L_1	L_1	L_1
S2 (обитаемые с эвакуацией)	L_1	L_2	L_2
S3 (необитаемые)	L_1	L_2	L_3

Эксплуатирующая организация *МНГС* и примыкающей инфраструктуры определяет класс сооружения по требованиям стойкости к внешним воздействиям, применимый к *МНГС*, при проектировании нового *МНГС* или оценки уже существующего сооружения, а также получает разрешение надзорных органов, если это необходимо. Класс сооружения может пересматриваться на протяжении расчетного срока службы *МНГС* в результате изменения факторов, влияющих на категории сооружения по критерию обеспечения безопасности персонала и категории сооружения по критерию тяжести возможных последствий опасных событий.

8 Принципы проектирования по предельным состояниям

8.1 Предельные состояния

8.1.1 Общие сведения

Эксплуатационные характеристики всего *МНГС* или его части рассматривают со ссылкой на определенные предельные состояния, при превышении которых сооружение перестает удовлетворять расчетным критериям.

Проектные расчеты проводят с помощью метода расчета с использованием коэффициентов надежности.

8.1.2 Категории предельных состояний

МНГС, их конструкции и основания рассчитывают по методу предельных состояний, при этом расчеты надлежит проводить по четырем группам предельных состояний:

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

8.1.3 Основное предельное состояние (ULS)

Основное предельное состояние конструкций МНГС соответствует критериям разрушения при действии экстремальных нагрузок, как правило, обусловленных воздействием окружающей среды с периодом повторяемости один раз в 100 лет.

Основное предельное состояние для МНГС характеризуется:

- потерей общей прочности или устойчивости (остойчивости) МНГС;
- превышением пределов прочности отдельных конструктивных элементов МНГС, разрушение которых приводит к прекращению эксплуатации сооружения;
- превышением допустимых перемещений конструктивных элементов;
- потерей конструктивной устойчивости критичных элементов МНГС.

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

Предельное состояние по критериям пригодности к нормальной эксплуатации конструкций МНГС соответствует критериям разрушения при действии рабочих нагрузок, как правило, обусловленных воздействием окружающей среды с периодом повторяемости один раз в год.

Предельное состояние по критериям пригодности к нормальной эксплуатации характеризуется:

- деформациями и перемещениями, значения которых нарушают нормальную эксплуатацию технологического, подъемно-транспортного и другого оборудования;

- колебаниями и вибрациями, вызывающими вредные воздействия и ощущения дискомфорта;

- нарушениями целостности примыкающих друг к другу элементов конструкций, их стыков, узлов соединения;

- разрушением элементов, приводящим к невозможности нормальной эксплуатации сооружения.

8.1.5 Предельное состояние по критериям усталостной прочности (FLS)

Предельное состояние по критериям усталостной прочности МНГС соответствует критериям разрушения при действии циклических нагрузок, как правило, обусловленных воздействием окружающей среды с периодом повторяемости один раз в 5 лет.

8.1.6 Особое предельное состояние (ALS)

Особое предельное состояние конструкций *МНГС* соответствует критериям разрушения при действии особых нагрузок, как правило, обусловленных воздействием окружающей среды с периодом повторяемости один раз в 1000 лет.

Особое предельное состояние связано с двумя типами опасностей:

- аварийные события;
- аномальные воздействия окружающей среды, в том числе землетрясения уровня *MP3*.

По особому предельному состоянию осуществляется проверка того, приводит ли местное повреждение или затопление к полной потере конструктивной целостности или эксплуатационных характери-

стик *МНГС*. Местные повреждения могут охватывать отдельные элементы сооружения, насосы, якорные линии, подруливающие устройства и другие элементы. Потеря целостности может сопровождаться существенным повреждением конструкций, потерей удерживающей способности систем позиционирования, опрокидыванием или затоплением.

При определении устойчивости сооружения в данных условиях могут приниматься во внимание податливость и резервная мощность системы.

Поврежденное сооружение или отдельные конструктивные элементы определяют на соответствие их классу по требованиям стойкости к внешним воздействиям. Сооружение может находиться в поврежденном состоянии при условии, что конструктивная целостность сооружения обеспечена для возможности эвакуации персонала и принятия мер по ремонту или замене поврежденных элементов на протяжении всего необходимого периода времени под воздействием конкретных внешних условий.

8.2 Проектирование

8.2.1 Общие конструктивные требования

Проектирование выполняют по предельным состояниям, перечисленным в *8.1.2*. Должна быть разработана расчетная модель, по которой осуществляют проверку по каждому предельному состоянию.

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

Нагрузки моделируют с высокой степенью приближения к реальности.

8.2.2 Расчетные ситуации

При проектировании *МНГС* учитывают различные расчетные ситуации, основывающиеся на их предельных состояниях. Расчетные ситуации учитывают различные режимы эксплуатации строительства, различные уровни моря и т. д.

9 Базовые переменные

9.1 Общие положения

Каждое предельное состояние представляют в виде определенного набора базовых переменных. Обычно базовые переменные характеризуют:

- нагрузки;
- сопротивления материалов и грунтов;
- геометрические параметры.

9.2 Нагрузки

9.2.1 Классификация нагрузок

Нагрузки по продолжительности действия разделяют на постоянные и временные (длительные, кратковременные, особые). В зависимости от вида нагрузки назначают различные коэффициенты надежности по нагрузке.

9.2.1.1 Постоянные нагрузки

К *постоянным* нагрузкам относятся:

- собственная масса сооружения;
- нагрузки, обусловленные давлением грунта;
- нагрузки, возникающие в результате усадки бетона или деформации, вызванной сваркой;
- нагрузки от внешнего гидростатического давления;
- нагрузки, возникающие от опор и/или осадки грунта.

9.2.1.2 Временные нагрузки

9.2.1.2.1 Длительные нагрузки

К *длительным* нагрузкам относятся:

- масса конструкций верхнего строения, соединений и стационарного функционального оборудования;
- *температурные технологические воздействия от стационарного оборудования.*

9.2.1.2.2 Кратковременные нагрузки

К кратковременным нагрузкам относятся:

- нагрузки, возникающие при эксплуатации, включая нагрузки от кранов, нагрузку на крюке буровой установки, нагрузки от различного балласта, вертолетов, продукции, запасов, а также вес морского обрастания, накопления снега и льда;
- нагрузки, возникающие при строительстве, транспортировании и монтаже;
- нагрузки, обусловленные пребыванием персонала на *МНГС*;
- нагрузки от отходов жизнедеятельности;
- собственная масса временных конструкций и оборудования;
- нагрузки от воздействия окружающей среды;
- нагрузки, возникающие при швартовке судов.

Функциональные нагрузки должны быть определены исходя из требований ГОСТ Р 57555 (см. также [1], [11]).

9.2.1.2.3 Нагрузки от воздействий окружающей среды

К нагрузкам от воздействий окружающей среды относятся:

- нагрузки, вызванные воздействием ветра;
- нагрузки, вызванные воздействием волн;
- нагрузки, вызванные воздействием течений;
- нагрузки, являющиеся следствием морского обрастания, наличия снега или накопления льда;
- нагрузки, вызванные воздействием плавучего льда.

Примечание — Определение воздействий окружающей среды должно выполняться с учетом региона эксплуатации.

9.2.1.3 Особые нагрузки

К особым нагрузкам относят сейсмические, аварийные и аномальные воздействия.

Нагрузки от аварийных и аномальных воздействий возникают в результате событий низкой вероятности во время расчетного срока службы *МНГС*.

К аварийным воздействиям относятся:

- столкновения;
- падения объектов;
- пожары;
- взрывы;
- непредвиденные или незапланированные затопления;
- непредвиденные осадки основания;
- непредвиденные эрозия или размыв.

К аномальным относят климатические нагрузки (снеговые, ветровые, температурные и гололедные), действие которых может привести к аварийной расчетной ситуации.

Аномальные воздействия окружающей среды, вызванные ветрами, волнами, течениями и льдом, следует определять для классов L_1 и L_2. Воздействия, обусловленные землетрясениями аномального уровня, следует рассматривать в качестве аномальных воздействий на платформы для всех классов сооружения.

Нагрузки от сейсмических воздействий следует определять в соответствии с требованиями *СП 14.13330.2014 и ГОСТ Р 57123.*

***9.2.2* Циклические нагрузки**

Циклические нагрузки относятся к временным длительным воздействиям, которые могут вызвать эффекты усталости в конструкциях. Усталость представляет собой накопленное повреждение при многократном повторении напряжений в определенном месте конструкции. Такие напряжения являются следствием кратковременных воздействий, например волн.

9.3 Сопротивления

9.3.1 Общие сведения

Для предельных состояний, связанных с циклическими воздействиями, сопротивления определяют таким образом, чтобы целостность МНГС сохранялась на протяжении всего циклического воздействия.

***9.3.2* Свойства материалов и грунтов**

Величины, характеризующие свойства материалов и их изменчивость, должны основываться либо на специальных квалификационных испытаниях, либо на результатах изысканий на месте проведения работ в сочетании с другими источниками информации. Свойства, относящиеся к специальным испытательным образцам, должны быть преобразованы в соответствующие свойства материалов конструкции посредством применения коэффициентов или функций перевода, которые должны учитывать масштабный эффект, зависимость от времени и температуры.

Выбор конкретного материала следует проводить с учетом всех свойств материала, имеющих отношение к *МНГС*. Дополнительные сведения о выборе сталей доступны в *[7]*. Рекомендации по выбору бетона и его исходных материалов представлены в *[8]*.

Положения, касающиеся грунтов, изложены в *6.14.2* и *6.14.3*, а также см. *[4]*.

***9.3.3* Геометрические параметры**

При проектировании должны быть описаны геометрические параметры, которые определяют форму, размеры и общую компоновку *МНГС*, ее элементов и сечений (см. 10.4), при этом должны соблюдаться применимые допуски.

Когда отклонение любого из геометрических параметров от заданных значений превышает допуск, определение сопротивления и отклика *МНГС* должно учитывать такое отклонение и предписывать использование измененных предельных значений допусков для геометрических параметров, если отклонения не корректируются.

10 Проектирование по коэффициентам надежности

10.1 Принципы

Конструкция *МНГС* должна быть спроектирована таким образом, чтобы в течение ее расчетного срока службы соблюдалось следующее условие:

$$\sum S_d = R_d, \tag{1}$$

где $\sum S_d$ — эффект воздействия, вызванный расчетными значениями силовых воздействий F_d;

R_d — расчетное значение сопротивления элемента;

F_d — расчетное значение силового воздействия, вычисляемое по формуле

$$F_d = \gamma_f F_r, \tag{2}$$

где γ_f — коэффициент надежности по нагрузке;

F_r — репрезентативное значение силового воздействия.

Расчетное значение сопротивления элемента R_d вычисляют по формуле

$$R_d = \frac{R_r}{\gamma_R}, \tag{3}$$

где R_r — репрезентативное значение сопротивления элемента;

γ_R — частный коэффициент сопротивления.

Расчетное значение свойств материалов f_d определяют по формуле (5), приведенной в *10.3.*

Помимо формулы (5), расчетное значение сопротивления элементов может определяться напрямую по формуле (3) или по формуле (6), приведенной в *10.3*.

Расчетные значения других переменных, используемых в расчетах, определяют аналогичным образом, либо дополнительно вводятся коэффициенты запаса.

10.2 Нагрузки и их сочетания

***10.2.1* Нормативные значения**

Для некоторых расчетных ситуаций воздействие может иметь два нормативных значения (верхнее и нижнее). Чтобы проверить предельные состояния по прочности, при проектировании учитывают экстремальные значения и экстремальные события. Для многих расчетных ситуаций экстремальное событие близко связано с экстремальным значением воздействия. Общая реакция *МНГС* преимуще-

ственно находится в области упругих деформаций, однако концентрации локальных напряжений могут превышать пределы текучести и иметь нелинейные реакции (например, при взаимодействиях между сваей и грунтом).

Чтобы проверить особые предельные состояния при проектировании, контроль случайных предельных состояний должен осуществляться с использованием аномальных ситуаций и соответствующих критериев готовности к эксплуатации или функциональных характеристик. Для расчетных ситуаций аномальная ситуация близко связана с аномальным значением воздействия, при котором реакции *МНГС* не приводят к потере конструктивной целостности. Для всех классов сооружения и аномальных событий, влияющих на безопасность персонала, целостность *МНГС* должна обеспечивать возможность эвакуации после наступления события. Аномальные значения параметров и аномальные ситуации характеризуются годовой обеспеченностью порядка $1 \cdot 10^{-3}$—$1 \cdot 10^{-4}$/год.

Период повторяемости T — средний период времени между последовательными событиями или превышением определенного значения базовой переменной. Событие или превышение происходит в среднем один раз на протяжении периода повторяемости. Период повторяемости в годах выражается формулой (4):

$$T = \frac{1}{p}, \tag{4}$$

где p — годовая обеспеченность события.

Годовая обеспеченность представляет собой вероятность того, что событие определенной величины наступает или значение переменной превышается в течение одного любого года.

Периоды повторяемости 10 лет, 50 лет, 100 лет, 1000 лет и 10 000 лет соответствуют годовым обеспеченностям: $1 \cdot 10^{-1}$, $2 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-2}$, $1 \cdot 10^{-3}$ и $1 \cdot 10^{-4}$.

Такой период повторяемости характеризует порядок величины, а не точное значение, поскольку редко можно найти достоверные базы данных для таких малых обеспеченностей. Репрезентативные значения для воздействий, обусловленных аномальными ледовыми явлениями, следует определять на основе годовой обеспеченности события.

***10.2.2* Репрезентативные значения**

Для различных расчетных ситуаций (различных групп предельных состояний) воздействиям назначают различные значения. Эти значения называют репрезентативными.

Основное репрезентативное значение соответствует нормативному значению. В тех случаях, когда влияние меньшего по величине воздействия представляется более опасным для *МНГС*, наименьшее нормативное значение будет рассматриваться как репрезентативное.

Другие репрезентативные значения выбирают применительно к некоторым условиям, например продолжительности воздействия и геологического явления, и могут быть выражены как конкретная часть нормативного значения.

Постоянная нагрузка имеет в основном уникальное репрезентативное значение. Когда нагрузка вызвана собственным весом *МНГС*, репрезентативное значение постоянной нагрузки G_r будет получено по значениям геометрических параметров (как правило, получаемых из чертежей) и плотности материала.

В тех случаях, когда погрешности в величинах постоянных нагрузок важны, используют нормативные значения и при необходимости определяют как максимальное, так и минимальное нормативное значение.

При рассмотрении циклических нагрузок для анализа усталостных состояний вместо определения отдельного репрезентативного значения нагрузки устанавливают изменение ее величины со временем.

***10.2.3* Расчетные значения**

Для проверки предельных состояний используют расчетные значения воздействий. Расчетные значения получают посредством умножения репрезентативных значений на коэффициент надежности по нагрузке, γ_f.

Коэффициент надежности по нагрузке должен учитывать:

- вероятность неблагоприятных отклонений нагрузок от их репрезентативных значений;
- неточности в определении нагрузок.

Коэффициент надежности для одной и той же нагрузки может различаться в зависимости от рассматриваемых предельных состояний. Кроме того, коэффициенты надежности по нагрузкам различаются в зависимости от типа нагрузок.

***10.2.4* Сочетания нагрузок**

Сочетание нагрузок — это совокупность расчетных значений комплекса различных нагрузок, рассматриваемых одновременно при проверке предельного состояния.

Взаимоисключающие нагрузки не должны входить в одно сочетание.

Нагрузки должны сочетаться таким образом, чтобы для рассматриваемого предельного состояния они создавали наиболее неблагоприятный эффект.

Чтобы принять во внимание снижение вероятности одновременного воздействия неблагоприятных значений нескольких независимых нагрузок, значения временных нагрузок могут быть уменьшены на величину коэффициента сочетания нагрузок.

При расчете по основному предельному состоянию используют следующие типы сочетаний нагрузок:

- основные расчетные сочетания (т. е. сочетания постоянных, длительных и кратковременных нагрузок);

- особые сочетания (постоянных, длительных, кратковременных и одной из особых нагрузок).

Аварийные нагрузки должны быть включены только в сочетание нагрузок особого предельного состояния. Расчетные сочетания аварийных нагрузок обычно должны включать постоянные нагрузки, временные нагрузки и одну аварийную нагрузку. Если предполагается, что может возникнуть несколько аварийных воздействий в одно время, к сочетанию этих воздействий применяют уровень годовой обеспеченности. Если аварийные воздействия вызваны не одним явлением (например, пожары и взрывы газообразных углеводородов), различные аварийные воздействия считаются независимыми. В сочетании аварийных нагрузок также учитывают следствие влияния аварийных ситуаций, например, таких как снижение устойчивости в результате пожара.

Аномальные воздействия окружающей среды должны включаться только в сочетание нагрузок аномального (аварийного) предельного состояния. Расчетные сочетания аномальных нагрузок обычно должны включать постоянные нагрузки, временные нагрузки и аномальное воздействие окружающей среды или рассматриваемое аномальное сейсмическое воздействие.

Для усталостного предельного состояния должно быть принято во внимание совокупное влияние всех циклических нагрузок на протяжении расчетного срока службы *МНГС*.

***10.3* Свойства материалов и грунтов**

***10.3.1* Нормативные значения**

Нормативное значение сопротивления или нормативное значение свойств материалов соответствуют квантилю в статистическом распределении свойств материалов. Если меньшие значения приводят к наиболее сложным расчетным условиям, нормативное значение следует определять как значение, ниже которого находятся 5 % всех значений. Если для проектирования важны большие значения, нормативное значение может определяться как значение, ниже которого находятся 95 % всех значений. *Нормативные значения свойств материалов определяют в соответствии с указаниями национальных нормативных документов, а также международных стандартов.* Определение свойств грунтов выполняют согласно положениям *6.14.3* (также см. *[4]*).

В тех случаях, когда свойства материалов изменяются во времени или когда нагрузки окружающей среды вызывают изменение структуры или размеров материалов, нормативные значения, используемые при проектировании, должны быть выбраны с учетом таких изменений.

Для оценки усталостного состояния используют кривую усталости. За нормативное значение принимается значение, ниже которого находится 2,3 % значений (среднее значение минус два стандартных отклонения).

***10.3.2* Расчетные значения**

Расчетные значения свойства материала f_d могут быть получены по репрезентативному значению f_k по формуле

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}, \tag{5}$$

где f_k — репрезентативное значение свойства материала;

γ_m — коэффициент надежности по материалу.

Коэффициент надежности по материалу γ_m в этой формуле учитывает:

- вероятность неблагоприятных отклонений в значении прочности материалов, интерпретируемой как случайная переменная нормативного значения;
- возможную неточность оценки несущей способности элементов *МНГС* (если не включено в коэффициент γ_d);
- неточности в геометрических параметрах, если они не были учтены отдельно или не включены в коэффициент γ_d;
- неточности во взаимосвязи между свойствами материалов *МНГС* и свойствами, определенными в процессе испытаний на контрольных образцах, например погрешности, связанные с коэффициентом или функцией перевода в соответствии с *9.3*.

Величина γ_m зависит от неточностей значений свойств материалов, фактического предельного состояния и сопротивления элемента.

Расчетное значение сопротивления элемента R_d может быть получено по нормативному значению сопротивления элемента, R_k, по формуле

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_r}, \tag{6}$$

где γ_r — частный коэффициент сопротивления.

В этом случае величина γ_r учитывает перечисленное выше и дополнительно неточности в расчетных моделях (см. А.3.5).

10.4 Геометрические параметры

10.4.1 Репрезентативные значения

Применительно к геометрическим параметрам репрезентативные значения геометрического параметра a_r обычно соответствуют номинальным значениям.

10.4.2 Расчетные значения

В тех случаях, когда отклонения в геометрических параметрах имеют незначительное влияние или когда учитываются в других значениях γ_R, репрезентативное значение может быть использовано в качестве расчетного.

Расчетные значения геометрических параметров a_d выражают по формуле

$$a_d = a_r \pm \Delta a, \tag{7}$$

где a_r — репрезентативное значение геометрического параметра;

Δa — коэффициент, учитывающий допуски.

10.5 Значения коэффициентов надежности

10.5.1 Общие сведения

Для оценки различных предельных состояний коэффициенты надежности задают с учетом характера воздействия (постоянное, временное, особое и т. д.) и предельного состояния.

10.5.2 Основное предельное состояние

10.5.2.1 Воздействия

Коэффициенты надежности по нагрузке определяют для различных типов сооружений (см. *[5]* и *[7]—[10]*). Дополнительная информация приведена в разделе А.1.

10.5.2.2 Сопротивление и материалы

Частный коэффициент сопротивления и коэффициент надежности по материалу должны учитывать изменчивость свойств материалов и неопределенности, перечисленные в *10.3.2*.

Возможные отклонения принятых расчетных значений от реальных условий работы элементов конструкций, соединений, сооружений и их оснований, а также изменение свойств материалов вследствие влияния температуры, влажности, длительности воздействия, его многократной повторяемости и других факторов, не учитываемых непосредственно в расчетах и не нашедших отражение при установлении расчетных характеристик, но способных повлиять на несущую способность или подверженность конструкций деформациям, учитываются частным коэффициентом сопротивления γ_r.

К таким факторам относятся: случайные эксцентриситеты нагрузки и отклонения от прямолинейности осей сжатых стержней, наличие концентрации напряжений, динамический характер

нагрузки, развитие чрезмерных пластических деформаций в отдельных локальных зонах, соотношение постоянных и временных нагрузок и др.

Определения частного коэффициента сопротивления и коэффициента надежности по материалу см. в *[4], [5] и [7]—[10].*

10.5.3 **Предельное состояние по критериям пригодности к нормальной эксплуатации**

Коэффициенты надежности по нагрузке для данного предельного состояния принимают равными 1,0. Различных уровней безопасности достигают использованием различных значений ограничивающего условия. Коэффициенты надежности по сопротивлению и коэффициенты надежности по материалу предельных состояний эксплуатационной пригодности принимают равными 1,0.

10.5.4 **Предельное состояние по критерию усталостной прочности**

Все коэффициенты надежности по нагрузке для предельных состояний усталостной прочности принимаются равными 1,0.

10.5.5 **Особое предельное состояние**

Коэффициенты надежности по нагрузкам принимают равными 1,0. Это объясняется наличием собственной погрешности в значении нагрузки, которая входит в определение нормативного значения нагрузки. Коэффициенты надежности по сопротивлению и коэффициенты надежности по материалу для особого предельного состояния принимают равными 1,0.

10.6 Анализ надежности *МНГС*

Коэффициенты надежности по нагрузке и коэффициенты надежности по сопротивлению, указанные в настоящем стандарте, вычислены или подобраны с помощью анализа надежности конструкций. Модели надежности обычно разрабатывают на основе принципов, указанных в *ГОСТ Р ИСО 2394*, и апробируют с использованием подходящих проверочных данных и полнофункциональных программ контроля нагрузок на морские сооружения.

При проектировании *МНГС* используются следующие принципы выполнения анализа надежности конструкций (см. *6.1*):

- анализ надежности конструкций не должен заменять надлежащие инженерные оценки;
- во время анализа надежности конструкций соблюдают принципы, указанные в *ГОСТ Р ИСО 2394*, и учитывают неопределенности, связанные с важными параметрами и моделями;
- модели, используемые для анализа надежности конструкций, должны апробироваться на основе подходящих проверочных данных, связанных с *МНГС*, путем применения для параметров воздействий полнофункциональных программ контроля нагрузок на морские нефтегазовые сооружения;
- целевые показатели надежности должны зависеть от последствий аварийных ситуаций с учетом конкретных классов сооружения (L_1, L_2 и L_3).

Дополнительная информация приведена в А.2.

11 Модели и анализ

Аналитические методы и расчеты, описанные в настоящем стандарте, используют совместно со средствами автоматизированного проектирования, испытаниями на основе физических масштабных моделей или полномасштабными модельными испытаниями прототипов. Возможно также использование комбинации этих методов.

Аналитические и физические модели должны обеспечивать соответствующее представление воздействий и реакций *МНГС* в соответствии с рассматриваемым предельным состоянием.

Дополнительные обобщенные рекомендации в отношении анализа и моделей доступны в А.3.

Модели элементов *МНГС*, имеющих важное влияние на общую устойчивость и целостность, должны сохраняться и контролироваться в течение расчетного срока службы *МНГС*.

При проведении анализа в случае целесообразности следует учитывать влияние условий окружающей среды на характеристики материалов.

Пример — Влияние влажности окружающей среды на деформацию вследствие усадки и ползучести **бетона*; влияние высокой температуры во время пожара на распределение деформаций и прочность элементов *МНГС*.**

Следует принимать во внимание наличие погрешности результатов, полученных на основе аналитических расчетов и модельных испытаний.

12 Управление качеством

12.1 Общие положения

Данный раздел содержит основные сведения о системе менеджмента качества (QMS) на этапах проектирования, изготовления, транспортирования и монтажа *МНГС* различной конструкции. Более подробное описание требований представлено в *[5] и [7]—[10]*, посвященных конкретным типам сооружений.

Система управления качеством формируется процедурой обеспечения качества (QA), идентифицирующей требования, и системой контроля качества (QC), идентифицирующей средства обеспечения качества.

Во время реализации проекта осуществляют проверку и анализ контроля качества, чтобы обеспечить соблюдение требований планов и технических условий с целью достижения необходимого качества и эксплуатационных характеристик *МНГС* на всех этапах изготовления, транспортирования, монтажа, эксплуатации и демонтажа.

Требования, предъявляемые к контролю качества, проверке и документированию, должны соответствовать классу сооружения по требованиям стойкости к внешним воздействиям (L_1, L_2 и L_3; см. *7.1*) и учитывать общепризнанные международные, европейские или национальные стандарты. Среди прочего, учитывают принципы выбора материалов и предотвращения трещинообразования, используемые во время проектирования.

Все этапы проектирования, строительства и эксплуатации *МНГС* контролируют в той степени, в которой обеспечивается:

- выполнение конструктивных требований;
- максимальное снижение возможности ошибки, неблагоприятных отклонений от проекта и технических требований.

Эффективный план контроля качества должен заранее предотвращать использование дефектных материалов и некачественного выполнения работ независимо от обеспечения качества и документирования.

Рекомендации в отношении систем менеджмента качества для нефтяной и газовой промышленности представлены в *ГОСТ Р ИСО/ТУ 29001*.

12.2 Распределение ответственности

Обеспечивается документально подтвержденное распределение ответственности по всем видам работ и взаимодействие на протяжении всех фаз проектирования и строительства. Степень индивидуальной ответственности должна быть известна каждому участнику.

12.3 Система менеджмента качества

Все операции проектирования, изготовления и монтажа должны осуществляться в рамках документированной системы менеджмента качества (QMS), например, согласно требованиям *ГОСТ Р ИСО 9001*.

Система менеджмента качества должна как минимум удовлетворять требованиям, перечисленным в таблице 2, с учетом степени воздействия на *МНГС*. Некоторые из этих требований могут предусматриваться планом контроля качества. Система менеджмента качества должна охватывать элементы *МНГС* и любые дополнительные компоненты, которые критически важны для изготовления *МНГС* (например, проектирование и проверка грузовых траверс и процедур подъема грузов).

Таблица 2 — Требования к системе менеджмента качества

Вид документа	Класс сооружения*		
	L_1	L_2	L_3
План управления качеством	M	M	M
Руководство по обеспечению качества	M	M	P
Организационная схема	M	M	P
Процедуры контроля документации и чертежей	M	M	P
Процедуры управления изменениями	M	M	P
Проектные расчеты	M	M	M

Окончание таблицы 2

Вид документа	Класс сооружения*		
	L_1	L_2	L_3
Процедуры изготовления, *монтажа и испытаний*	М	М	М
Грузоподъемные работы	М	М	М
Процедуры отслеживания материалов	М	М	Р
Процедуры контроля/проверки размеров	М	М	М
Сертификаты и процедуры поверки оборудования	М	М	Р
Процедуры контроля качества работ субподрядчиков *и поставщиков оборудования*	М	М	Р
Процедуры подготовки отчетов о нагрузке масс	М	М	М
Порядок осуществления закупок материалов/услуг	М	М	М
Процедуры реализации специальных операций (например, термообработка)	М	М	Р
* М обозначает «минимальное требование»; Р обозначает «рекомендуемое требование».			

12.4 План контроля качества

12.4.1 Общие сведения

Контроль качества осуществляют в целях обеспечения соответствия проекту и нормативным требованиям до и во время изготовления, погрузки, транспортирования, монтажа, эксплуатации и демонтажа. Контроль качества выполняется с целью обеспечения соблюдения заданных требований, предъявляемых к материалам и изготовлению. Процедуру обеспечения качества обычно проводят во время и после контроля качества, чтобы выполнить подготовку отчетов и документов.

В рамках системы менеджмента качества разрабатывают план контроля качества, который ссылается на процедуры для всех методов контроля и неразрушающих испытаний, включая предложенные формы отчетов, а также должности и квалификации специалистов, выполняющих контроль и неразрушающие испытания.

План контроля качества должен указывать объем проверок, необходимых для изготовления.

План контроля качества должен учитывать требования *12.4.2—12.6.5*.

12.4.2 Квалификация персонала

Все виды деятельности, осуществляемые во время проектирования, строительства, транспортирования, монтажа и эксплуатации *МНГС*, должны выполняться квалифицированным персоналом с навыками и опытом, соответствующими целям этих видов деятельности. Документация, имеющая отношение к квалификации и соответствующему опыту всех сотрудников и персонала, деятельность которого обычно требует наличия специальной подготовки или сертификатов, должна являться частью документации по контролю качества.

На месте проведения работ применяются национальные требования, предъявляемые к квалификации персонала (например, инженерам, операторам, сварщикам, водителям и т. д.).

12.4.3 Инспектирование материалов и оборудования

В процессе инспектирования выполняют проверку материалов конструкций *МНГС* и установленного оборудования на соответствие предъявляемым к ним требованиям. Процедура должна гарантировать возможность отслеживания инспектируемых материалов и оборудования посредством нанесения маркировки и документирования.

12.4.4 Инспектирование при изготовлении

В процессе инспектирования при изготовлении следят за всеми установленными требованиями на стадии проектирования, включая требования к изготовлению конструктивных элементов, контролю размеров, центровки, обеспечению допусков, ориентации, обработки поверхности, проверки массы в сборке и т. д.

Для композитных материалов, таких как железобетон, проверка должна включать оценку качества материала, поставляемого на площадку, операций дозированной подачи, отбор и испытание образцов, уплотнения и обработки, армирования, натяжения предварительно напряженной арматуры и т. д.

***12.4.5* Инспектирование установки**

По окончании транспортирования объекта проводят соответствующее инспектирование, подтверждающее, что перед началом операций по монтажу конструкция не повреждена. Проверка должна подтвердить, что все монтажные средства и вспомогательные элементы установлены и проверены согласно заданным требованиям с учетом рекомендаций производителя. После установки конструкцию осматривают повторно для подтверждения соответствия проекту.

Пример — Проверяют клиренс, заглубление свай, балласт, антикоррозионную протекторную защиту.

12.5 Инспектирование в процессе эксплуатации, технического обслуживания и ремонта

Конструкцию поддерживают в таком состоянии, которое соответствует ее целевому назначению при надлежащей степени надежности.

Для соблюдения этих требований разрабатывают и документируют систему управления целостностью конструкции. Как минимум необходимо сформулировать стратегию инспектирования. Техническое обслуживание планируют с учетом важности и цели использования, информации о долговечности элементов и резервировании на *МНГС*, условий окружающей среды и защиты от внешних воздействий.

Инспектирование проводят в регулярные интервалы времени для заблаговременного выявления возможных повреждений или износа в целях недопущения наступления предельного состояния.

Конструктивные элементы, имеющие существенное значение для устойчивости и прочности конструкции, должны быть, по мере возможности, доступны для инспектирования.

12.6 Регистрация данных и документация

12.6.1 Общие сведения

При изготовлении, погрузке, транспортировании и монтаже данные, относящиеся к инспектированию и техническому обслуживанию *МНГС*, регистрируют в процессе выполнения проекта и комплектуют в форме, приемлемой для хранения в виде постоянных записей.

Степень детализации отчетов об инспектировании и прочей документации, указанной в таблице 3, должна соответствовать конкретному *МНГС* и классу сооружения по требованиям стойкости к внешним воздействиям. Если иное не указано в согласованном проектном руководстве по обеспечению качества, вся документация, перечисленная в таблице 3, хранится на учете в течение расчетного срока службы *МНГС* и при необходимости предоставляется новым эксплуатирующим организациям.

Таблица 3 — Требования, предъявляемые к документации

Вид документа	Класс сооружения*		
	L_1	L_2	L_3
Журнал контроля и движения материалов	M	M	P
Проектная документация	M	M	M
Рабочая документация	M	M	P
Конструктивные расчеты	M	M	P
Журналы контроля/проверки размеров	M	M	P
Сертификаты на материалы и оборудование	M	M	P
Акты обследования	M	M	P
Акты технической экспертизы работоспособности оборудования	M	M	P
Прочие отчеты	M	M	P
Отчеты о нагрузке масс и положения центра тяжести	M	M	M
Отчет обследования фундамента	M	M	M

Окончание таблицы 3

Вид документа	Класс сооружения*		
	L_1	L_2	L_3
Исполнительская документация (чертежи)	М	М	Р

* М обозначает «минимальное требование»;
Р обозначает «рекомендуемое требование».

***12.6.2* Конструктивные расчеты**

На всех этапах строительства проводят контроль конструктивной целостности элементов и пригодности оборудования.

Конструктивные расчеты должны учитывать:

- конструкцию, приспособления, временные сооружения, краны и такелажное оборудование;
- все воздействия, оборудование и такелаж;
- соответствующие чертежи и технические условия.

Расчетная документация должна содержать информацию об источнике методов расчета.

***12.6.3* Отчеты о нагрузке масс и положении центра тяжести**

Основой отчетов о нагрузке масс и положении центра тяжести должны служить значения расчетной массы, а также рабочие, монтажные или исполнительные чертежи, используемые по мере выполнения работ.

Примечание — Отчеты о нагрузке масс выполняют в соответствии с требованиями *ГОСТ Р 58036.*

***12.6.4* Документация, связанная с контролем изготовления**

Документация, связанная с изготовлением, должна предоставляться согласно таблице 3, исходя из конкретной ситуации.

***12.6.5* Чертежи и спецификации**

Чертежи и спецификации, подготовленные в ходе реализации проекта, должны охватывать следующее:

- концептуальные чертежи;
- предпроектные чертежи технического предложения и спецификации;
- проектные чертежи и спецификации;
- рабочие чертежи и спецификации: подрядчик подготавливает и предоставляет технологические процессы и сборочные чертежи, описывающие и демонстрирующие предложенные методы и порядок сборки *МНГС*; технологические процессы и сборочные чертежи должны учитывать компоненты и компоновку такелажного оборудования, грузоподъемность и местоположение кранов, временные и вспомогательные средства;
- сборные чертежи, которые должны содержать все производственные детали (в том числе информацию о типах материалов, стыках, кожухах, деталях узлов, отверстиях и болтах) и номера изделий согласно чертежам, прилагаемым к договору;
- монтажные чертежи и спецификации;
- исполнительные чертежи и спецификации, которые подготавливают и предоставляют в виде исполнительных версий рабочих чертежей, которые точно описывают спроектированное сооружение.

13 Оценка текущего технического состояния действующих морских нефтегазопромысловых сооружений

13.1 Общие положения

Оценку проводят в соответствии с требованиями настоящего стандарта в тех случаях, когда действующее *МНГС*:

- характеризуется ухудшением состояния или серьезно повреждено;
- эксплуатируется таким образом, что нарушаются исходные расчетные допущения;
- требует наличия дооборудования верхних строений, отсутствующих в исходном *МНГС*;
- имеет отклонения от исходных параметров проектирования;

- испытало условия окружающей среды, которые значительно отличаются от локальных или региональных расчетных параметров экстремального шторма, особенно в районах циклонических штормов;

- спроектировано по исходным расчетным критериям, которые больше недействительны.

Оценка должна показать пригодность к использованию в отношении тех аспектов *МНГС*, которые были определены как не соответствующие исходным расчетным критериям.

Это может повлечь необходимость внесения изменений в проект (путем получения разрешений в соответствующих инстанциях) или выполнение модернизации *МНГС* или внесения изменений в параметры эксплуатации, чтобы обеспечить соответствие целям настоящего стандарта.

В тех случаях, когда опыт эксплуатации показывает, что отдельные аспекты проекта не являются бесспорными, пригодность к использованию определяют по специальной методике, при этом должны быть приняты надлежащие меры для обеспечения соответствия проекта *МНГС* необходимым техническим требованиям.

В случае изменения расчетных критериев окружающей среды необходимо продемонстрировать, что конструкция безопасна для всех предельных состояний. Для этого может потребоваться калибровка коэффициентов надежности по нагрузке, связанных с местом расположения *МНГС*, а также подробное рассмотрение совместного распределения воздействий окружающей среды или изменений эксплуатационных процедур, способных смягчить последствия воздействий окружающей среды.

Если повторная оценка выполняется по причине увеличения значений экстремальных параметров окружающей среды, для классов сооружения L_2 и L_3 может оказаться приемлемым меньшее значение коэффициента надежности нагрузки от воздействий окружающей среды. При этом подтверждают живучесть *МНГС* для основного и особого предельных состояний (например, отсутствие аварийных ситуаций, способных привести к катастрофическому повреждению *МНГС*).

13.2 Оценка текущего технического состояния конструкций действующих морских нефтегазопромысловых сооружений

13.2.1 Общие положения

При оценке текущего технического состояния *МНГС* условия и значения нагрузок (см. *9.2*), принятые при проектировании, учитывают по фактическим показателям.

Физические параметры, уточненные в результате строительства (например, масса, заглубление свай и свойства материалов), должны быть изучены и приняты во внимание при оценке условий.

Оценку технического состояния МНГС допускается выполнять в соответствии с требованиями [1].

13.2.2 Эксплуатационные и технические требования

Нагрузки, воздействующие на или от оборудования верхнего строения, включая дополнительные элементы верхнего строения, скважины, вспомогательные элементы, отсутствовавшие в исходном проекте, должны быть повторно оценены для определения каких-либо серьезных изменений в массах и координатах их центров тяжести. Любые эксплуатационные изменения, влияющие на *МНГС*, также должны быть оценены.

13.2.3 Условия окружающей среды

Исходные расчетные критерии окружающих условий (гидрометеорологические данные, ледовые условия, геологические процессы, особенности морского дна) должны быть рассмотрены на основании имеющихся данных. Объем анализа в основном зависит от прошедшего времени и дополнительных данных, доступных после изначального проектирования. При необходимости критерии повышают или снижают и используют для повторной оценки.

Данные могут быть получены посредством:

- измерений в месте установки *МНГС*;
- измерений на соседних участках;
- ретроспективных прогнозов.

13.2.4 Регистрация данных обследования, технического обслуживания и ремонта

Документация по испытаниям, обследованию, техническому обслуживанию и ремонту, которая ведется на протяжении расчетного срока службы *МНГС*, должна быть изучена для оценки возможных дефектов или тенденций к ухудшению состояния, которые требуют проведения ремонта или обоснования в процессе оценки. Когда данных обследования недостаточно или они неполные, проводят дополнительную инспекцию, которая позволит определить состояние *МНГС*.

13.3 Оценка нагрузок

Для оценки нагрузок используют существующие признанные методы расчета нагрузок. Где возможно, могут быть использованы имеющиеся данные измерения нагрузок и реакции *МНГС*.

Когда на *МНГС* установлены контрольно-измерительные приборы, а измеренные нагрузки и реакции *МНГС* откалиброваны по замерам условий окружающей среды, эти данные могут быть использованы при повторной оценке.

13.4 Оценка сопротивлений

Для оценки сопротивлений существующие признанные методы расчета сопротивлений. При этом принимают во внимание влияние имеющихся повреждений, ухудшения свойств материалов или выполненных модернизаций конструкции на ее прочность и сопротивление.

Если оценивают *МНГС*, изначально спроектированное в соответствии с требованиями других стандартов, его проверяют, используя процедуры, описанные в настоящем стандарте.

13.5 Последствия отказа элементов и систем

При оценке состояния действующих *МНГС* считают допустимыми отдельные ограниченные отказы конструктивных элементов при условии, что запас прочности всего *МНГС* остается приемлемым.

Может возникнуть ситуация, когда невозможно показать, что отдельные элементы действующих *МНГС* отвечают требованиям настоящего стандарта. В таких случаях разрушение отдельных элементов принимается при условии, что остальные части конструкции имеют достаточный запас прочности для перераспределения нагрузки. Также должно быть учтено влияние перераспределения таких нагрузок на усталость.

Если анализ не подтверждает готовность *МНГС* к приемке, требуется выполнение ремонта или усиления. В качестве альтернативы, когда усиление *МНГС* не представляется целесообразным, может принимают решение о понижении надежности всей системы при условии, что последствия отказов считаются приемлемыми (например, удаление персонала с *МНГС* для предупреждения несчастных случаев).

13.6 Усталость материалов *МНГС*

Соответствие усталостной долговечности требованиям оставшегося расчетного срока службы *МНГС* оценивают в процессе анализа или инспектирования и учитывают при планировании будущих инспекций или ремонта.

При анализе усталости материалов конструкции принимают во внимание предшествующее накопление повреждений.

13.7 Снижение негативных последствий

Снижение негативных последствий позволяет продлить расчетный срок службы *МНГС* или повысить вероятность сохранения его работоспособности при наступлении предельного состояния. Для этого снижаются нагрузки на *МНГС* (например, демонтаж неиспользуемых райзеров, направлений законсервированных скважин и вспомогательных элементов, среди которых швартовные амортизаторы и пр.), увеличивается высота палубы над уровнем моря (с целью снижения вероятности затопления палубы) или повышается прочность *МНГС*. Кроме того, возможна реализация программ, позволяющих минимизировать последствия повреждений или аварий (например, консервация неиспользуемых скважин или демонтаж простаивающего технологического оборудования). Для минимизации последствий повреждений или аварий может также потребоваться изменение местоположения критически важного оборудования и систем.

Приложение А
(справочное)

Дополнительная информация и рекомендации

А.1 Калибровка коэффициентов надежности

Определение коэффициентов надежности обычно выполняется на основе ряда расчетных ситуаций. Достигаемая надежность может меняться в зависимости от конкретной расчетной ситуации, поэтому отдельные коэффициенты оптимизируются таким образом, чтобы минимизировать отклонения от целевой надежности для целого ряда ситуаций. Калибровка может выполняться для отдельных географических областей и *МНГС*, или для ожидаемого диапазона географических областей и *МНГС*.

Для каждого предельного состояния и каждого класса сооружения (L_1, L_2 и L_3) обычно необходима индивидуальная калибровка.

Калибровка коэффициентов надежности должна учитывать важность конкретных элементов всего *МНГС*, взвешенные комбинации последствий воздействий и модели сопротивлений.

А.2 Надежность

А.2.1 Общие положения

Настоящий стандарт использует термин «надежность» преимущественно в контексте «надежность конструкции», которая определяет общую безопасность персонала, опасность для окружающей среды и экономический риск.

Оценки надежности, основанные на фактическом опыте, называются «вероятностными», то есть подразумевается, что результаты можно интерпретировать как истинную частотность отказов. В подобных случаях неопределенности (включая нехватку знаний) минимальны и не оказывают существенного влияния на расчетный или предполагаемый уровень надежности. Если неопределенности и допущения, связанные с моделированием, оказывают значительное влияние на результаты, анализ надежности считается «теоретическим», то есть подразумевается, что частотность отказов не должна интерпретироваться в качестве истинной. Предпочтительно использовать вероятностные методы, однако это не всегда возможно.

«Теоретический» анализ надежности конструкции часто используется для формулирования критериев основного предельного состояния и предельного состояния по критерию усталостной прочности, при этом «вероятностная» оценка риска имееет более важное значение в отношении критериев особого предельного состояния.

Уровни надежности тесно связаны с причинами, расчетными ситуациями, используемыми методами анализа и рассматриваемыми неопределенностями. При выборе целевых уровней принимают во внимание различные практические методики инженерного обеспечения, связанные с *МНГС*, фундаментом, сейсмической и ледовой обстановкой.

Насколько это возможно, выбранные целевые показатели надежности должны согласовываться с установившейся практикой, чтобы поддерживать допустимые величины риска. При определении целевых показателей учитывают безопасность людей, а также экологические и экономические последствия. Для соответствующих случаев также учитывают изменения параметров, влияющих на надежность в течение расчетного срока службы или периода анализа.

Принципы, указанные в этом разделе, используют для следующих целей:

- определение коэффициентов надежности;
- демонстрация обеспечения достаточного уровня безопасности в рамках конкретного проектного решения;
- демонстрация обеспечения достаточного уровня безопасности в рамках рабочих операций, среди которых транспортирование, эвакуация и спасение, а также мониторинг ледовой обстановки.

В настоящем разделе представлено общее описание вероятностного подхода к оценке надежности *МНГС*. Детальное описание оценки надежности *МНГС* представлено в *[7]*.

А.2.2 Надежность и вероятность аварийной ситуации

Для описания безопасности можно использовать следующие понятия:

- вероятность аварийной ситуации на протяжении определенного базисного периода;
- вероятность отсутствия аварийной ситуации на протяжении определенного рассматриваемого периода.

Вероятность аварийной ситуации и надежность обычно выражаются на ежегодной основе. Предполагается, что базисный период равен одному году. Обе вышеуказанные величины взаимозаменяемы и могут использоваться совместно с эквивалентными результатами.

Взаимосвязь между надежностью конструкции R и вероятностью аварийной ситуации p_f выражается формулой (А.1):

$$R = 1 - p_f. \qquad (А.1)$$

Значение надежности конструкции иногда выражается в виде коэффициента запаса прочности, который определяется как коэффициент предельной несущей способности конструкций при экстремальном воздействии повторяемостью один раз в 100 лет.

А.2.3 Надежность систем и элементов

Надежность оценивается для отдельных элементов *МНГС* или его систем, а также для *МНГС* или его систем в целом. Надежность системы оценивают в условиях, когда надежность отдельного элемента *МНГС* или его систем определяется несколькими аварийными состояниями, или когда анализируемое *МНГС* или система содержит несколько элементов. Особое внимание уделяют вероятности повреждения системы после начального повреждения элемента.

Критерии особого предельного состояния часто связаны с повреждением системы, в то время как критерии основного предельного состояния и предельного состояния по критерию усталостной прочности обычно относятся к неисправностям элементов. Помимо учета требований, предъявляемых к усталости, сопоставляют составляющие критерии с вероятностью повреждения системы в результате усталостного разрушения.

Целевые показатели надежности, связанные с повреждением *МНГС* (например, для классов сооружения L_1 и L_2), определены для наиболее актуальных опасностей, включая штормовые, сейсмические и ледовые опасности. Такие целевые показатели определены с целью обеспечения приемлемости уровней социальных и экологических рисков.

А.2.4 Единственные и множественные причины

Оценку надежности можно выполнять для единственных или множественных причин. К числу единственных причин могут относиться конкретные физические процессы окружающей среды (например, волнение и лед) или другие опасности (например, пожары, взрывы и навал судов). Целевые показатели надежности должны учитывать вклады различных причин в безопасность *МНГС* или системы.

А.2.5 Вероятность аварийной ситуации и безопасность персонала

Уровни риска для *МНГС* часто имеют количественное выражение и во время анализа безопасности (варианты безопасного развития событий) представляются в виде годового индивидуального риска (IRPA), определяемого как вероятность смерти отдельного человека на протяжении года. Критерии приемлемости риска формулируются на основе IRPA, при этом меры снижения риска оцениваются с помощью их вклада в уменьшение IRPA.

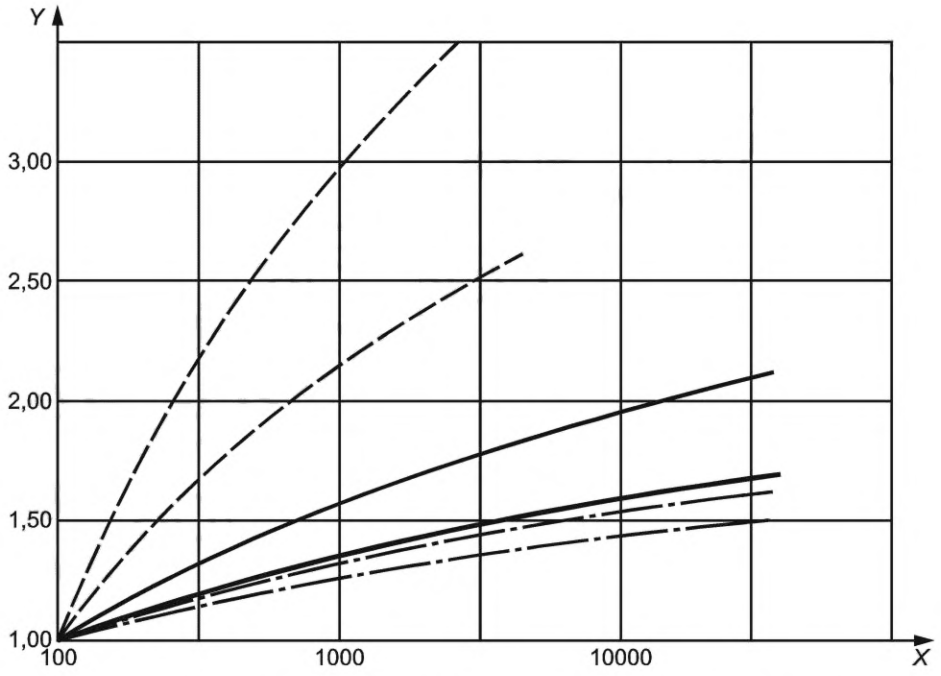
Вклад IRPA прямо пропорционален годовой вероятности разрушения *МНГС* вследствие воздействия определенной опасности, если сооружение обитаемо во время такого события (класс сооружения L_1). Повреждение *МНГС* представляет собой составную часть индивидуального риска. Величина этой части может значительно меняться в зависимости от типа *МНГС* и места расположения. Для обитаемых *МНГС* необходимо минимизировать IRPA и, как следствие, годовую вероятность разрушения *МНГС*.

А.2.6 Кривые опасностей

Целевые показатели надежности, связанные с повреждением конструкции (например, классы сооружения L_1 и L_2), определены для наиболее актуальных опасностей, среди которых экстремальные штормы (см. *[7]*), землетрясения (см. *ГОСТ Р 57123*) и ледовая обстановка (см. *[5]*). Различия этих целевых показателей для заданного класса сооружения преимущественно отражены в различиях наклона соответствующих кривых опасности.

Кривая опасности описывает отклонение величины опасности в зависимости от периода повторяемости или годовой обеспеченности события. Данная кривая представляет собой меру относительной сложности уменьшения определенной опасности. На рисунке А.1 показаны примеры кривых опасностей для волнового воздействия (для стальных *МНГС*, испытывающих преимущественно гидродинамическое сопротивление), морского льда и землетрясений.

Наклон кривых опасности можно определить как частное от деления 10 000-летней интенсивности опасности на 100-летнюю интенсивность опасности. В примерах, показанных на рисунке А.1, наклон кривой опасности относительно умерен для воздействий морского льда (1,4—1,5), но увеличивается до 1,5—1,9 при волновых воздействиях на конструкции, испытывающие преимущественно гидродинамическое сопротивление, и значительно увеличивается до 2,5—5 для сейсмических опасностей. Кривые опасности для воздействий айсбергов соответствуют кривым сейсмической опасности.



Y — нормированные воздействия (*ERP*/*E100*)[a]; *X* — период повторяемости (годы);

— — — — — — — сейсмические воздействия;

——————— волновые воздействия;

——·——·—— воздействия морского льда

[a] ERP/E100 представляет собой отношение величины воздействий с различными периодами повторяемости к величине 100-летнего воздействия.

Рисунок А.1 — Пример кривых опасности

Разница в наклоне означает, что добавочные затраты на улучшение безопасности зависят от типа опасности и географического местоположения. В области высокой сейсмичности эти затраты могут намного превосходить расходы на увеличение безопасности при экстремальном шторме или воздействиях морского льда.

Наклон кривой опасности для воздействий морского льда похож на нижнюю часть кривой опасности волн, связанных с зимними штормами. Вследствие этого коэффициенты воздействия, примененные к 100-летним значениям для расчета предельных состояний по прочности (см. *[5]*, таблица 7—4), безусловно очень похожи на значения для зимних штормов (Северное море), указанные в таблице А.9.9-1 стандарта *[7]*. Периоды повторяемости для особых предельных состояний также эквивалентны, а целевые показатели надежности похожи.

Для других опасностей или географических областей согласующиеся коэффициенты надежности по нагрузке можно определить на основе тех же принципов с учетом рекомендаций, сформулированных в А.2.7.

А.2.7 Вероятностный анализ

А.2.7.1 Общие положения

Общие рекомендации для *МНГС* приведены в А.2.7.2—А.2.7.4.

А.2.7.2 Описание моделей

Воздействия и сопротивления могут представляться непосредственно с помощью распределений вероятностей или математических моделей их взаимосвязей с параметрами *МНГС* и окружающей среды, которые описываются распределениями вероятностей.

Неопределенность моделей, используемых для представления воздействий и сопротивлений, должна характеризоваться в рамках методологии.

А.2.7.3 Описание параметров

В описании распределений вероятностей базовых переменных моделей для событий, воздействий и сопротивлений учитывают следующее:

- выбранное распределение должно отражать характер процесса;
- для описания характеристик воздействий используют доступные результаты локальных исследований. Если прямые измерения недостаточны, необходима обоснованная и оправданная физико-математическая аргументация применения данных из других географических районов во время объединения доступных наборов данных и определения корреляций с другими локальными параметрами;

- простейшие формы распределений зачастую оказываются наилучшими, особенно когда количество данных ограничено;
- необходимо корректировать смещение выборки;
- особое внимание уделяют краевым частям распределений параметров, отвечающих за более сильные воздействия. Экстраполяция к экстремальным или аномальным значениям из ограниченных наборов данных может повлечь значительные ошибки и потенциально привести к небезопасным или чрезмерно консервативным расчетам;
- при рассмотрении распределений годовых значений используют распределения экстремального типа;
- распределения должны учитывать неопределенности данных;
- в соответствующих случаях учитывают сезонные изменения;
- статистическое описание параметров должно учитывать продолжительность событий и последствия;
- в соответствующих случаях учитывают корреляции между параметрами, а также автокорреляции и взаимные корреляции для временных последовательностей;
- значения параметров среднего, экстремального и аномального уровней, связанные с воздействиями, проверяют на реалистичность и наличие физического смысла при использовании в комбинации;
- надлежащим образом обосновывают использование гауссовых или равномерных распределений, применяемых для упрощения анализа.

А.2.7.4 Комбинации и последствия воздействий

Каждое воздействие комбинируют с точки зрения теории вероятности, используя сопутствующие действия и распределения суммарных вероятностей. Нет необходимости одновременно рассматривать взаимоисключающие воздействия.

Для усталостного разрушения учитывают суммарный эффект всех комбинаций повторных воздействий в течение расчетного срока службы *МНГС*.

А.3 Рекомендации по применению анализа и моделей

А.3.1 Общие положения

Данный подраздел содержит общие рекомендации по применению компьютерного анализа и модельных испытаний во время оценки эксплуатационных характеристик *МНГС*.

А.3.2 Анализ прочности *МНГС*

Для проектирования или оценки *МНГС* обычно используются следующие процедуры анализа:

- анализ общей динамики, который демонстрирует общее влияние воздействий (силы, моменты, ускорения, смещения, нагрузки на фундаменты или системы позиционирования) на *МНГС* в целом;
- анализ *МНГС*, который демонстрирует влияние воздействий (силы и моменты) на отдельные элементы *МНГС*;
- анализ элементов *МНГС* (поперечные сечения, соединения и т. д.), который более детально демонстрирует их сопротивление и общую динамику (прочность и стабильность);
- анализ локальных особенностей и деталей (например, на разрывах поперечных сечений и соединениях). Достаточно точное представление локальных особенностей и деталей имеет особую важность для предельных состояний усталости, когда возможно возникновение концентраций локальных напряжений.

Методы линейной упругости, используемые для общего анализа *МНГС* для предельного состояния по критериям пригодности к нормальной эксплуатации, основного предельного состояния и предельного состояния по критерию усталостной прочности, обычно остаются практически пригодными, даже когда концентрации локальных напряжений могут превышать пределы текучести. Если динамика системы *МНГС* преимущественно нелинейна (например, райзер, системы швартовки, взаимодействие между сваей и грунтом), анализ выполняют с помощью подходящих нелинейных методов.

В подходящих случаях (при пластических деформациях и т. д.) для анализа особого предельного состояния можно применять проверенные методы, использующие нестандартные представления воздействий или сопротивления, когда результаты в достаточной мере нечувствительны к незначительным изменениям определения рассматриваемого события.

А.3.3 Испытание методом физического моделирования

Испытания на основе физических моделей могут использоваться для следующих целей:

- исследование воздействий или влияний воздействий (отклика конструкции), вызываемых физической средой (ветрами, волнами, течениями, льдом), воздействующей на *МНГС* или его элементы, чтобы учесть предельные состояния;
- определение гидродинамики сложных геометрических элементов;
- исследование особенностей эксплуатации с учетом физической среды;
- определение сопротивлений *МНГС* или их элементов;
- исследование сложных аспектов динамики материалов или текучих сред;
- исследование обстоятельств за пределами опыта применения реальных или модельных объектов;
- проверка на отсутствие неожиданной динамики;
- определение степени пригодности или репрезентативности аналитических или численных моделей;
- дополнение или проверка аналитических или численных методов.

А.3.4 Планирование модельных испытаний

Во время планирования, проведения и интерпретации модельных испытаний учитывают следующие требования:

- масштабирование должно соответствовать подходящей теории подобия;
- коэффициенты масштабирования должны находиться в диапазоне, обеспечивающем хорошее масштабирование ключевых свойств;
- необходимо минимизировать ошибки масштабирования;
- необходимо проверить процедуры испытаний;
- необходимо надлежащим образом откалибровать все измерительные приборы;
- моделируемые параметры должны соответствовать намеченной цели;
- все подходящие проверочные данные и сопутствующие результаты наблюдений необходимо надлежащим образом задокументировать;
- необходимо продемонстрировать повторяемость результатов или провести достаточное количество измерений, чтобы определить потенциальную изменчивость результатов;
- интерпретация должна надлежащим образом учитывать неопределенности моделируемых взаимосвязей и изменчивость характеристик.

Во время проведения модельных испытаний необходимо соблюдать следующие предосторожности:

- основой выводов должны служить надлежащим образом масштабированные параметры и апробированные процедуры испытаний;
- необходимо надлежащим образом учесть масштабные эффекты;
- результаты модельных испытаний должны дополняться опытными данными или использованием численных или аналитических методов;
- необходимо минимизировать влияние оборудования на результаты измерений;
- необходимо выявить и минимизировать ложное модельное поведение.

А.3.5 Неопределенности расчетной модели

Расчетная модель характеризует физическую или эмпирическую взаимосвязь между соответствующими переменными, которые в общем случае представляют собой случайные величины. Необходимо обеспечить максимальную полноту и точность моделей, чтобы минимизировать итоговые ошибки в случае применения измеренных значений переменных. Сложность модели должна согласовываться с доступными исходными данными и точностью предполагаемого результата. Влияние неопределенностей может также учитываться непосредственно в модели (например, модель выбирается «с запасом»).

А.3.6 Испытание прототипов

МНГС или часть *МНГС* может также проектироваться на основе результатов испытаний опытных образцов, имеющих отношение к определенной рассматриваемой расчетной ситуации, например, испытания на крен при определении остойчивости. Расчеты, основанные на результатах испытаний прототипов, могут учитывать неустранимые неопределенности испытаний, используя подходящие коэффициенты надежности.

Кроме того, *МНГС* или часть *МНГС* может проектироваться на основе результатов существующего сооружения, имеющего отношение к рассматриваемой расчетной ситуации.

Приложение ДА
(справочное)

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

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование ссылочного международного стандарта
ГОСТ Р 58773—2019 (ИСО 19901-7:2013)	MOD	ISO 19901-7:2013 «Промышленность нефтяная и газовая. Специальные требования, предъявляемые к морским платформам. Часть 7. Системы удержания плавучих морских платформ и передвижных морских оснований»
ГОСТ Р 57123—2016 (ИСО 19901-2:2004)	MOD	ISO 19901-2:2004 «Промышленность нефтяная и газовая. Специальные требования, предъявляемые к морским платформам. Часть 2. Методы и критерии проектирования с учетом сейсмических условий»
ГОСТ Р 57148—2016 (ИСО 19901-1:2015)	MOD	ISO 19901-1:2015 «Промышленность нефтяная и газовая. Специальные требования, предъявляемые к морским платформам. Часть 1. Проектирование и эксплуатация с учетом гидрометеорологических условий»
ГОСТ Р 57555—2017 (ИСО 19901-3:2014)	MOD	ISO 19901-3:2014 «Промышленность нефтяная и газовая. Специальные требования, предъявляемые к морским платформам. Часть 3. Верхние конструкции»
ГОСТ Р 58036—2017 (ИСО 19901-5:2016)	MOD	ISO 19901-5:2016 «Нефтяная и газовая промышленность. Специальные требования, предъявляемые к морским сооружениям. Часть 5. Контроль веса при проектировании и строительстве»

Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов:

- MOD — модифицированные стандарты.

Приложение ДБ
(справочное)

Сопоставление структуры настоящего стандарта со структурой примененного в нем международного стандарта

Таблица ДБ.1

Структура настоящего стандарта			Структура международного стандарта ISO 19900:2013		
Разделы	Подразделы	Пункты	Разделы	Подразделы	Пункты
1	—	—	1	—	—
2	—	—	2	—	—
3	—	—	3	—	—
4	—	—	4	4.1	—
5	—	—		4.2	—
6	6.1	—	5	5.1	—
	6.2	—		5.2	—
	6.3	—		5.3	—
	6.4	—		5.4	—
	6.5	—		5.5	—
	6.6	—		5.6	—
	6.7	—		—	—
	6.8	—		5.7	—
	6.9	—		5.8	—
	6.10	6.10.1		5.9	5.9.1
		6.10.2			5.9.2
		6.10.3			5.9.3
		6.10.4			5.9.4
		6.10.5			5.9.5
	6.11	—		5.10	—
	6.12	—		5.11	—
	6.13	6.13.1		5.12	5.12.1
		6.13.2			5.12.2
		6.13.3			5.12.3
		6.13.4			—
		—			5.12.4
		6.13.5			5.12.5
		6.13.6			
		16.13.7			5.12.6

Продолжение таблицы ДБ.1

Структура настоящего стандарта			Структура международного стандарта ISO 19900:2013		
Разделы	Подразделы	Пункты	Разделы	Подразделы	Пункты
6	6.14	6.14.1	5	5.13	5.13.1
		6.14.2			5.13.2
		6.14.3			5.13.3
	6.15	—		5.14	—
	6.16	—		5.15	—
7	7.1	—	6	6.1	—
	7.2	—		6.2	—
	7.3	—		6.3	—
	7.4	—		6.4	—
8	8.1	8.1.1	7	7.1	7.1.1
		8.1.2			7.1.2
		8.1.3			7.1.3
		8.1.4			7.1.4
		8.1.5			7.1.5
		8.1.6			7.1.6
	8.2	8.2.1		7.2	7.2.1
		8.2.2			7.2.2
9	9.1	—	8	8.1	—
	9.2	9.2.1		8.2	8.2.1
		9.2.2			8.2.2
	9.3	9.3.1		8.3	8.3.1
		9.3.2			8.3.2
		9.3.3			8.3.3
10	10.1	—	9	9.1	—
	10.2	10.2.1		9.2	9.2.1
		10.2.2			9.2.2
		10.2.3			9.2.3
		10.2.4			9.2.4
	10.3	10.3.1		9.3	9.3.1
		10.3.2			9.3.2
	10.4	10.4.1		9.4	9.4.1
		10.4.2			9.4.2
	—	—		9.5	—

Продолжение таблицы ДБ.1

Структура настоящего стандарта			Структура международного стандарта ISO 19900:2013		
Разделы	Подразделы	Пункты	Разделы	Подразделы	Пункты
10	10.5	10.5.1	9	9.6	9.6.1
		10.5.2			9.6.2
		10.5.3			9.6.3
		10.5.4			9.6.4
		10.5.5			9.6.5
	10.6	—		9.7	—
11	—	—	10	—	—
12	12.1	—	11	11.1	—
	12.2	—		11.2	—
	12.3	—		11.3	—
	12.4	12.4.1		11.4	11.4.1
		12.4.2			11.4.2
		12.4.3			11.4.3
		12.4.4			11.4.4
	—	12.4.5		11.5	—
	12.5	—		11.6	—
	12.6	12.6.1		11.7	11.7.1
		12.6.2			11.7.2
		12.6.3			11.7.3
		12.6.4			11.7.4
		12.6.5			11.7.5
13	13.1	—	12	12.1	—
	13.2	13.2.1		12.2	12.2.1
		13.2.2			12.2.2
		13.2.3			12.2.3
		13.2.4			12.2.4
	13.3	—		12.3	—
	13.4	—		12.4	—
	13.5	—		12.5	—
	13.6	—		12.6	—
	13.7	—		12.7	—
A	A.1	—	A	A.1	—

Окончание таблицы ДБ.1

Структура настоящего стандарта			Структура международного стандарта ISO 19900:2013		
Разделы	Подразделы	Пункты	Разделы	Подразделы	Пункты
А	А.2	А.2.1	А	А.2	А.2.1
		А.2.2			А.2.2
		А.2.3			А.2.3
		А.2.4			А.2.4
		А.2.5			А.2.5
		А.2.6			А.2.6
		А.2.7			А.2.7
	А.3	А.3.1		А.3	А.3.1
		А.3.2			А.3.2
		А.3.3			А.3.3
		А.3.4			А.3.4
		А.3.5			А.3.5
		А.3.6			А.3.6

Библиография

[1] *Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. РМРС — СПб, 2018*

[2] *Правила классификации, постройки и оборудования морских плавучих нефтегазодобывающих комплексов. РМРС — СПб, 2019*

[3] *Правила по нефтегазовому оборудованию морских плавучих нефтегазодобывающих комплексов, плавучих буровых установок и морских стационарных платформ. РМРС — СПб, 2017*

[4] ИСО 19901-4:2003 Промышленность нефтяная и газовая. Специальные требования, предъявляемые к морским платформам. Часть 4. Геотехнический анализ и проектирование основания (Petroleum and natural gas industries — Specific requirements for offshore structures — Part 4: Geotechnical and foundation design considerations)

[5] ИСО 19906:2010 Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения арктического шельфа (Petroleum and natural gas industries — Arctic offshore structures)

[6] *Правила разработки и проведения морских операций. РМРС — СПб, 2017*

[7] ИСО 19902:2007 *Нефтяная и газовая промышленность. Стационарные стальные морские сооружения* (Petroleum and natural gas industries — Fixed steel offshore structures)

[8] ИСО 19903:2006 Промышленность нефтяная и газовая. Стационарные бетонные морские сооружения (Petroleum and natural gas industries — Concrete offshore structures)

[9] ИСО 19904-1:2006 Нефтяная и газовая промышленность. Плавучие морские платформы. Часть 1. Однокорпусные суда, полупогружные буровые платформы, платформы типа spar и цилиндрические платформы с малой осадкой (Petroleum and natural gas industries — Floating offshore structures — Part 1: Ship-shaped, semi-submersible, spar and shallow-draught cylindrical structures)

[10] ИСО 19905-1:2012 Нефтяная и газовая промышленность. Оценка передвижных морских установок с учетом условий площадки постановки. Часть 1. Самоподъемные плавучие буровые установки (СПБУ) (Petroleum and natural gas industries — Site-specific assessment of mobile offshore units — Part 1: Jack-ups)

[11] *ИКАО Приложение 14 к конвенции о международной гражданской авиации. Аэродромы. Том II Вертодромы (Международная организация гражданской авиации)*

УДК 622.242.4:006.354 ОКС 75.180.10

Ключевые слова: нефтяная и газовая промышленность, сооружения нефтегазопромысловые морские, общие требования, принципы проектирования

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

Сдано в набор 29.11.2021. Подписано в печать 22.12.2021. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 5,02.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

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

gost.e-ecolog.ru