

---

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**

---



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
СТАНДАРТ  
РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**ГОСТ Р ИСО 19906**  
*(проект,  
окончательная редакция)*

---

**НЕФТЯНАЯ И ГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ.  
СООРУЖЕНИЯ АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА.**

**ISO 19906**  
**Petroleum and natural gas industries – Arctic offshore structures**  
**(IDT)**

**Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения**

**Москва  
Стандартинформ  
2011**

## **Предисловие**

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации – ГОСТ Р 1.0–2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения».

### **Сведения о стандарте**

1 ПОДГОТОВЛЕН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий - Газпром ВНИИГАЗ» (ООО «Газпром ВНИИГАЗ») с участием специалистов структурных подразделений, организаций и дочерних обществ ОАО «Газпром» на основе собственного аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4.

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 23 «Техника и технологии добычи и переработки нефти и газа».

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_.

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 19906 «Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения арктического шельфа» (ISO 19906 «Petroleum and natural gas industries – Arctic offshore structures»).

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 Необходимо иметь в виду, что некоторые элементы настоящего стандарта могут быть объектом патентного права. ИСО не берет на себя ответственность за идентификацию какого-либо отдельного или всех таких патентных прав.

7 В Приложении Б приведена информация о природных условиях по регионам применительно к российскому шельфу.

*Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «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*

**«Стандартинформ»**

*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

Введение.....	VII
1 Область применения.....	1
2 Нормативные ссылки.....	2
3 Термины и определения.....	3
4 Обозначения и сокращения.....	14
4.1 Обозначения .....	14
4.2 Сокращения.....	15
5 Общие требования и условия.....	17
5.1 Основные требования.....	17
5.2 Методы проектирования.....	18
5.3 Учет условий на площадках строительства.....	19
5.4 Строительство, транспортировка и монтаж.....	21
5.5 Сочетания нагрузок.....	22
5.6 Защита окружающей среды.....	22
5.7 Вибрация и условия работы.....	23
6 Физические условия окружающей среды.....	23
6.1 Общие положения.....	23
6.2 Световой день.....	25
6.3 Метеорология.....	25
6.4 Океанография.....	27
6.5 Морской лед и айсберги.....	29
6.6 Факторы морского дна.....	32
7 Надежность и проектирование по методу предельных состояний.....	33
7.1 Методология проектирования.....	33
7.2 Метод проектирования по предельным состояниям.....	37
8 Нагрузки и нагрузочный эффект.....	48
8.1 Общие положения.....	48
8.2 Ледовые нагрузки.....	49
8.3 Нагрузки от гидрометеорологических факторов.....	57
8.4 Сейсмические нагрузки.....	62

9	Проектирование оснований.....	63
9.1	Общие положения.....	63
9.2	Изыскания на объекте.....	65
9.3	Характерные свойства материалов.....	68
9.4	Некоторые аспекты проектирования.....	69
9.5	Сооружения гравитационного типа.....	76
9.6	Свайные сооружения.....	81
9.7	Плавучие сооружения.....	81
9.8	Водная эрозия.....	84
9.9	Контроль и мониторинг.....	85
9.10	Сейсмический анализ.....	85
10	Искусственные острова.....	86
10.1	Общие положения.....	86
10.2	Типы островов.....	86
10.3	Основные аспекты проектирования искусственных островов.....	90
10.4	Сейсмостойкое проектирование.....	102
10.5	Строительство.....	103
10.6	Мониторинг и техническое обслуживание.....	103
10.7	Вывод из эксплуатации и рекультивации.....	105
11	Стационарные стальные сооружения.....	107
11.1	Общие положения.....	107
11.2	Общие требования к проектированию.....	107
11.3	Моделирование и расчет сооружения.....	108
11.4	Прочность цилиндрических элементов и соединений.....	109
11.5	Прочность панелей с ребрами жесткости.....	109
11.6	Прочность железобетонных композитных панелей.....	110
11.7	Сейсмостойкое проектирование.....	114
11.8	Усталость материала.....	115
11.9	Материалы, испытания и неразрушающий контроль.....	116
11.10	Защита от коррозии и абразивного износа.....	116
11.11	Сварка.....	117

12 Стационарные бетонные сооружения.....	117
12.1 Общие требования.....	117
12.2 Нагрузки и нагрузочный эффект.....	118
12.3 Расчет конструкции.....	119
12.4 Бетонные работы.....	123
12.5 Механические системы.....	135
12.6 Морские операции и строительство на плаву .....	137
12.7 Контроль коррозии.....	137
12.8 Обследование и мониторинг состояния.....	137
13 Плавучие сооружения.....	138
13.1 Общие положения.....	138
13.2 Общая методология проектирования.....	139
13.3 Окружающая среда.....	141
13.4 Нагрузки.....	143
13.5 Целостность корпуса.....	146
13.6 Остойчивость корпуса.....	149
13.7 Система удержания.....	150
13.8 Механические системы.....	154
13.9 Эксплуатация.....	160
14 Подводные добычные системы.....	163
14.1 Общие положения.....	163
14.2 Влияние ледовых воздействий и состояния морского дна.....	164
14.3 Воздействия на подводные добычные системы.....	166
14.4 Проектирование с учетом сейсмических воздействий.....	171
14.5 Снижение риска.....	171
15 Верхние строения.....	172
15.1 Общие положения .....	172
15.2 Требования к проектированию и эксплуатации.....	178
15.3 Проектирование с учетом сейсмических воздействий.....	194
16 Дополнительные вопросы инженерной ледотехники.....	198
16.1 Ледовые дороги и снабжение по льду.....	198

# ГОСТ Р ИСО 19906

(проект, окончательная редакция)

16.2	Искусственные ледовые острова.....	203
16.3	Защитные барьеры.....	203
16.4	Измерение давления льда и ледовых нагрузок.....	209
16.5	Моделирование в ледовом бассейне.....	211
16.6	Отгрузка углеводородов в ледовых условиях.....	213
17	Управление ледовой обстановкой.....	215
17.1	Общие положения .....	215
17.2	Система управления ледовой обстановкой.....	215
17.3	Возможности системы управления ледовой обстановкой.....	217
17.4	Планирование УЛО и необходимые процедуры.....	221
18	Покидание, эвакуация и спасание.....	223
18.1	Общие положения.....	223
18.2	Основные принципы покидания, эвакуации и спасания.....	224
18.3	Стратегия системы EER.....	224
18.4	Окружающая среда.....	224
18.5	Анализ опасностей и риска.....	226
18.6	Регулярная оценка.....	228
18.7	Проектирование системы EER.....	228
18.8	Организация действий в чрезвычайных ситуациях.....	229
18.9	Обеспечение компетентности.....	229
18.10	Системы связи и оповещения.....	229
18.11	Средства индивидуальной защиты.....	230
18.12	Спасание человека за бортом.....	231
18.13	Проектирование системы покидания.....	231
18.14	Проектирование системы эвакуации.....	232
18.15	Проектирование системы спасания.....	234
	Приложение А (рекомендуемое) Дополнительная информация и рекомендации	235
	Приложение Б (справочное) Информация по регионам .....	593
	Библиография.....	695

## **Введение**

В международных стандартах серии ИСО 19900, включающей стандарты с номерами от 19900 до 19906, содержатся требования к проектированию и вопросы оценки соответствия применительно к морским сооружениям нефтяной и газовой промышленности.

Целью разработки этих стандартов является достижение посредством их применения должного уровня надежности морских сооружений, как с постоянным персоналом, так и без такового, независимо от типа сооружения и вида или комбинации используемых материалов.

Важно отметить, что целостность конструкции является общей концепцией, которая учитывает такие аспекты, как модели для определения нагрузок, методы расчета конструкций, правила и нормы проектирования, системы обеспечения безопасности, качество изготовления, процедуры контроля качества и национальные требования. Все эти аспекты являются взаимозависимыми. Изменение одного аспекта без учета других может нарушить баланс требований к надежности внутри общей концепции, а следовательно, поставить под сомнение надежность проектируемого сооружения. Поэтому последствия таких изменений должны рассматриваться с учетом общей надежности всех систем и конструкций сооружения.

Международные стандарты, которые могут использоваться для различных типов морских сооружений, обеспечивают широкий выбор конфигураций, материалов и технологий, позволяя применять инновационные решения. С учетом вышесказанного, при использовании указанных международных стандартов требуется всесторонняя инженерная оценка проекта. Настоящий стандарт разработан на основе требований морской нефтегазодобывающей промышленности по определению гармонизированных и совместимых методов проектирования, анализа и оценки морских сооружений, которые предназначены для эксплуатации в арктических районах и других районах с холодным климатом в соответствии с категорией, данной в разделе 1. Уже более 100 лет в районах с умеренным климатом

используются ледостойкие сооружения. К таким сооружениям относятся мостовые опоры и навигационные средства на покрытых льдом реках и в устьях рек. Фактически, уже много десятилетий правила проектирования мостовых сооружений в странах с холодным климатом основаны на методах определения ледовых нагрузок. В районах с более суровым климатом и арктических районах ледостойкие сооружения начали строиться сравнительно недавно. Но начиная с 60-х годов прошлого века в этой области был накоплен значительный опыт. Настоящий стандарт разработан с учетом знаний на основе этого опыта. При рассмотрении тех аспектов, для которых все еще сохраняются факторы неопределенности, рекомендуется использовать консервативные решения и методы.

Настоящий стандарт также рассматривает такие аспекты, как подготовку верхних строений к эксплуатации в зимних условиях, эвакуацию и спасательные работы. Такие аспекты не входят в состав работ по проектированию, строительству, транспортировке, установке и выводу из эксплуатации сооружения.

Эти аспекты относятся к морским работам в арктических районах и районах с холодным климатом и не рассматриваются в других стандартах. При подготовке будущих изданий Международного стандарта ИСО 19906 и других Международных стандартов необходимо принять соответствующие меры для предотвращения дублирования области применения.

В Приложении А (рекомендуемом) приведены исходные данные и руководство по использованию настоящего стандарта. Это приложение рекомендуется использовать вместе с основной частью настоящего стандарта. Нумерация разделов в Приложении А соответствует нумерации разделов в основной части стандарта для облегчения использования перекрестных ссылок.

В Приложении Б (справочном) приведены данные по условиям окружающей среды в морских арктических районах.

Для соответствия с установленными требованиями по совместимости программного обеспечения с определенными элементами в настоящем стандарте была принята специальная система нумерации рисунков, таблиц, уравнений и библиографических ссылок.



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

---

**НЕФТЯНАЯ И ГАЗОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ. СООРУЖЕНИЯ  
АРКТИЧЕСКОГО ШЕЛЬФА.**

Petroleum and natural gas industries – Arctic offshore structures.

---

Дата введения \_\_\_\_\_ г.

## **1 Область применения**

Настоящий стандарт устанавливает требования, а также содержит указания и рекомендации по проектированию, строительству, транспортировке, монтажу и демонтажу морских сооружений, являющимися нефтегазопромысловыми объектами, предназначенными для использования в арктических и других районах с холодным климатом. В настоящем стандарте для краткости применяются обобщенные термины «арктические районы» и «арктические условия», охватывающие как собственно арктические моря, так и акватории других морей, где наблюдаются низкие температуры и аналогичные арктическим гидрометеорологические условия, включая наличие морского льда и айсбергов, а также явление обледенения.

Целью настоящего стандарта является обеспечение достаточного уровня надежности морских сооружений, предназначенных для эксплуатации в арктических условиях, в отношении безопасности персонала, защиты окружающей среды и сохранения материальных ценностей как для собственника, так и для отрасли и общества в целом.

Настоящий стандарт не содержит требований применительно к организации эксплуатации, мероприятиям по техническому обслуживанию, обследованию в течение срока эксплуатации и ремонту морских сооружений в арктических

условиях, за исключением случаев, когда сама концепция проекта предусматривает соблюдение определенных технических требований (например, в 17.2.2).

Мобильные морские буровые установки непосредственно не входят в область применения настоящего стандарта, однако указания и рекомендации по оценке ледовых воздействий и по управлению ледовой обстановкой, которые содержатся в стандарте, могут быть применены и к таким установкам.

Настоящий стандарт не распространяется на механическое, технологическое и электрическое оборудование, а также на любое другое специализированное промышленное оборудование, предназначенное для использования в арктических условиях, за исключением тех случаев, когда процедура установки какого-либо оборудования, его размещение на платформе и его функционирование непосредственно влияют на аспекты надежности и безопасности для сооружения в целом.

## **2 Нормативные ссылки**

Неотъемлемыми элементами при использовании настоящего документа являются приведенные ниже нормативные ссылочные документы. Для датированных ссылок указываются только цитируемые редакции. В случае с недатированными ссылками указывается последняя редакция цитируемого документа.

*ИСО 19900 Нефтяная и газовая промышленность. Общие требования к морским сооружениям* (ISO 19900, Petroleum and natural gas industries — General requirements for offshore structures).

*ИСО 19901 (все части) Нефтяная и газовая промышленность. Специальные требования к морским сооружениям* (ISO 19901 (all parts), Petroleum and natural gas industries – Specific requirements for offshore structures).

*ИСО 19902 Нефтяная и газовая промышленность. Стационарные стальные морские сооружения* (ISO 19902, Petroleum and natural gas industries – Fixed steel offshore structures).

*ИСО 19903 Нефтяная и газовая промышленность. Стационарные бетонные морские сооружения* (ISO 19903, Petroleum and natural gas industries – Fixed concrete offshore structures).

*ИСО 19904-1 Нефтяная и газовая промышленность. Плавающие морские сооружения – Часть 1* (ISO 19904-1, Petroleum and natural gas industries – Floating offshore structures — Part 1: Monohulls, semi-submersibles and spars).

*ИСО 19905 (все части) Нефтяная и газовая промышленность* (ISO 19905 (all parts), Petroleum and natural gas industries — Site-specific assessment of mobile offshore units<sup>2</sup>)

*ИСО 19906 Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения арктического шельфа* (ISO 19906, Petroleum and natural gas industries — Arctic offshore structures).

### 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

**3.1 аварийное отсоединение** (emergency disconnection): Запланированное отсоединение райзеров (также якорных линий, при их наличии) от плавучего сооружения без разгерметизации райзеров.

**3.2 айсберг** (iceberg): Часть материкового или шельфового льда с высотой надводной части более 5 м, отколовшаяся от ледника.

**Примечание** — Айсберги могут находиться на плаву или на мели. По своему внешнему виду они могут подразделяться на столообразные, куполообразные, наклонные, с остроконечными вершинами, окатанные или пирамидальные.

**3.3 битый лед** (broken ice): Ледяной покров, состоящий из несмороженных льдин относительно небольшого размера, образовавшихся после взлома сплошного ледяного покрова вследствие либо естественных процессов, либо активного или пассивного воздействия на лед.

**3.4 внутрипромысловый трубопровод** (flowline): Трубопровод на морском дне, соединяющий одну или несколько подводных скважин с другими объектами добычного комплекса.

Примечание – Трубопровод может предназначаться для добычи, нагнетания, управления подводной добычной системой, транспорта добытого флюида и др.

**3.5 воздействие (action):** Внешняя нагрузка, непосредственно действующая на сооружение (прямое действие) или приложенные (заданные) деформации, смещения, ускорения (кинематическое воздействие).

**3.6 воздействие дрейфующего льда (drift ice driving actions):** Воздействие, оказываемое дрейфующим льдом на морское сооружение или на отдельное ледяное образование.

**3.7 воронка размыва (strudel scour):** Форма размыва морского дна, образующегося под действием вращающегося нисходящего потока воды, поступающей через промытое отверстие во льду.

Примечание – Обычно наблюдается в дельтах рек, где пресная вода вытекает на поверхность морского льда.

**3.8 временное убежище, ВУ (temporary refuge, TR):** Специальное помещение на морском сооружении, где персонал может находиться в безопасности в течение определенного времени, пока выполняются мероприятия по анализу обстановки, аварийному реагированию и подготовке к эвакуации.

**3.9 выпучивание (upheaval buckling):** Выпучивание заглубленного трубопровода в вертикальном направлении вследствие деформаций грунта.

Примечание – Обычно выпучивание обусловлено изменениями состояния многолетнемерзлых грунтов.

**3.10 высота надводной части льда (freeboard):** Расстояние по вертикали от поверхности воды до верхней границы льда.

**3.11 высота надводного борта (freeboard):** Расстояние по вертикали от среднего уровня моря до верхней водонепроницаемой палубы сооружения при заданной осадке.

**3.12 гряда торосов (ice ridge):** Сравнительно прямолинейное нагромождение битого льда, образующееся в результате сжатия в ледяном покрове.

Примечание – Гряда торосов трения образуется, когда одно ледяное поле дробится, перемещаясь вдоль общей границы с другим. Этот тип гряды является более линейным в сравнении с грядой, образованной только в результате давления.

**3.13 двухлетний лед** (second-year ice): Лед, подвергшийся таянию в течение только одного лета; типичная толщина составляет до 2,5 метров и более.

**Примечание** — Иногда применительно к двухлетнему льду используется термин «многолетний лед».

**3.14 донная опорная плита** (mat): Тяжелая плита, используемая для размещения компонентов подводных добычных систем на донном грунте.

**3.15 зона безопасности** (place of safety): Зона вне пределов опасной зоны, в которой отсутствует угроза безопасности персонала в случае аварийной ситуации на платформе.

**3.16 демпфирующая способность системы** (system ductility): Способность конструкции поглощать энергию при деформировании за счет пластичности материалов, способности структурных элементов выдерживать нагрузку за пределами упругости, а также за счет структурной избыточности.

**3.17 динамическое воздействие** (dynamic action): Воздействие, которое вызывает достаточно большое ускорение сооружения в целом или его отдельных конструктивных элементов, что приводит к необходимости выполнения динамического расчета.

**3.18 динамическое позиционирование** (dynamic positioning): Способ автоматического обеспечения местоположения судна (или плавучего сооружения) в заданной точке с допустимыми отклонениями с помощью размещенных на нем управляющих подруливающих устройств, компенсирующих действие ветра, волн, течений и льда.

**3.19 дрейфующий лед / паковый лед** (drift ice / pack ice): Любой вид морского льда, за исключением неподвижного, независимо от его формы и распределения. При высокой сплоченности (7/10 или более) термин «дрейфующий лед» может быть заменен термином паковый лед.

**Примечание** — В прошлом термин паковый лед использовался для всех значений величины сплоченности.

**3.20 заданный уровень надежности** (reliability target): Заданное *максимально допустимое* значение вероятности частичного или полного разрушения сооружения в течение одного года эксплуатации.

**3.21 инструкция о действиях персонала в аварийных ситуациях** (station bill): Перечень с указанием обязанностей и дежурных постов для назначенного персонала на установке, содержащий распределение обязанностей и ответственности персонала в случае возникновения аварийной ситуации.

**3.22 истирающее (абразивное) действие льда** (abrasion) *ледовая абразия*\*: Воздействие льда, перемещающегося с трением вдоль поверхности сооружения, при котором происходит разрушение материала поверхности, проявляющееся в удалении краски, защитных покрытий, продуктов коррозии, сглаживании выступов для металлических поверхностей, выдавливании зерен и разрушении связующего для бетонных поверхностей.

\_\_\_\_\_ \* Это дословный перевод на русский язык термина, приведенного в международном стандарте, который в настоящем стандарте заменен на его синоним, более точно отражающий суть понятия, выраженную в приведенном далее определении. Термин "ледовая абразия" используется в русскоязычной технической литературе применительно к опасным геологическим процессам.

**3.23 категория сложности (уровень сложности условий эксплуатации)** (exposure level): Система классификации морских сооружений по составу и уровню требований к сооружению в части обеспечения безопасности персонала, а также экологической и экономической безопасности в случае возможных аварий.

**Примечание** — Для морских сооружений определены три категории сложности (см. 7.1.4):

- L1: тяжелые условия эксплуатации;
- L2: умеренные условия эксплуатации;
- L3: легкие условия эксплуатации.

**3.24 киль тороса** (ridge keel): Подводная часть тороса.

**Примечание** — Киль обычно состоит из консолидированного и консолидированного слоев.

**3.25 класс безопасности** (life-safety category): Система классификации

морских сооружений для установления уровня требований к безопасности персонала платформы.

**Примечание** – Для морских сооружений определены три класса безопасности (см. 7.1.2):

- S1: с постоянным присутствием персонала, без эвакуации;
- S2: с постоянным присутствием персонала, с эвакуацией;
- S3: без постоянного персонала.

**3.26 класс ответственности (consequence category):** Система классификации морских сооружений по степени серьезности возможных экологических и экономических последствий, а также не прямых угроз безопасности персонала в случае аварии или разрушения сооружения.

**Примечание** – Для морских сооружений определены три класса ответственности (см. 7.1.3):

- C1: тяжелые последствия;
- C2: умеренные последствия;
- C3: незначительные последствия.

**3.27 консолидация (consolidation):** Процессы смерзания плавучих льдин друг с другом и замораживания воды в пустотах между обломками льда, а также в порах грунта.

**Примечание** – Применительно к грунтам понятие консолидации включает в себя дренаж поровой жидкости под действием пластового давления.

**3.28 консолидированный слой (consolidated layer):** Смерзшаяся часть кила тороса, торосистого льда, ледяного нагромождения или стамухи ниже уровня воды, образованная в процессе консолидации льда.

**3.29 котлован (glory hole):** Искусственное углубление на морском дне, в котором размещается подводный добычный комплекс или его отдельные компоненты для защиты от повреждения льдом.

**3.30 коэффициент надежности по материалу (material factor):** Коэффициент, с помощью которого вычисляются расчетные значения свойств материалов на основе соответствующих нормативных значений.

3.31 **критический элемент** (safety critical element): Элемент оборудования, технологического процесса или конструкции, разрушение которого может привести к возникновению серьезной аварии или назначение которого заключается в предотвращении (ограничении последствий) серьезной аварии.

3.32 **ледовая угроза** (ice alert): Угроза, порождаемая отдельным ледяным образованием или ледовой обстановкой в целом и обычно требующая вмешательства в ход технологических процессов.

3.33 **ледовая разведка** (ice detection): Выявление и оценка отдельных ледяных образований и ледовой обстановки в целом.

3.34 **ледовое выпахивание, ледовая экзарация** (ice gouge, ice scour): Процесс образования углублений на морском дне в результате воздействия ледяных образований. Углубление может иметь площадную форму (типа впадины) или линейную (типа борозды).

3.35 **ледяное нагромождение** (rubble pile): Торосистое образование преимущественно площадной формы, сформированное обломками льда.

Примечание – См. также определение термина «стамуха», см. 3.73.

3.36 **ледяное поле** (floe): относительно плоский кусок морского льда 20 м или более поперечнике.

Примечание – Ледяные поля подразделяются по их размерам в плане следующим образом: крупнобитый лед (от 20 до 100 м), обломки полей (от 100 до 500 м), большие поля (от 500 до 2 000 м), обширные поля (от 2 до 10 км) и гигантские поля (более 10 км).

3.37 **ледяной остров** (ice island): Большой фрагмент плавучего льда, выступающий выше уровня моря на 5 и более метров, который отломился от арктического шельфового ледника. Имеет толщину более 15-30 м и площадь от нескольких тысяч квадратных метров до 500 км<sup>2</sup> или более.

3.38 **локальное разрушение** (local failure): Ограниченное по масштабу повреждение сооружения, при котором существует возможность дальнейшего частичного или полного разрушения сооружения.

3.39 **материал заполнения** (infill): Материал, естественным образом заполнивший углубление в морском дне, возникшее в результате ледовой экзарации.



**3.40 минимальная температура эксплуатации** (lowest anticipated service temperature, LAST): Минимальное значение температуры воздуха с одночасовым усреднением, соответствующее экстремальному уровню EL.

**Примечание** – Определение соответствующего значения приводится в 7.2.2.6.

**3.41 многократное замораживание** (freeze-thaw): Фактор, обуславливающий возможное ухудшение рабочих характеристик бетона в результате циклически повторяющихся процессов замораживания и размораживания на поверхности сооружения вследствие сезонного изменения температуры.

**3.42 многолетнемерзлый грунт** (permafrost): Грунт, в т.ч. скальный, находящийся при температуре 0°C или ниже на протяжении по крайней мере двух лет подряд.

**3.43 морское дно** (seabed): Твердая поверхность, лежащая под толщей воды в морях и океанах.

**3.44 нагрузочный эффект** (action effect): Внутренние силовые и деформационные факторы, вызываемые воздействиями на сооружение или его элементы.

**Примечание** – Типичными примерами нагрузочного эффекта служат усилия, напряжения, деформации, раскрытия трещин.

**3.45 наслоенный лед** (rafted ice): Тип деформированного льда, образовавшегося в результате наслоения части одного ледяного поля на другое (может содержать более двух слоев).

**3.46 начальник платформы** (offshore installation manager, OIM): Лицо, ответственное за надлежащее функционирование платформы, за все действия, осуществляемые на платформе и в ее окрестности.

**3.47 неконсолидированный слой** (unconsolidated layer): Часть кия тороса или ледяного нагромождения, расположенная под консолидированным слоем, которая состоит из несвязанных или слабосвязанных ледяных обломков.

**3.48 нормативное значение** (characteristic value): Значение, присваиваемое базовой переменной, рассматриваемой как случайная величина, исходя из заданной

вероятности ее неблагоприятного отклонения в большую или меньшую сторону от этого значения в течение выбранного периода времени.

**Примечание** — Для некоторых расчетных ситуаций переменная может иметь два нормативных значения – верхнее и нижнее.

**3.49 общепризнанное классификационное общество** (recognized classification society, RCS): Член международной ассоциации классификационных обществ (IACS) с признанным уровнем компетентности и опыта, обеспечивающий на основе устоявшихся правил и процедур проведение классификационного освидетельствования и сертификации арктических морских сооружений или судов ледового класса, используемых в нефтегазодобывающей отрасли.

**3.50 однолетний лед** (first-year ice, FY): Морской лед, просуществовавший не более одной зимы.

**3.51 особая расчетная ситуация** (accidental situation) *случайная ситуация\*\**: Исключительное состояние или условия эксплуатации сооружения.

**Примечание** — Особой расчетной ситуацией является, в частности, пожар, взрыв, столкновение, частичное (локальное) повреждение; к таковым относятся также условия реализации природных воздействий, интенсивность которых соответствует уровню аномальной нагрузки.

\_\_\_\_\_\*\* Это дословный перевод на русский язык термина, приведенного в международном стандарте, который в настоящем стандарте заменен на его синоним, более точно отражающий суть понятия, выраженную в приведенном далее определении.

**3.52 отсоединение** (disconnection): Запланированное отсоединение райзеров (а также якорных линий, при их наличии) от плавучего сооружения.

**3.53 парус тороса** (ridge sail): Часть тороса, расположенная над водой.

**3.54 пересадка** (recovery): Перемещение эвакуируемого персонала на спасательные суда, вертолеты и т.п.

**3.55 план УЛО** (ice management plan): Детальный план, содержащий описание целей УЛО, доступных средств активного воздействия и распределение индивидуальной ответственности в системе управления ледовой обстановкой.

**3.56 пластичность (ductility):** Способность материала деформироваться и поглощать энергию при напряжениях, превышающих предел упругости, или способность конструктивного элемента выдерживать нагрузку при напряжении, превышающем предел текучести.

Примечание – См 3.16 «Демпфирующая способность системы».

**3.57 поверхность морского дна (sea floor, mudline)** – Граница соприкосновения толщи воды и морского дна.

**3.58 покидание (escape):** Перемещение персонала в случае возникновения опасной ситуации из опасной зоны в другие места на платформе, где опасность отсутствует или существенно снижена.

**3.59 полынья (polynya):** Устойчивое пространство чистой воды среди или на границе неподвижных льдов, которое образуется в результате действия постоянных ветров, течений или подъема теплых вод.

**3.60 примерзание (adfreeze):** Примерзание ледяного покрова к поверхности сооружения.

**3.61 припай (landfast ice, fast ice):** Морской лед, который образуется и остается неподвижным вдоль побережья, островов, между отмелями или севшими на отмели айсбергами и стамухами.

**3.62 размыв (scour):** Эрозия грунта, вызванная воздействием волн, льда или течений.

**3.63 расчетная нагрузка (design action):** Нормативное значение нагрузки, умноженное на соответствующий коэффициент надежности по нагрузке.

Примечание – Нормативные значения нагрузок, учитываемых в основном и особом сочетаниях нагрузок (во втором случае – за исключением особой нагрузки) соответствуют экстремальному уровню нагружения (обычно, с обеспеченностью  $10^{-2}$ ); в особом сочетании для особой нагрузки принимается аномальный уровень нагружения (обычно, с обеспеченностью  $10^{-4}$ ).

**3.64 расчетная прочность (design strength):** Значение прочности структурного элемента, вычисленное на основе расчетных значений свойств материала или получаемое из нормативного значения прочности элемента делением на соответствующий коэффициент надежности.

3.65 **расчетное значение** (design value): Значение базовой переменной, получаемое из нормативного значения умножением (или делением) на соответствующий коэффициент надежности, которое используется для проверки выполнения критериев проектирования.

3.66 **расчетное сопротивление материала** (design material resistance): Значение, получаемое из нормативного сопротивления материала делением на соответствующий коэффициент надежности.

3.67 **расчетный срок эксплуатации** (design service life): Предполагаемый период времени, в течение которого сооружение или отдельный конструктивный элемент будет эксплуатироваться в соответствии со своим назначением с учетом планового технического обслуживания, но без капитального ремонта.

3.68 **ровный лед** (level ice, sheet ice): Морской лед, не подвергшийся деформации.

3.69 **сезонные работы** (seasonal operation): Работы, выполняемые на объекте только в заданный период года, обычно с целью избежать воздействия неблагоприятных ледовых условий.

3.70 **система УЛО** (ice management system): Объединяет в себе управление ледовой обстановкой в сочетании с ледовой разведкой и средствами оценки ледовых угроз.

3.71 **скопление битого льда** (rubble field): Совокупность фрагментов разрушенного льда различных размеров, дрейфующих как единое целое; *торосистый лед*.

**Примечание** – Данное определение англоязычного термина отличается от определения, приведенного в Номенклатура ВМО по морскому льду (WMO/ОММ/ВМО - No.259 Дополн. No.5), согласно которому термин «rubble field» обозначает «прибрежный навал льда».

3.72 **сопутствующее внешнее воздействие** (companion environmental action): Воздействие на сооружение или его элемент какого-либо фактора окружающей среды, происходящее одновременно с воздействием основного фактора.

3.73 **сочетание нагрузок** (action combination): Совокупность расчетных значений одновременно действующих разных нагрузок, взятых с учетом

коэффициентов сочетаний, учитываемая при выполнении проверочных расчетов по данному предельному состоянию.

**3.74 спасание (rescue):** Мероприятия по перемещению людей, оказавшихся в море или на льду (непосредственно или в спасательном средстве), в такое место, где обеспечена их безопасность и где, в случае необходимости, им может быть оказана медицинская помощь.

**3.75 стамуха (stamukha):** Торосистое ледяное образование, севшее на мель.

**3.76 старый лед (old ice):** Морской лед, не растаявший в течение, по крайней мере, одного сезона летнего таяния; типичная толщина до трех метров или более. Подразделяется на двухлетний и многолетний лед.

**многолетний лед (multi-year ice, MYI или MY):** Старый лед, переживший таяние по крайней мере в течение двух лет.

**двухлетний лед (second-year ice):** старый лед, подвергшийся таянию в течение только одного лета; типичная толщина до 2,5 м и иногда более.

**3.77 собственник (owner):** Представитель компании или группы компаний, которые являются собственником участка недр или которым выдана лицензия на его разработку.

**3.78 сценарий ледового воздействия (ice scenario):** Совокупность факторов, характеризующих ледовые условия и возникающие ледовые нагрузки на сооружение, в т.ч. в составе сочетания нагрузок.

**3.79 торос (hummock):** Холмообразное нагромождение взломанного льда, образовавшееся в результате сжатия.

*Примечание — В отечественной нормативно-технической литературе термин «торос» часто используется как синоним термина «гряда торосов». Настоящий документ следует этой практике в случаях, не приводящих к неоднозначной трактовке текста. При этом вместо термина «торос», определенного выше, используется сочетание "ледяное нагромождение" (см. термин 3.35).*

**3.80 тревожное оповещение (alert):** Предписанные действия в заданных ледовых условиях, представляющих потенциальную опасность для эксплуатации сооружения.

*Примечание* — Обычно устанавливается несколько разных уровней тревожного оповещения в соответствии с ожидаемым временем до возникновения опасности.

**3.81 управление ледовой обстановкой, УЛО (ice management):** Совокупность активных действий, направленных на изменение текущих ледовых условий с целью снижения частоты, степени серьезности и неопределенности ледовых воздействий.

**3.82 характеристическое отношение (aspect ratio):** Отношение характерного размера (диаметра или ширины) сооружения в плане на уровне воды к толщине льда.

*Примечание* — Общеизвестный русскоязычный термин-аналог в настоящее время отсутствует; обычно используется полное определение.

**3.83 характерное значение (representative value):** Значение, приписываемое базовой переменной для проверки предельных значений.

*Примечание* — В отечественной нормативно-технической литературе данный термин не применяется; приводится справочно. В тексте стандарта заменен термином “нормативное значение” (см. определение 3.48).

**3.84 шельфовый лед (shelf ice):** Ледяной покров значительной толщины, находящийся на плаву, возвышающийся на 2–50 м или более над уровнем моря, и скрепленный с берегом.

**3.85 эвакуация (evacuation):** Превентивное перемещение персонала с платформы (из пункта сбора или из временного убежища) в условиях аварийной ситуации за ее пределы на безопасное расстояние (с учетом возможности эскалации аварии).

## 4 Обозначения и сокращения

4.1 В настоящем стандарте применены следующие обозначения:

4.2.1 Латинские обозначения:

$A$  — аномальное воздействие;

$E$  — воздействие окружающей среды;

$f_c$  — нормативное сопротивление бетона сжатию;

- $f_y$  – нормативное значение предела текучести стали;
- $G$  – постоянная нагрузка;
- $G_1$  – вес частей сооружения, вес и давление грунтов, гидростатическое давление;
- $G_2$  – сохраняющиеся в конструкции или основании сооружения усилия от предварительного напряжения;
- $Q$  – временная нагрузка;
- $Q_1$  – длительная нагрузка;
- $Q_2$  – кратковременная нагрузка;
- $\gamma_s$  – коэффициент надежности по материалу для стали;
- $\gamma_c$  – коэффициент надежности по бетону;
- $\eta$  – коэффициент конструктивного качества бетона.

4.2 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

AL (abnormal level) – аномальный уровень (нагрузки);

ALARP (as low as reasonably practicable) – принцип «разумной достаточности» применительно к принимаемому уровню риска: «настолько низко, насколько это практически реализуемо»;

ALE (abnormal-level earthquake) – сейсмическое воздействие аномального уровня;

ALIE (abnormal-level ice event) – расчетная ситуация с ледовым воздействием аномального уровня;

ALS (abnormal (или accidental) limit state) – особое (чрезвычайное) предельное состояние;

EER (escape, evacuation and rescue) – покидание, эвакуация и спасание;

EL (extreme level) – экстремальный уровень *нагрузки*;

ELE (extreme-level earthquake) – сейсмическое воздействие экстремального уровня;

ELIE (extreme-level ice event) – расчетная ситуация с ледовым воздействием экстремального уровня;

FE (finite element) – конечный элемент; конечно-элементный (расчет и т.п.);

FLS (fatigue limit state) – предельное состояние по критерию усталости;

FY (first-year) – однолетний (лед);

GBS (gravity-base structure) – сооружение с фундаментом гравитационного типа;

HAZID (hazard identification) – выявление опасностей (*один из этапов оценки риска*);

HSE (health, safety and environment) – охрана труда, безопасности и окружающей среды;

HVAC (heating, ventilating and air conditioning) – система обогрева, вентиляции и кондиционирования воздуха;

IMO (international maritime organization) – Международная морская организация (ИМО);

LAST (lowest anticipated service temperature) – минимальная расчетная температура;

MY (multi-year, with reference to ice) – многолетний лед;

ND (no data) – нет данных (Н/Д);

NDT (non-destructive testing) – неразрушающие испытания;

OIM (offshore installation manager) – начальник платформы;

POB (personnel on-board) – персонал на борту;

PPE (personal protective equipment) – средства индивидуальной защиты;

QRA (quantitative risk analysis) – количественный анализ риска;

SAR (search and rescue) – поиск и спасание;

SCE (safety critical element) – критический элемент (с точки зрения безопасности);

SLIE (serviceability-level ice event) – расчетная ситуация с ледовым воздействием, уровень которого соответствует SLS;



SLS (serviceability limit state) – предельное состояние по критерию пригодности к нормальной эксплуатации (*аналог термина «предельное состояние второй группы», используемого в отечественной нормативно-технической документации*);

ULS (ultimate limit state) – основное предельное состояние (*аналог термина «предельное состояние первой группы», используемого в отечественной нормативно-технической документации*);

WMO (World Meteorological Organization) – всемирная метеорологическая организация.

## **5 Общие требования и условия**

### **5.1 Основные требования**

Морские сооружения и конструкции, предназначенные для эксплуатации в арктических регионах, должны планироваться, проектироваться, изготавливаться, транспортироваться, устанавливаться и выводиться из эксплуатации в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19900, а также требованиями настоящего стандарта.

Физические параметры окружающей среды должны определяться в соответствии со стандартом ИСО 19901-1, а также в соответствии с дополнительными требованиями, содержащимся в настоящем стандарте. Сейсмические нагрузки должны определяться в соответствии с ИСО 19901-2, расчет фундаментов и оснований должен осуществляться в соответствии с ИСО 19901-4, нагрузки и прочностные характеристики для стальных и бетонных стационарных сооружений должны определяться в соответствии с ИСО 19902 и ИСО 19903, для плавучих сооружений – в соответствии с ИСО 19904-1, при этом необходимо также учитывать требования, содержащиеся в настоящем стандарте.

Настоящий стандарт дополняет требования стандартов ИСО 19901-6, ИСО 19901-7 и ИСО 19901-3, соответственно, в части морских операций, систем удержания и позиционирования, верхних строений применительно к арктическим условиям. Настоящий стандарт содержит требования, рекомендации и указания по определению необходимых параметров ледовых условий и ледовых нагрузок для указанных выше типов сооружений, а также для сооружений специального типа,

например, для искусственных островов. Все вышеперечисленные документы следует использовать совместно в целях корректного определения параметров окружающей среды, воздействий, прочностных характеристик и конструктивных параметров.

Раздел 5 содержит требования и условия общего характера, применимые ко всем типам морских сооружений.

## **5.2 Методы проектирования**

Уровни безопасности и эксплуатационных характеристик сооружений, проектирование которых выполнено в соответствии с методом проектирования и расчетными соотношениями, предлагаемыми настоящим стандартом, установлены в разделе 7.

Наряду с методом проектирования, предлагаемым настоящим стандартом, могут также использоваться альтернативные методы проектирования, которые должны быть обоснованы теоретически, проверены расчетным путем и отвечать положениям установившейся инженерной практики, – при условии, что уровни безопасности и эксплуатационных характеристик, которые обеспечивает их применение, не ниже устанавливаемых в разделе 7 настоящего стандарта.

При проектировании новых сооружений должны, при наличии возможности, использоваться данные по ледовым нагрузкам, полученные с помощью измерений, выполненных в натурных условиях. Также могут применяться масштабированные соответствующим образом физические и математические модели, с помощью которых определяется поведение сооружения под действием ледовых нагрузок в сочетании с нагрузками от волн, течений и ветра. При наличии возможности должна быть выполнена калибровка указанных моделей на основе данных натурных наблюдений.

### **5.3 Учет условий на площадках строительства**

#### **5.3.1 Общие положения**

Выявление, исследование и определение специфических условий на площадках строительства в части ледового режима, в т. ч. айсберговой опасности, должно быть выполнено с учетом указаний относительно учитываемых явлений и эффектов, описание которых содержится в 6.5 и 8.2 настоящего стандарта.

Эксплуатация сооружения и всех его подсистем должна осуществляться экологически безопасным способом. Должны быть выявлены все факторы, которые могут влиять на выполнение функциональных и эксплуатационных требования. Должны устанавливаться и осуществляться соответствующие процедуры, направленные на охрану здоровья, безопасности и окружающей среды.

Оценка сценариев потенциально опасных ситуаций должна учитывать возможную реализацию ледовых воздействий аномального уровня, последствия воздействия ледяных образований локального и глобального характера, а также геологических опасных явлений, специфичных для арктических регионов.

#### **5.3.2 Долгосрочные изменения климата**

В течение расчетного срока эксплуатации сооружения могут иметь место изменения штормовых условий (в части повторяемости и интенсивности), ледовых условий, циркуляции океанических вод, температуры воздуха, распределения мерзлоты, высоты волн и уровня воды. Соответствующие аспекты следует учитывать при проектировании.

#### **5.3.3 Компоновка сооружения**

При определении конструктивных параметров сооружения следует принять во внимание следующие аспекты проекта:

- защита райзеров и водоотделяющих колонн;
- концепция хранения и транспорта нефти;
- тип системы хранения (влажное или сухое);

- схема расположения оборудования и расстояния от источников опасности;
- возможность установки дополнительного оборудования на последующих стадиях освоения;
- необходимость ликвидации платформы после завершения разработки месторождения;
- ограничения с точки зрения защиты окружающей среды;
- наличие или отсутствие местных строительных мощностей и материалов;
- продолжительность навигационного периода, когда возможно проведение морских строительных работ, а также обслуживание платформы.

Следует рассмотреть различные варианты конструктивной формы опорной части и верхних строений, ориентации по сторонам света и вертикального профиля сооружения для оптимизации восприятия нагрузок от морского льда и айсбергов.

При определении ориентации сооружения на площадке по сторонам света следует учитывать особенности ледовых условий, преобладающее направление дрейфа льдов и возможность образования нагромождений льда. Компоновку верхних строений следует выполнять с учетом функциональных и эксплуатационных требований, например, в части снабжения материалами, отгрузки углеводородов, факельного хозяйства, системы EER, принимая во внимание фактор воздействия ветра и ледяного покрова.

Надежность систем EER, снабжения платформы и отгрузки в общем случае может быть повышена посредством следующих мероприятий:

- организации управления ледовой обстановкой для предотвращения образования нагромождения льда;
- дублирование необходимого оборудования путем его размещения на противоположных сторонах платформы;
- применение грузовых кранов с большим выносом стрелы для возможности работы за пределами нагромождения льда.

### **5.3.4 Подготовка к работе в зимних условиях**

Следует предусмотреть необходимые мероприятия по обеспечению надежной работы всех систем и оборудования в зимних условиях, что в свою очередь обеспечивает безопасность персонала. Соответствующие мероприятия должны также обеспечивать возможность выполнения персоналом своих производственных обязанностей эргономически обоснованным способом, с учетом факторов температуры, ветра, видимости, а также ограничений, связанных с использованием средств индивидуальной защиты. Указанные мероприятия не должны оказывать негативного воздействия на окружающую среду.

## **5.4 Строительство, транспортировка и монтаж**

### **5.4.1 Общие положения**

Строительство, транспортировка и монтаж морских сооружений должны планироваться таким образом, чтобы минимизировать риски для персонала и оборудования, связанные с неблагоприятными природными условиями в арктических регионах.

### **5.4.2 Планирование строительных работ**

При планировании строительных работ необходимо должным образом учитывать периоды экстремально низких температур окружающего воздуха. Материалы и оборудование должны быть соответствующим образом защищены путем подогрева или теплоизоляции.

### **5.4.3 Транспортировка и монтаж**

Должна быть выполнена оценка ограничений по минимальной осадке для всех акваторий, через которые может быть осуществлена транспортировка до пункта назначения.

Должны быть проанализированы технические спецификации на все габаритное морское оборудование и оценена возможность персонала выполнять необходимые операции по транспортировке и монтажу оборудования при низкой температуре воздуха, слабой видимости и в других сложных погодных условиях с

соблюдением всех требований безопасности. Для всех критических морских операций должны быть определены ограничения на внешние условия, и необходимая информация по окнам погоды должна быть включена в документацию по планированию и выполнению соответствующих работ. Для всех критических морских операций в целях обеспечения безопасной транспортировки и установки оборудования должно быть также осуществлено планирование чрезвычайных обстоятельств.

Морские операции, связанные с транспортировкой и монтажом проектируемого сооружения, должны проводиться в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19901-6.

## **5.5 Сочетания нагрузок**

Для определения расчетных значений нагрузочных эффектов при выполнении расчетов по различным предельным состояниям сочетания нагрузок, учитываемые при проектировании, и частные коэффициенты надежности по нагрузкам необходимо назначать в соответствии с требованиями раздела 7.

## **5.6 Защита окружающей среды**

Природа в арктических регионах может оказаться более чувствительной и подверженной загрязнению по сравнению с другими районами. Сооружения, предназначенные для эксплуатации в арктических регионах, должны проектироваться с учетом требования по минимизации потенциально возможного ущерба окружающей среды вплоть до уровня, соответствующего принципу «разумной достаточности», то есть, настолько низкого, насколько это практически реализуемо. Применение конструктивных решений, требующих регулярного осуществления специальных мероприятий для исключения загрязнения окружающей среды, должно быть сведено к минимуму.

Жидкости и другие материалы, которые потенциально могут нанести вред окружающей среде при их утечке или сбросе, должны храниться в специальных емкостях, оборудованных двойной защитой. Должен быть разработан специальный технический регламент по обследованию, обслуживанию и ремонту всех емкостей,

предназначенных для хранения опасных для окружающей среды жидкостей и других материалов, соответствующий принципу «разумной достаточности».

В районе размещения проектируемого сооружения должно быть обеспечено наличие необходимых технических средств для локализации загрязнений и очистке акватории, которые сертифицированы для применения в соответствующих условиях.

В случае наличия многолетнемерзлых пород или при замерзании грунта следует принять меры для обеспечения целостности балластных цистерн.

### **5.7 Вибрации и условия работы**

Должны быть реализованы мероприятия, обеспечивающие в штатных ситуациях отсутствие дискомфорта для персонала вследствие вибрации сооружения.

## **6 Физические условия окружающей среды**

### **6.1 Общие положения**

#### **6.1.1 Требования к определению условий окружающей среды**

Оператор проекта (собственник) несет ответственность за выбор соответствующих проектных параметров и рабочих условий. Разработчик должен учитывать все установленные нормативные требования. Эти требования могут содержать данные по участку строительства за определенный период времени (в соответствии с нормативными правилами страны), тип данных и определение критических расчетных параметров. Общие указания по гидрометеорологическим параметрам даны в стандарте ИСО 19900, а специальные требования в стандарте ИСО 19901-1.

Для определения параметров окружающей среды, которые могут оказать воздействие на проектируемое морское сооружение, должен быть выполнен реалистический анализ данных. Для анализа должны использоваться все данные по условиям окружающей среды, а также физические, статистические и цифровые модели. Должны быть определены следующие данные:

– данные по нормальным условиям окружающей среды, которые требуются для выполнения анализа предельных состояний по рабочей способности, оценки нагрузок и воздействий для определения периодов безопасного выполнения соответствующих работ, планирования строительных (производство, транспортировка и установка) и промысловых работ (например, бурение, добыча, отгрузка, подводные работы); многолетние характеристики параметров окружающей среды в форме совокупных условных или предельных статистических данных, которые используются для определения расчетных сценариев и выполнения анализа предельного состояния по усталости или для оценки простоя/пригодности для работы/работоспособности в течение определенного периода времени для сооружения или соответствующего оборудования;

– критические и аномальные параметры окружающей среды, которые требуются для анализа проектных и максимальных расчетных нагрузок окружающей среды и/или воздействия нагрузок, которые используются для определения расчетных сценариев и выполнения проверок по критическим и аномальным предельным состояниям;

– региональные изменения параметров окружающей среды, циклы и долгосрочные тенденции, связанные с указанными выше параметрами.

Соответствующие параметры окружающей среды могут зависеть от выбранной формы сооружения.

Для получения достоверных и представительных параметров окружающей среды, анализа данных и их интерпретации с целью определения соответствующих проектных сценариев и критериев необходимо привлекать специалистов гидрометеорологов и ледотехников.

### **6.1.2 Программы мониторинга параметров окружающей среды**



Соответствующие параметры окружающей среды должны регулярно контролироваться и прогнозироваться в течение расчетного срока службы сооружения для обеспечения безопасной эксплуатации.

### **6.1.3 Взаимосвязь с другими разделами настоящего стандарта**

Указанные в 6.2– 6.6 параметры окружающей среды должны определяться для расчета значений общих и локальных нагрузок в соответствии с определенными подразделами настоящего стандарта. Данные должны анализироваться в формате, который может использоваться для определения нагрузок от воздействия окружающей среды (например, 8.2 для ледовых нагрузок).

## **6.2 Световой день**

Изменение продолжительности светового дня в арктических районах является фактором, который необходимо учитывать при сборе исходных данных и выполнении работ на морских объектах. Влияние этого параметра должно учитываться при оперативном планировании.

## **6.3 Метеорология**

### **6.3.1 Температура воздуха**

Необходимо выполнить оценку распределения вероятности температур воздуха в течение расчетного срока службы сооружения. Минимальная предполагаемая температура эксплуатации должна определяться в соответствии с 3.48.

Влияние температуры необходимо учитывать при выборе материалов конструкций, смазочных масел, уплотнительных материалов и при подготовке верхних строений к эксплуатации в зимних условиях. Воздействия от изменения температурных условий на работоспособность конструкции и человеческие возможности должны учитываться при проектировании и эксплуатации сооружения. Температура воздуха влияет на свойства льда и ледовые условия. Изменения температуры воздуха в сочетании с ветровыми условиями и высотой снежного покрова, определяют тепловое расширение и соответствующие нагрузки в припае. Низкие температуры в сочетании с ветрами, волнами и морскими брызгами могут привести к морскому обледенению.

### **6.3.2 Ветер**

Параметры ветровых условий должны определяться в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19901-1.

### **6.3.3 Ветровое охлаждение**

Для расчета ветрового охлаждения необходимо учитывать совместное воздействие температуры воздуха и ветра. Необходимо учитывать воздействие ветрового охлаждения на человеческий организм, тепловые потери оборудования и подготовку верхних строений к эксплуатации в зимних условиях.

При работе персонала на открытом воздухе необходимо учитывать возможности использования средств индивидуальной защиты (PPE) и отапливаемых помещений, а также регламент выполнения соответствующих рабочих процедур.

### **6.3.4 Осадки и снег**

Необходимо выполнить оценку распределения вероятности выпадения осадков и снегопада в течение расчетного срока службы сооружения. Также необходимо учитывать степень возможного накопления снега и его воздействие на сооружение и машинное оборудование. Воздействие снежного покрова необходимо учитывать для определения свойств льда, например, трение и прочность льда, а также для оценки ледовых нагрузок и планирования использования морских судов.

Поскольку накопление снега может повлиять на выполнение работ на платформе необходимо на стадии проектирования предусматривать возможности и средства для удаления снега.

### **6.3.5 Обледенение**

При проектировании и расчете рабочих характеристик сооружения необходимо учитывать степень обледенения от воздействия морских брызг, ледяного дождя или измороси, ледяного тумана или капель. Обледенение может привести к увеличению диаметра элементов конструкции и значительному увеличению нагрузок, вызываемых ветром и собственным весом, особенно для длинных конструкций небольшого диаметра, например, факельные башни. Обледенение также влияет на условия безопасности работ и персонала.

### **6.3.6 Видимость**

Необходимо получить данные по факторам, которые могут влиять на видимость (например, туман, метель, световой день) на участке строительства морского сооружения. Необходимо учитывать влияние этих факторов на выполняемые работы и предусматривать соответствующие меры по мониторингу условий окружающей среды.

### **6.3.7 Арктические ураганы**

Арктические ураганы могут оказывать неблагоприятное воздействие в субарктических и арктических районах. Из-за небольшого масштаба распространения и отсутствия наземной системы наблюдения в этих районах трудно выполнять наблюдения и прогнозировать распространение арктических ураганов. Волны и ветры, связанные с этими факторами, обычно не достигают критического уровня, но могут оказывать влияние на выполнение работ. Поэтому при выполнении работ в этих районах необходимо предусматривать использование спутниковой системы дистанционного зондирования для контроля этих факторов в рамках системы метеорологического прогнозирования.

## **6.4 Океанография**

### **6.4.1 Глубина воды**

Необходимо определить глубину моря и изменения глубины моря на участке строительства. Для определения максимального воздействия на основание или элемент конструкции необходимо определить факторы, учитывающие диапазон уровней воды и его влияние на место приложения ледовой нагрузки. На небольших глубинах лед может образовываться вокруг сооружения. Это может привести к изменению проектных сценариев определения ледовых нагрузок на сооружение и системы транспортировки, а также к изменению условий эксплуатации и системы покидания, эвакуации и спасения (EER). Для расчета или оценки глубина моря может быть принята в качестве более или менее постоянного компонента относительно опорной точки (например, минимального астрономического прилива или среднего уровня моря) и переменного компонента при изменениях относительно этого уровня. Изменения могут быть вызваны астрономическим приливом, штормовыми волнами из-за воздействия ветра и атмосферного давления,

долговременными изменениями структуры морского дна, оседанием морского дна и воздействием цунами.

Последствия воздействия положительных и отрицательных штормовых нагонов должны учитываться в спецификации нагрузок на сооружение, при эксплуатации сооружения и планировании эксплуатации морских судов.

#### **6.4.2 Волны**

Параметры волн для открытого моря должны определяться в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19901-1.

Ледовый покров на поверхности моря влияет на высоту волн, распространение и затухание. Воздействие ледового покрова должно учитываться при определении критических и эксплуатационных параметров волн, особенно при использовании цифровых моделей для определения этих параметров. Для определения совместных волновых и ледовых нагрузок на сооружение необходимо учитывать воздействие увеличения интенсивности и уровня ледовых образований из-за волн.

#### **6.4.3 Океанические течения**

Параметры морских течений, включая влияние приливов, должны определяться в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19901-1.

#### **6.4.4 Другие океанографические факторы**

##### **6.4.4.1 Обрастание морскими организмами**

Воздействие от обрастания морскими организмами необходимо оценивать в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19901-1.

Для определения воздействия от обрастания морскими организмами в покрытых льдом районах необходимо учитывать локальные условия и их влияние на периодическую очистку элементов сооружения, подверженных воздействию льда. Необходимо учитывать влияние увеличения обрастания морскими организмами в зонах сброса теплой воды.

##### **6.4.4.2 Цунами**

Расчетные воздействия цунами должны определяться в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19901-1. Необходимо учитывать влияние ледового покрова на параметры волн цунами.

#### **6.4.4.3 Растворенный кислород**

В арктических районах может наблюдаться повышенное содержание растворенного кислорода в воде. Поскольку повышенные уровни содержания кислорода могут усиливать коррозию, то необходимо получить локальные данные для оценки этой опасности на используемые материалы конструкции.

#### **6.4.4.4 Температура и соленость воды**

Температура, при которой вода замерзает, является функцией солености воды. При нормальной солености морской воды на уровне 35 ‰ вода замерзает при температуре минус 1,9°C. Это значение необходимо рассматривать в качестве минимальной температуры воды, которая может наблюдаться в районах с морским льдом.

### **6.5 Морской лед и айсберги**

#### **6.5.1 Общие положения**

Данные, требуемые для оценки ледовых критериев на конкретном участке строительства, должны определяться с учетом местоположения рассматриваемого сооружения. Эти данные должны определяться для всех этапов в течение расчетного срока службы сооружения.

Необходимые данные могут быть получены исходя из результатов непосредственных наблюдений на месте установки, интерпретации изображений, полученных со спутников, или анализа данных многолетних наблюдений в географическом районе установки сооружения. Если данные о локальных ледовых условиях отсутствуют или не являются представительными, или если в рассматриваемом районе льдообразование случается достаточно редко, то могут использоваться данные, полученные из соседних участков или географических районов с похожими ледовыми условиями. Для получения дополнительных данных можно использовать цифровое или статистическое моделирование с учетом факторов неопределенности данных. Должны учитываться долговременные

тенденции. Для оценки проектных критериев должны учитываться взаимозависимости между различными параметрами, указанными в 6.5.2 – 6.5.5.

### **6.5.2 Типы льда**

Необходимо определить предполагаемые типы льда, т.е. однолетние, двухлетние, многолетние, шельфовые или ледниковые. Статистические данные, например, распределение вероятностей и соответствующие параметры, должны характеризовать образование и концентрацию всех возможных типов льда. Необходимо учитывать ежегодные и сезонные изменения при образовании различных типов льда.

### **6.5.3 Морфология льда**

Условия возникновения и геометрия определенных ледовых образований, например, айсберги, ледовые острова, наслоенный лед, поля ледяных валунов, расщелины или полыньи, уплотненные или дрейфующие торосы, стамухи, паковый, шельфовый и ледниковый лед, должны определяться на основе результатов полевых измерений на участке строительства и анализа данных многолетних наблюдений, полученных из соседних участков. Должны быть определены статистические данные, например, распределение вероятностей и соответствующие параметры, включая частоту возникновения ледовых образований, размеры, толщину консолидированного слоя торосов и стамух, высоту надводной части и глубину киля. Для получения соответствующих данных по частоте возникновения ледовых образований, их простирацию, размерам, потенциальной глубине ледового пропахивания и стабильности должны определяться условия возникновения торосистых ледовых образований, например, торосистые ледовые валуны и береговые ледовые навалы. Эти данные должны использоваться для определения ледовых нагрузок, расчета подводных трубопроводов (выкидных линий) и глубины их заглубления, при проектировании систем доступа к технологическим объектам, логистики и эвакуации. Необходимо учитывать ежегодные и сезонные изменения морфологии льда.

### **6.5.4 Дрейф льда**

Ветер, волны, течения и тепловое расширение оказывают влияние на дрейф льда и давление пакового льда. На основе полевых данных должны быть определены статистические данные, например, эмпирические распределения вероятностей параметров скоростей движения пакового льда, ледяных полей и отдельных ледяных образований, например, айсбергов и ледяных островов

Скорости движения льдов оказывают влияние на вероятность столкновения с ледовыми образованиями, а также на ледовые нагрузки и эксплуатационные режимы. Давление льдов может влиять на движение судов, управление ледовой обстановкой и процедуры эвакуации.

Если для этих параметров отсутствуют полевые данные, то для получения этих данных могут выполняться процедуры цифрового моделирования или анализа взаимодействия ветров, волн, океанских течений и льдов с учетом факторов неопределенности в данных и процедурах моделирования.

Необходимо учитывать ежегодные и сезонные изменения в условиях льдообразования, образования полыней и их физические параметры.

#### **6.5.5 Свойства льда**

Соответствующие механические и физические свойства льда должны использоваться для проектных и эксплуатационных процедур. Должны использоваться факторы, указанные в 8.2.8.

#### **6.5.6 Мониторинг ледовых условий**

Ледовые условия должны рассматриваться в качестве неотъемлемой части программы мониторинга данных окружающей среды. Необходимо использовать оперативные данные по ледовым условиям, например, для работы систем управления ледовой обстановкой и выполнения процедур покидания, эвакуации и спасения (EER).

Данные мониторинга ледовых условий совместно с планами по временному прекращению эксплуатации с целью проведения ремонтных работ или перемещению сооружения в течение этапа эксплуатации могут помочь оптимизировать критерии ледовых условий, используемые для проектирования как плавучих, так и гравитационных мобильных сооружений.

## **6.6 Факторы морского дна**

### **6.6.1 Землетрясения**

Уровень сложности оценки сейсмической нагрузки и соответствующего метода расчета для арктических морских сооружений зависит от категории сейсмического риска сооружения, как определено в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19901-2. Уровни ускорений, принятые из карт в стандарте ИСО 19901-2, определяют сейсмические зоны, которые могут использоваться для определения соответствующего метода сейсмического расчета. Выбор метода зависит от уровня воздействия самого сооружения, а также от интенсивности колебаний грунта.

Для учета сейсмических воздействий при проектировании должны выполняться соответствующие анализы, см. 9.10.

### **6.6.2 Многолетняя мерзлота**

Необходимо выполнить исследование зоны простирания многолетней мерзлоты от берега и наличие многолетней мерзлоты в месте расположения сооружения. Для морских сооружений, установленных на многолетней мерзлоте, требуются специальные исследования для определения характеристик грунта при воздействии динамических нагрузок, вызываемых землетрясениями, волнами или морскими льдами, см. раздел 9. При проектировании всех типов оснований сооружения необходимо учитывать потенциальные влияния консолидации при оттаивании льдонасыщенных многолетнемерзлых грунтов в результате добычи углеводородов.

### **6.6.3 Ледовое выпахивание**

Выпахивание (ледовая эрозия) морского дна происходит из-за взаимодействия торосов, айсбергов и стамух с морским дном. Для определения частоты возникновения ледового пропахивания, глубины, ширины, длины и направления необходимо получить данные по воздействию ледового пропахивания. Статистические данные по ледовому пропахиванию должны использоваться в районах, где проектируются заглубленные в морское дно трубопроводы и шлангокабели, подводное оборудование, врезки в магистральные трубопроводы.



Требования к проектным изысканиям даны в 9.2, воздействия на подводные сооружения рассматриваются в 14.2.2.

#### **6.6.4 Воронки размыва**

Исследования эрозии дна в виде воронок размыва должны выполняться для сооружений в районах, прилегающих к устьям рек. Требования к проектным изысканиям даны в 9.2, воздействия на подводные сооружения рассматриваются в 14.2.3 и 14.3.5.

## **7 Надежность и проектирование по методу предельных состояний**

### **7.1 Методология проектирования**

#### **7.1.1 Основные принципы**

Сооружение в целом и его отдельные конструктивные элементы должны проектироваться таким образом, чтобы в процессе эксплуатации был обеспечен необходимый уровень их надежности при всевозможных природных, чрезвычайных (*аварийных*) и эксплуатационных воздействиях и условиях, в которых сооружение может оказаться на всех этапах расчетного срока эксплуатации, включая строительство, транспортировку, установку на точке и ликвидацию. Требуемый уровень надежности проектируемого сооружения зависит от уровня сложности условий эксплуатации, который определяется классом безопасности и классом ответственности (по экологическим и экономическим критериям) сооружения или отдельного структурного элемента.

Проектирование сооружения должно выполняться по методу предельных состояний согласно требованиям 7.2. В соответствии с данным методом необходимо выполнение следующего условия: нагрузочные эффекты в элементах сооружения (или применительно к сооружению в целом) для всех учитываемых в проекте расчетных сочетаний нагрузок не должны превышать расчетных сопротивлений. Нормативные сопротивления и соответствующие коэффициенты

надежности по материалу должны определяться в соответствии с настоящим стандартом и документами, на которые он ссылается. В состав рассматриваемых нагрузок Должны учитываться постоянные и временные нагрузки. В составе последних должны быть рассмотрены ледовые, сейсмические, океанографические, метеорологические и пр. Частные коэффициенты надежности по нагрузкам и *коэффициенты сочетаний нагрузок* в расчетах по предельным состояниям ULS и ALS должны определяться в соответствии с требованиями 7.2.4.

### **7.1.2 Класс безопасности**

Класс безопасности сооружения (или его отдельных конструктивных элементов) отражает ранжирование морских сооружений с точки зрения безопасности персонала платформы и возможности своевременной эвакуации с платформы в случае наступления расчетного события природного характера и должен соответствовать классу безопасности, назначаемому – в зависимости от типа сооружения – одним из стандартов ИСО 19902, ИСО 19903 и ИСО 19904-1.

Поскольку класс безопасности сооружения может меняться в течение срока его эксплуатации, проектируемое сооружение либо должно соответствовать классам безопасности, назначаемым для отдельных фаз в пределах расчетного срока эксплуатации, либо быть классифицированным по наиболее жесткому классу безопасности с учетом всего периода эксплуатации.

Для морских сооружений определены три класса безопасности:

- S1: с постоянным присутствием персонала, без эвакуации;
- S2: с постоянным присутствием персонала, с эвакуацией;
- S3: без постоянного персонала.

### **7.1.3 Класс ответственности**

Класс ответственности сооружения (или его отдельных конструктивных элементов) отражает ранжирование морских сооружений с точки зрения потенциальной опасности для персонала в случае возникновения инцидентов произвольной природы, а также степени серьезности возможных экологических и экономических последствий, и должен соответствовать классу ответственности,

назначаемому – в зависимости от типа сооружения – одним из стандартов ИСО 19902, ИСО 19903 и ИСО 19904-1.

Для морских сооружений определены три класса ответственности:

- С1: тяжелые последствия;
- С2: умеренные последствия;
- С3: незначительные последствия.

#### **7.1.4 Категория сложности**

Категория сложности (обобщенно характеризующая уровень сложности условий эксплуатации) для проектируемого сооружения принимается в зависимости от его класса безопасности и класса ответственности согласно таблице 7.1. Для сооружений с постоянным присутствием персонала, без эвакуации (S1) и сооружениям, возможные аварии на которых характеризуются тяжелыми последствиями (C1), назначается категория сложности L1; для сооружений без постоянного персонала (S3) и сооружений с незначительными последствиями возможных аварий (C3) – L3; для всех остальных сооружений – L2.

Т а б л и ц а 7.1 – Определение категории сложности

	<b>Класс безопасности</b>	<b>Класс ответственности</b>		
		<b>С1 тяжелые последствия</b>	<b>С2 умеренные последствия</b>	<b>С3 незначительные последствия</b>
S1	с постоянным присутствием персонала, без эвакуации	L1	L1	L1
S2	с постоянным присутствием персонала, с эвакуацией	L1	L2	L2
S3	без постоянного персонала	L1	L2	L3

Категория сложности для проектируемого сооружения или отдельного конструктивного элемента должна быть назначена собственником сооружения до начала проектирования нового сооружения или оценки *технического состояния* существующего сооружения, и согласовывается с надзорными органами по мере необходимости. В случае, когда сооружение или отдельный конструктивный

элемент могут характеризоваться разными категориями сложности, следует применять наиболее жесткий из них. Разные элементы или подсистемы могут классифицироваться независимо друг от друга или от сооружения в целом, поэтому назначаемые для них категории сложности могут оказаться несовпадающими.

Классификация может быть пересмотрена в процессе эксплуатации сооружения вследствие изменения факторов, определяющих класс безопасности и класс ответственности сооружения.

### **7.1.5 Предельные состояния**

При проектировании по методу предельных состояний уровень надежности, соответствующий назначенному уровню сложности условий эксплуатации проектируемого сооружения, достигается посредством учета основных предельных состояний (ULS) и особых (чрезвычайных) предельных состояний (ALS). Данные предельные состояния являются критическими, так их превышение может непосредственно привести к гибели людей, причинению ущерба окружающей среде или потере имущества

Должны быть выполнены расчетные требования в части предельных состояний по критерию усталости (FLS).

В настоящем стандарте предельные состояния по критерию пригодности к нормальной эксплуатации (SLS) устанавливают количественные требования к уровню надежности только для специфических условий. В необходимых случаях расчетные требования в отношении таких предельных состояний также должны быть выполнены.

### **7.1.6 Альтернативные методы проектирования**

На практике могут применяться альтернативные методы проектирования при условии надлежащего обоснования, что при этом обеспечивается уровень надежности сооружения и его отдельных конструктивных элементов не ниже, чем в случае проектирования по методу предельных состояний в соответствии с требованиями 7.2.

## **7.2 Метод проектирования по предельным состояниям**

### **7.2.1 Предельные состояния**

#### **7.2.1.1 Группы предельных состояний**

Предельные состояния подразделяются на следующие четыре группы:

а) основные предельные состояния (ULS), для которых в общем случае оценивается несущая способность при действии расчетных нагрузок экстремального уровня;

б) предельные состояния по критерию пригодности к нормальной эксплуатации (SLS), соответствующие условиям, затрудняющим нормальную эксплуатацию конструкций;

в) предельные состояния по критерию усталости (FLS), для которых оценивается эффект деградации несущей способности под действием циклических нагрузок;

г) особые (чрезвычайные) предельные состояния (ALS), для которых оценивается несущая способность в аварийных ситуациях или при действии расчетных нагрузок аномального уровня.

При проектировании сооружение должно рассчитываться по предельным состояниям ULS для обеспечения прочности и жесткости; по предельным состояниям ALS для обеспечения необходимого запаса несущей способности и демпфирующих свойств; по предельным состояниям FLS для обеспечения необходимого уровня выносливости при динамических нагрузках и по предельным состояниям SLS для обеспечения отсутствия препятствий к нормальной эксплуатации.

#### **7.2.1.2 Основные предельные состояния**

Расчеты по предельным состояниям ULS обеспечивают отсутствие серьезных повреждений сооружения при действии расчетных нагрузок, отвечающих приемлемо низкой вероятности превышения в течение срока эксплуатации. Проверка предельных состояний ULS для случая ледовых нагрузок должна выполняться для расчетных ледовых ситуаций, порождающих нагрузки

экстремального уровня (ELIE). Расчеты необходимо выполнять как для локальных, так и для глобальных нагрузок.

#### 7.2.1.3 Предельные состояния по критерию пригодности к нормальной эксплуатации

Превышение предельного состояния SLS приводит к возникновению препятствий к нормальной эксплуатации сооружения. Перечень нагрузок, учитываемых при проверке предельных состояний SLS, обычно регламентируется собственником, за исключением явлений, которые могут приводить к уменьшению долговечности сооружения, например, таких, как коррозия арматуры в бетоне.

#### 7.2.1.4 Предельные состояния по критерию усталости

Превышение предельных состояний FLS для морских сооружений может происходить вследствие накопления поврежденности при повторяющихся нагрузках. В расчетах должны быть учтены все нагрузки, действующие в течение срока эксплуатации сооружения. В части воздействия льда, циклическая изменчивость ледовой нагрузки обычно наблюдается при разрушении льда вследствие сжатия или изгиба.

#### 7.2.1.5 Особые (чрезвычайные) предельные состояния

Расчет по предельным состояниям ALS выполняется с целью обеспечения требования, чтобы сооружение и основание обладали достаточным запасом по прочности, деформируемости и способности поглощать энергию, исключая опасность полного разрушения сооружения при больших нагрузках и в других ситуациях, когда сооружение или его структурные элементы работают в неупругой области. При этом могут допускаться частичные повреждение. Проверка предельных состояний ALS для случая ледовых нагрузок должна выполняться для расчетных ледовых ситуаций, порождающих нагрузки аномального уровня (ALIE). Расчеты необходимо выполнять как для локальных, так и для глобальных нагрузок.

## **7.2.2 Нагрузки**

### **7.2.2.1 Общие положения**

Постоянные нагрузки (G), переменные нагрузки (Q), природные нагрузки (E), повторяющиеся нагрузки (F) – вызывающие явление усталости – и особые (аномальные) нагрузки (A) определены в стандарте ИСО 19900. Дополнительная информация по частным видам нагрузок содержится в стандартах ИСО 19902, ИСО 19903 и ИСО 19904-1.

В части климатических нагрузок, при проектировании сооружений для арктических регионов должны учитываться расчетные ситуации как экстремального уровня (EL), так и аномального уровня (AL), что в части ледовых нагрузок соответствует воздействиям уровней ELIE и ALIE соответственно.

Для каждой нагрузки должно быть определено нормативное значение, которое соответствует заданной вероятности отклонения действующих нагрузок в неблагоприятную сторону в течение определенного периода времени, обычно, в течение одного года.

Для арктических районов следует учитывать возможность возникновения других событий случайного (аварийного) характера, например, навал судна на сооружение под действием дрейфующих ледяных полей.

### **7.2.2.2 Расчетные ледовые ситуации для проверки предельных состояний SLS**

При анализе предельных состояний SLS следует проверить требования настоящего стандарта для расчетных ситуаций, когда конструктивные элементы сооружения подвергаются частичному повреждению вследствие локального воздействия льда. Примерами служит растрескивание и усадка бетона (соответствующие воздействия описаны в стандарте ИСО 19903); разрушение бетонных поверхностей, удаление красочного слоя и продуктов коррозии стали вследствие абразивного воздействия льда; локализованное разрушение конструктивных материалов в результате вибрационных воздействий от разрушающегося льда и других физических природных факторов. В проекте должны

быть также выполнены ограничения по допустимым вибрациям и деформациям, накладываемые критериями пригодности к нормальной эксплуатации.

Годовая вероятность превышения, по которой определяются нормативные значения параметров, проверяемых в рамках SLS, назначается собственником (оператором), но не должна быть больше, чем  $10^{-1}$ .

#### 7.2.2.3 Ледовое событие экстремального уровня

При анализе предельных состояний ULS расчеты конструкций должны выполняться, в основном, по недеформированной схеме и в предположении упругих деформаций. В некоторых случаях допустим локальный учет неупругих деформаций, например, в соответствии с указаниями раздела 11 для стальных стационарных сооружений.

Нормативные значения нагрузок, соответствующих расчетной ситуации с экстремальным уровнем ледовой нагрузки (ELIE), должны быть определены исходя из обеспеченности (вероятности превышения)  $10^{-2}$  или меньше. Для расчетных ситуаций с воздействием на сооружение дискретных ледяных образований, когда расчетная вероятность (частота) столкновения составляет менее  $10^{-2}$  в год, ледовая нагрузка уровня ELIE в расчетах не используется.

#### 7.2.2.4 Ледовое событие аномального уровня

При анализе предельных состояний ALS в общем случае следует использовать нелинейные методы расчета. В частности, *при расчете сооружения* допускается принимать во внимание пластические свойства конструктивных элементов, а для свай основания допускается достижение предельной осевой нагрузки или развитие пластичности. Для обеспечения критериев проектирования в расчетной ситуации с аномальным уровнем ледовой нагрузки (ALIE) необходим совместный учет резервов статической прочности, эффектов пластичности и диссипации энергии.

Нормативные значения нагрузок, соответствующих расчетной ситуации с аномальным уровнем ледовой нагрузки (ALIE), должны определяться в соответствии с назначенной категорией сложности. Для сооружений категории L1



нормативные значения нагрузок должны быть либо определены исходя из обеспеченности (вероятности превышения)  $10^{-4}$  или меньше, либо вычислены для расчетной ситуации (расчетного ледяного образования) с вероятностью повторения  $10^{-4}$  в год или меньше. Для сооружений категории L2 вероятность повторения должна быть принята не выше, чем  $10^{-3}$ . Для сооружений категории L3 расчетные ситуации с аномальным уровнем ледовой нагрузки не учитываются.

События, связанные с воздействием айсбергов и ледовых островов, с годовой вероятностью возникновения между  $10^{-4}$  и  $10^{-5}$  у сооружений уровня L1 (между  $10^{-3}$  и  $10^{-4}$  у сооружений L2) и с серьезными последствиями должны рассматриваться в отношении аномальных ледовых событий, чтобы обеспечить выполнение целевых показателей надёжности, указанных в 7.2.6.

При наличии угрозы столкновения айсбергов или ледяных дрейфующих островов с проектируемым сооружением в целях обеспечения необходимого уровня надежности в целом соответствующие расчетные ситуации ALIE должны быть рассмотрены в случае, если вероятность столкновения заключена в пределах от  $10^{-4}$  до  $10^{-5}$  для сооружения категории L1 (от  $10^{-4}$  до  $10^{-5}$  для категории L2). Рекомендуемые уровни надежности приведены в А.7.2.4 (Приложение А).

#### 7.2.2.5 Динамические ледовые нагрузки

В необходимых случаях динамические ледовые воздействия и вибрации, порождаемые воздействием льда, должны быть учтены при анализе предельных состояний FLS, а также в части других аспектов влияния на сооружения и фундаменты, включая возможность разжижения грунта.

#### 7.2.2.6 Другие климатические нагрузки

Нормативные значения других климатических нагрузок должны определяться исходя из обеспеченности (вероятности превышения) с годовой вероятностью превышения не более  $10^{-2}$  на экстремальном уровне, а на аномальном уровне – с годовой вероятностью превышения не более  $10^{-4}$  для сооружений категории L1 и  $10^{-3}$  для сооружений категории L2. При проектировании сооружений категории L3 нагрузки аномального уровня не рассматриваются. Для сейсмической нагрузки

экстремального и аномального уровней соответствующие значения обеспеченности (вероятности превышения) должны назначаться согласно требованиям ИСО 19901-2.

Нагрузки, порождаемые редкими природными событиями с ожидаемой частотой реализации менее  $10^{-4}$  случая в год, могут не приниматься во внимание при проектировании, за исключением случая ледовых нагрузок.

Нагрузочные эффекты, возникающие вследствие неоднородности распределения температуры в сооружении в целом или в пределах отдельных структурных элементов, должны учитываться при анализе всех рассматриваемых предельных состояниях.

#### 7.2.2.7 Аварийные (особые) нагрузки

Аварийные ситуации должны рассматриваться в соответствии с ИСО 19902, ИСО 19903 и 19904-1 в зависимости от типа сооружения. В отношении искусственных островов применяются положения ИСО 19902.

### 7.2.3 Основные и сопутствующие природные нагрузки

Сочетания нагрузок для различных воздействий окружающей среды должны определяться последовательно, принимая нормативное значение каждой из нагрузок уровня EL и AL в качестве основной нагрузки. Эти значения должны определяться вместе с сопутствующими нагрузками от воздействия окружающей среды.

Возможные комбинации основных и сопутствующих природных нагрузок приведены в таблице 7.2.

Т а б л и ц а 7.2 – Сопутствующие природные нагрузки EL

Основная нагрузка (EL или AL)	Сопутствующая природная нагрузка EL		
	Стохастически зависимая	Стохастически независимая	Взаимно исключаящая
Волны	Ветер, ветровые течения	Приливное и фоновое течение	Морской лед (при концентрации >8/10)

Продолжение таблицы 7.2

Основная нагрузка (EL или AL)	Сопутствующая природная нагрузка EL		
	Стохастически зависимая	Стохастически независимая	Взаимно исключаящая
Волны	Ветер, ветровые течения, лед (при концентрации льда <4/10)	Морской лед (при концентрации <8/10)	
Волны зыби		Волны, ветер, ветровые течения, приливное и фоновое течение, морской лед (при концентрации льда <8/10)	Морской лед (при концентрации >8/10)
Цунами		Волны, ветер, ветровые течения, приливное и фоновое течение, морской лед	
Ветер	Волны, ветровые течения, морской лед	Расширение, приливное и фоновое течение	
Ветер	Ветровые течения,	Приливное и фоновое течение	Волны, волны зыби (при концентрации льда >8/10)
Течение (приливное и фоновое)	Морской лед	Волны, расширение, ветер, ветровые течения,	Волны, волны зыби (при концентрации льда >8/10)
Ветровые течения	Морской лед, волны, ветер	Расширение, приливное и фоновое течение	Волны, волны зыби (при концентрации льда >8/10)
Морской лед	Ветер, течения, приводимые в движение ветром, приливные течения		Волны, волны зыби (при концентрации льда >8/10)

Основная нагрузка (EL или AL)	Сопутствующая природная нагрузка EL		
	Стохастически зависимая	Стохастически независимая	Взаимно исключаящая
Морской лед	Ветер, ветровые течения, приливное течение, волны (при концентрации морского льда <4/10)	Волны, волны зыби (при концентрации льда <8/10)	
Землетрясение <sup>1)</sup>		Волны, волны расширение, приливное и фоновое течение, постоянное ледовое покрытие	
Крупные айсберги и изолированные льдины	Ветер, ветровое течение, приливное и фоновое течения	Волны <sup>2)</sup> , волны зыби <sup>3)</sup>	
Примечания <sup>1)</sup> Для землетрясений аномального уровня обычно достаточно рассмотрения вероятности присутствия льда во время землетрясения. <sup>2)</sup> Основное действие от малых айсбергов или ледовых полей и воздействие сопутствующих волн могут быть стохастически зависимы. <sup>3)</sup> Необходимо оценить проводимые в движение волнами зыби крупные айсберги.			

Влияние изменения уровня воды необходимо учитывать в спецификации сопутствующих нагрузок. Штормовые (ветровые) нагоны должны учитываться как стохастически зависимые нагрузки от воздействия ветра, если основная нагрузка зависит от ветра. Приливные подъемы воды должны учитываться как стохастически зависимые, если основной нагрузкой является приливное течение.

При наличии соответствующих данных для определения величины совместно действующих нагрузок окружающей среды для значений уровня EL или AL следует использовать совместные вероятностные распределения основных и сопутствующих нагрузок. При отсутствии необходимых требуемых данных по совместным распределениям должны использоваться коэффициенты сочетаний сопутствующих

нагрузок для уровня EL, указанные в таблице 7.3. В этом случае, нормативное значение уровня EL для каждой сопутствующей нагрузки должно умножаться на соответствующий коэффициент из таблицы 7.3 и прибавляться к нормативному значению основной нагрузки для EL или AL. Приведенные в таблице 7.3 значения являются консервативными в силу учета широкого диапазона возможных сочетаний. Поэтому, желательно использование характерных для участка строительства данных и, при возможности, расчет совместных вероятностных распределений. Основные и сопутствующие ледовые нагрузки для уровня EL соответствуют экстремальному ледовому воздействию (ELIE). Основная ледовая нагрузка уровня AL соответствует аномальному ледовому воздействию (ALIE).

Т а б л и ц а 7.3 – Коэффициенты сочетания для сопутствующих климатических нагрузок уровня EL и уровня AL

Основная нагрузка	Коэффициент для нормативного значения сопутствующей климатической нагрузки экстремального уровня	
	Сопутствующая нагрузка стохастически зависит от основной нагрузки	Сопутствующая нагрузка стохастически зависит от основной нагрузки
Нагрузка EL	0,9	0,6
Нагрузка AL	0,5	0,4

#### 7.2.4 Сочетания нагрузок и частные коэффициенты надежности по нагрузкам

Для расчета должны использоваться сочетания нагрузок, определенные в таблице 7.4. Для каждого сочетания нагрузок нормативное значение отдельной нагрузки или комбинированной нагрузки от воздействия окружающей среды следует умножать на коэффициент надежности, значение которого должно быть не меньше значения, определенного в таблице 7.4. В качестве альтернативного варианта коэффициенты надежности для постоянных и переменных нагрузок могут приниматься из стандартов ИСО 19902, ИСО 19903 или ИСО 19904-1 для

соответствующих типов сооружений. Эти коэффициенты используются как для локальных, так и для общих нагрузок. Стандарт ИСО 19900 содержит дополнительные данные по классификации типов нагрузки.

Сочетание нагрузок и коэффициенты надежности по нагрузкам для землетрясений должны определяться в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19902 для стационарных стальных сооружений и стандарта ИСО 19903 для стационарных бетонных сооружений. Дополнительное руководство дано в 8.4.

Коэффициенты надежности по нагрузкам и коэффициенты сочетаний нагрузок для предельных состояний по пригодности к нормальной эксплуатации SLS и по критерию усталости FLS должны соответствовать стандартам серии ИСО 19900 для соответствующих типов сооружений.

Для сочетаний нагрузок, где основной нагрузкой является аномальная или аварийная нагрузка (комбинация нагрузок 4 и 5 в таблице 7.4), влияние нагрузки должно быть проверено только для ALS.

В качестве варианта, альтернативного таблице 7.4, коэффициенты надежности по нагрузкам могут быть получены в результате анализа калибровки с использованием полного вероятностного описания нагрузок и сопротивлений (значений прочности), если данный анализ показывает, что требуемый уровень надежности достигнут (см. 7.2.6).

Т а б л и ц а 7.4 – Категории сложности L1 и L2. Коэффициенты надежности по нагрузкам для предельных состояний ULS и ALS и сочетаний нагрузок

Сочетание нагрузок	Коэффициенты надежности по нагрузкам						
	Постоянная нагрузка (G)		Переменная нагрузка (Q)		Природная нагрузка (E)		Аварийная (особая) нагрузка (A)
	Статическая (G1)	Деформация (G2)	Длительная (Q1)	Кратковременная (Q2)	EL	AL	
Основные предельные состояния							
Весовые, деформация – длительные и кратковременные	1,30 <sup>1)</sup> или 0,90 <sup>2)</sup>	1,00	1,50 <sup>1)</sup>	1,50 <sup>1)</sup>	0,70 <sup>c</sup>	-	-

Окончание таблицы 7.4

Сочетание нагрузок	Коэффициенты надежности по нагрузкам						
	Постоянная нагрузка (G)		Переменная нагрузка (Q)		Природная нагрузка (E)		Аварийная (особая) нагрузка (A)
	Статическая (G1)	Деформация (G2)	Длительная (Q1)	Кратковременная (Q2)	EL	AL	
Экстремальная природная	1,10 или 0,90 <sup>2)</sup>	1,00	1,10 или 0,80	-	1,35 (L1) <sup>3), 4)</sup> 1,10 (L2) <sup>3), 4), 5)</sup>	-	-
Поврежденное состояние <sup>6)</sup>	1,10 или 0,90 <sup>2)</sup>	1,00	1,10 или 0,80	-	1,00	-	-
<i>Аномальное (особое) предельное состояние</i>							
Аномальная природная	1,00	1,00	1,00	-	-	1,00 <sup>3)</sup>	-
Аварийная	1,00	1,00	1,00	-	-	-	1,00
Примечания <sup>1)</sup> В отношении сочетания нагрузок от веса и деформации, коэффициент надежности 1,20 может использоваться для постоянного гидростатического давления и переменной нагрузки, ограниченной по физическим соображениям. <sup>2)</sup> Второе из значений коэффициента надежности применяется в отношении постоянной нагрузки G1, когда постоянная нагрузка противодействует опрокидыванию или отрыву, и в отношении переменной нагрузки Q, когда наблюдается обратный эффект переменной нагрузки. <sup>3)</sup> Нормативное значение климатической нагрузки, к которому применяется коэффициент надежности, должно рассчитываться в соответствии с 7.2.3. <sup>4)</sup> Коэффициент надежности по нагрузке для проверки предельного состояния для сейсмической нагрузки экстремального уровня ELE должен рассчитываться в соответствии с ИСО 19902 для стальных сооружений и ИСО 19903 для бетонных сооружений. Коэффициент надежности сейсмической нагрузки ELE должен составлять 1,0 для других сооружений. Для сооружений категории сложности L2 все коэффициенты надежности по нагрузкам для всех сочетаний нагрузок – такие же как для категории сложности L1, за исключением коэффициента к нагрузке уровня EL в сочетании климатических нагрузок. <sup>5)</sup> Условия предельных состояний в поврежденном состоянии, или прогрессирующего разрушения, концептуально определены в стандарте ИСО 19900, а для конкретных типов сооружений – в стандартах ИСО 19902, ИСО 19903 и ИСО 19904-1.							

### 7.2.5 Расчет по предельным состояниям ULS и ALS

При проверке предельных состояний ULS расчетные значения несущей способности вычисляются делением нормативных значений на соответствующие коэффициенты надежности. В качестве альтернативного подхода можно нормативные значения характеристик прочности материалов разделить на коэффициенты надежности по материалам для получения расчетных значений характеристик прочности. Уровень безопасности для каждого предельного

состояния должен быть подтвержден выполнением условия, что нагрузочный эффект от сочетания нагрузок с соответствующими коэффициентами надежности и сочетаний не превышает расчетную величину несущей способности.

## **8 Нагрузки и нагрузочный эффект**

### **8.1 Общие положения**

Нагрузки и нагрузочный эффект, которые должны быть определены при проектировании, зависят от условий окружающей среды на площадке строительства, а также от уровня надежности сооружения, назначенного при проектировании. Рекомендации по расчету нагрузок и факторов нагрузочного эффекта содержатся в стандартах ИСО 19900, ИСО 19901-1, ИСО 19901-2, ИСО 19902, ИСО 19903 и ИСО 19904-1.

Волновые и ветровые нагрузки, нагрузки от воздействия течений, ледовые и сейсмические нагрузки определяются в соответствии с требованиями стандартов ИСО 19901-1, ИСО 19901-2, ИСО 19902, ИСО 19903 и ИСО 19904-1. Основные положения для расчета ледовых нагрузок и их сочетаниям с другими типами нагрузок даны в 7.2.4 с учетом дополнительных требований раздела 8.

При проектировании арктических морских сооружений необходимо рассмотреть глобальные нагрузки – с точки зрения обеспечения общей целостности сооружения, основания и системы позиционирования, и локальные ледовые нагрузки – применительно к структурным элементам или конструкциям сооружения.

При проектировании нагрузки должны определяться для всех этапов расчетного срока эксплуатации, включая строительство, транспортировку, установку и вывод из эксплуатации. Необходимо учитывать возможное увеличение веса и смещение центра тяжести из-за обледенения в процессе монтажа (если монтаж выполняется в арктических районах) и транспортировки. Возможные отклонения должны определяться в зависимости от времени года и географической зоны. При проектировании должны учитываться скачки напряжений и внутренние



напряжения, возникающие из-за разности температур сооружения и окружающей среды на площадке установки.

Сооружения или элементы, подверженные ледовым воздействиям с годовой вероятностью превышения, большей значения, определенного в 7.2.2.4 для сооружений соответствующей категории сложности, должны проектироваться с учетом ледовых нагрузок. При отсутствии необходимых данных о возможных ледовых воздействиях ледовые нагрузки должны учитываться при проектировании, если возможность таких воздействий оценивается как значимая. В этом отношении должны приниматься во внимание все реальные сценарии воздействий, обладающие потенциалом неблагоприятных последствий. Также должны быть учтены требования 8.3.1.4 для оценки перемещения льда под действием волн.

## **8.2 Ледовые нагрузки**

### **8.2.1 Общие принципы расчета ледовых нагрузок**

Ледовые нагрузки прямого действия, а также нагрузки, возникающие при взаимодействии льда и сооружения, должны рассматриваться с точки зрения глобального и локального масштабов своего действия. К таким нагрузкам относятся:

- статические, квазистатические, циклические и динамические нагрузки (с нормативными значениями на уровне EL и AL);
- циклические и динамические нагрузки, которые могут вызвать усталостное разрушение конструкций, разжижение грунтов основания, а также создать неблагоприятные условия для работы персонала;
- нагрузки пространственного действия, такие как дробление льда, нагромождения, образование навалов и другие подобные явления, которые могут помешать выполнению операций различного вида.

Для возможности оценки целостности сооружения величина глобальной ледовой нагрузки и точка ее приложения должны определяться в соответствии с 8.2.4. Соответствующий анализ должен учитывать сопротивление сдвигу и опрокидыванию, несущую способность фундамента, факторы усталостного

разрушения и разжижения основания фундамента. Локальные нагрузки должны учитываться в соответствии с 8.2.5.

Для определения расчетных ледовых нагрузок на морские сооружения должны использоваться методы, основанные на данных, получаемых в натурных условиях с помощью измерений на оборудованных контрольно-измерительной аппаратурой сооружениях. Необходимо проводить оценку применимости выбранных методов для данных условий и учитывать неопределенность в данных и методах их интерпретации. При отсутствии данных по ледовым нагрузкам для рассматриваемого района строительства результаты измерений, выполненных в других районах, могут экстраполироваться на основе общей информации по ледовому режиму, гидрометеорологическим параметрам, климату, объемному содержанию рассола и характеристикам прочности льда. Для повышения надежности процедуры экстраполяции могут использоваться данные по кубиковой прочности льда, полученные непосредственно на площадке строительства. Результаты физического моделирования и испытания на маломасштабных моделях – с учетом должным степени неопределенности – также могут использоваться в качестве дополнения к данным полномасштабных измерений.

Более детальные требования по расчету ледовых нагрузок приведены в 10.3 для искусственных островов, в 14.4 для плавучих сооружений и в 14.3 для подводных сооружений.

### **8.2.2 Нормативные значения ледовых нагрузок**

Расчеты должны выполняться на воздействие ледяных образований, порождающих нагрузку экстремального уровня (ELIE) и аномального уровня (ALIE), как установлено в 7.2.2.3 и 7.2.2.4

Нормативные значения ледовых нагрузок для ELIE и ALIE должны рассчитываться с использованием либо вероятностных, либо детерминистических методов.

### **8.2.3 Сценарии ледовых воздействий**

При определении расчетных ледовых нагрузок необходимо учитывать:

– соответствующие сценарии ледовых воздействий (расчетные ситуации), схемы воздействия (механизмы ограничения ледовых нагрузок) и механизмы разрушения льда, свойственные географическому местоположению проектируемого сооружения, принимая во внимание положения 8.2.4, 8.2.5, 8.2.6 и 8.2.8;

– конфигурацию сооружения и соответствующие сценарии эксплуатации, включая сезонные работы, систему обнаружения льдов, систему активного воздействия на ледовую обстановку, для плавучего сооружения – маневрирование и отсоединение, принимая во внимание положения 8.2.7.

Экстремальное ледовое событие (ELIE) и аномальное ледовое событие (ALIE) должны определяться для каждого учитываемого сценария ледового воздействия. Если для определенного сооружения возможны несколько сценариев ледового воздействия, то при проектировании для каждого предельного состояния должен рассматриваться сценарий с максимальным значением ледовой нагрузки. В зависимости от условий на площадке строительства могут рассматриваться сценарии взаимодействия сооружений со следующими ледяными образованиями:

- однолетние ледяные образования (ровный лед, наслоенный лед, припайный лед, плавучие льды, гряды торосов, ледяные нагромождения, всплывшие стамухи);
- многолетние ледяные образования (ровный лед, плавучие льды, гряды торосов, поля торосистого льда);
- айсберги;
- ледяные острова, фрагменты шельфового льда).

Первоначальная информация для определения сценариев ледовых воздействий содержится в Приложении Б, где дается краткая характеристика ледового режима для различных акваторий. Относительная значимость того или иного из возможных сценариев должна определяться с учетом конфигурации сооружения.

Необходимо учитывать следующие дополнительные факторы, которые могут оказывать влияние на уровень нагрузок от ледовых воздействий или на характер взаимодействия:

- сезонность;
- морские течения, включая приливные явления;
- ветер;
- волны;
- глубину моря.

#### **8.2.4 Глобальные ледовые нагрузки**

Определение глобальных ледовых нагрузок должно выполняться с помощью методов, которые основаны на полномасштабных измерениях, модельных испытаниях (если они могут быть масштабированы с необходимой степенью надежности) или теоретических подходах (аналитических или численных), которые были верифицированы с использованием данных, полученных в экспериментах или полномасштабных измерениях. При определении ледовых нагрузок необходимо рассмотреть каждую из следующих расчетных ситуаций и найти определяющую:

- квазистатическое воздействие ровного льда (однолетний, наслоенный и многолетний лед), когда влиянием инерционных эффектов в морском сооружении можно пренебречь:

- динамические нагрузки, обусловленные ровным льдом (однолетний, наслоенный и многолетний лед), когда влияние инерционной нагрузки на сооружение становится значимым и требуется проведение динамического анализа;

- квазистатические ледовые нагрузки, обусловленные восторошенным ледяным полем и грядами торосов, когда влиянием инерционной нагрузки на морское сооружение можно пренебречь;

- воздействие отдельных ледовых образований, например, айсберги, ледовые острова и крупные образования многолетних или однолетних льдов;

- квазистатические нагрузки от ледяных образований, наваливающихся на морское сооружение под действием окружающего льда или непосредственно под действием факторов внешней среды;

- воздействие наледи, включая условия смерзания;
- влияние температурных нагрузок.

Должны быть рассмотрены следующие схемы воздействия ледяного покрова на сооружение, ограничивающие нагрузки:

– «предельное напряжение» – соответствующая схема воздействия применяется в случае, когда запас кинетической энергии или величина движущей силы достаточны для полного внедрения сооружения в ледяной покров и ледовое воздействие осуществляется по всей ширине сооружения. В рамках схемы «предельное напряжение» может происходить непосредственное разрушения льда около контура сооружения, разрушения надвигающегося льда на внешней границе или внутри ледяного нагромождения, неподвижно примыкающего к сооружению, разрушение льда посредством потери устойчивости или трещинообразования;

– «предельная энергия» – соответствующая схема воздействия применяется в случае, когда запас кинетической энергии надвигающегося ледяного образования ограничен и, как правило, окружающие льды отсутствуют. Такие ситуации наиболее вероятны при ударах айсбергов, всплывших стамух, многолетних ледяных полей и ледяных островов;

– «предельная сила» – соответствующая схема воздействия применяется в случае, когда надвигающееся ледяное образование находится под действием факторов окружающей среды, но величина результирующей силы недостаточна для реализации локального разрушения ледяного образования вдоль всей ширины сооружения. Такие ситуации наиболее вероятны при взаимодействии с сооружением больших ледяных образований, находящихся под действием ветра, течений, давления дрейфующего льда или комбинации указанных факторов.

При расчете глобальных нагрузок для каждой из вышеперечисленных схем воздействия ледяного покрова на сооружение должны учитываться различные механизмы разрушения льда: смятием, срезом, изгибом, растрескиванием, потерей устойчивости. При определении ледовых нагрузок в соответствии с рассматриваемыми расчетными сценариями, ледовыми условиями и лимитирующими механизмами должны учитываться следующие факторы:

– частота события;

- геометрические параметры ледяных образований;
- геометрические параметры морского сооружения;
- собственная и присоединенная масса ледяных образований;
- механические свойства льда (ледяных образований);
- смерзание ледяного покрова с сооружением;
- инерционные эффекты как для ледяных образований, так и для сооружения;
- скорость и направление движения ледяных образований;
- условия сжатия ледяного покрова;
- образование навала из ледяных обломков перед сооружением (опасность вторжения льдов на палубу, требования к высоте надводной части, передача нагрузок на сооружение);
- очищение периметра сооружения ото льда;
- заторы льда между колоннами многоопорного сооружения;
- податливость и демпфирующие свойства сооружения и системы заякорения;
- динамические и гидродинамические эффекты;
- трение между льдом и поверхностью сооружения;
- температурные эффекты в ледяном покрове;
- воздействие ветра, течений и давления дрейфующего льда, формирующих движущую силу для ледяных образований, их длительность и постоянство;
- морфометрические характеристики поверхности ледяного покрова и наличие снега на льду;
- влияние отмелей и других препятствий.

### **8.2.5 Локальные ледовые нагрузки**

Расчет локальных ледовых нагрузок должен выполняться на основе соответствующих полномасштабных измерений или общепризнанных теоретических методов. В расчетах нагрузок должны учитываться природные особенности площадки строительства и изменчивость уровня воды.

Согласно 7.2.2.3 и 7.2.2.4 локальные ледовые нагрузки должны рассчитываться для всех элементов морского сооружения, обеспечивающих его общую целостность и устойчивость, а также для элементов, повреждение которых может привести к прогрессирующему разрушению конструкции. Для стальных сооружений локальные нагрузки должны использоваться в расчетах шпунтовых свай, оснований, ребер жесткости (шпангоутов), рам и подпорных стенок. Для бетонных конструкций локальные нагрузки должны учитываться при расчете толщины стенки, армирования и для оценки истирающего действия льда (см. раздел 12). Независимо от материала конструкции, на локальные нагрузки должны быть рассчитаны угловые элементы, зоны конструктивных разрывов и выступающие части сооружения в том случае, если они обеспечивают общую целостность конструкции.

Расчетные контактные зоны должны выбираться на основе локальных особенностей конфигурации сооружения, включая интервалы между шпангоутами, толщину панелей и размеры выступающих частей. Выбор размеров и местоположения контактных зон должен обеспечивать рассмотрение наиболее критических случаев.

В расчетах на локальные ледовые нагрузки необходимо учитывать нагрузочные эффекты от глобальной нагрузки на смежных панелях или участках сооружения.

#### **8.2.6 Динамические ледовые нагрузки**

При проектировании необходимо учитывать динамический характер ледовых нагрузок и соответствующие вызванные воздействием льда вибрации. Необходимо также оценивать возможность увеличения ледовых нагрузок вследствие возможной синхронизации частоты процесса разрушения ледовых образований и собственной частоты сооружения. Особое внимание должно уделяться динамическим воздействиям от льда на узкие и податливые сооружения, а также на сооружения с вертикальными гранями, подверженными ледовому воздействию. Необходимо учитывать возможность усталостного разрушения конструкций и повреждение

грунтового основания сооружения в результате воздействия динамических ледовых нагрузок.

### **8.2.7 Оперативные мероприятия по уменьшения ледовых нагрузок**

Для уменьшения ледовых нагрузок на стационарные, плавучие и подводные сооружения могут использоваться различные оперативные мероприятия, при условии, что в сочетании со структурной прочностью сооружения достигается заданный уровень надежности. Оперативные мероприятия включают в себя управление ледовой обстановкой, процедуры отсоединения и ухода с точки (для плавучего сооружения), расчистку снежных и ледовых накоплений, устройство ледяных нагромождений и барьеров из льда, намороженного распылением, а также сезонные мероприятия. Система управления ледовой обстановкой может использоваться для изменения ледового режима путем уменьшения размеров плавучих льдов и разрушения или перемещения других потенциально опасных ледяных образований, а также за счет локального снижения концентрации льда.

При необходимости должны выполняться расчеты ледовых нагрузок от воздействия обработанного льда.

Уменьшение расчетных нагрузок для ELIE и ALIE должно быть обосновано изменением величины и частоты ледовых воздействий для всех учитываемых сценариев. Эффективность оперативных мероприятий должна основываться на практическом опыте. Используемый подход должен учитывать неопределенность в исходных данных и методах моделирования.

### **8.2.8 Физические и механические свойства льда**

При расчете ледовых нагрузок должны учитываться соответствующие физические и механические свойства льда. Необходимо учитывать следующие факторы:

- свойства льда должны соответствовать рассматриваемому географическому положению и сезону строительства сооружения;



- должны использоваться соответствующие данные полномасштабных испытаний с учетом их применимости;
- испытания свойств льда должны выполняться с учетом общепринятых практических методов, см. А.8.2.8 (Приложение А);
- при условии подтверждения надежности, можно применять методы прогнозирования механических свойств льда исходя из его физических свойств;
- результаты полевых и лабораторных испытаний на образцах должны использоваться с осторожностью.

При интерпретации и корректировки данных полномасштабных испытаний для расчета ледовых нагрузок могут использоваться следующие параметры:

- прочность на одноосное сжатие и сдвигу;
- сопротивление на изгиб;
- прочность на растяжение;
- коэффициент трещиностойкости;
- трение;
- прочность смороженного слоя;
- коэффициент сцепления и угол внутреннего трения битого льда;
- модуль упругости;
- плотность.

### **8.3 Нагрузки от гидрометеорологических факторов**

#### **8.3.1 Гидрометеорологические воздействия на морские сооружения**

##### **8.3.1.1 Общие положения**

Гидрометеорологические нагрузки на морские сооружения подробно рассматриваются в стандарте ИСО 19901-1. В данном разделе представлены лишь дополнительные требования к морским сооружениям, расположенным в арктических районах. Они относятся к следующим трем категориям:

- воздействие обледенения на конструкции морского сооружения, его отдельные элементы и палубы, расположенные выше ватерлинии;

- определенные формы конструкций, используемые в таких условиях окружающей среды;
- локальные ледовые нагрузки, вызванные воздействием волн.

### 8.3.1.2 Обледенение морского сооружения

#### 1) Общие положения

При расчетах на экстремальное ледовое воздействие (ELIE) и аномальное ледовое воздействие (ALIE) необходимо учитывать возможность обледенения. Обледенение сооружений или отдельных элементов может быть вызвано туманом, ледяным дождем, водой, оставшейся на палубе при захлесте волны, брызгами волн или приливными явлениями. Обледенение приводит к изменению аэродинамических и гидродинамических свойств, статической устойчивости и динамической податливости морского сооружения. Обледенение также может привести к изменению плавучести и остойчивости плавучих сооружений.

Обледенение может оцениваться следующими показателями: толщина, объем и масса намерзшего на сооружение льда. Такие оценки могут быть получены по результатам наблюдений за обледенением на аналогичных сооружениях, эксплуатирующихся в районах с похожими климатическими условиями, или с помощью теоретических моделей. Используемые теоретические модели должны быть соответствующим образом верифицированы по данным наблюдений.

#### 2) Нагрузки от волн и течений

При проектировании необходимо учитывать влияние обледенения на величину нагрузок от волн и течений. Обледенение может значительно увеличить уровни нагрузок от волн и течений на морское сооружение из-за изменения площади парусности, объема и шероховатости поверхности.

Обледенение на морском сооружении может привести к значительному увеличению площади парусности и объема на уровне средней ватерлинии и выше. Это также может привести к увеличению шероховатости номинально гладких

цилиндрических поверхностей. Такие ситуации должны учитываться для площадей парусности, объемов и коэффициентов лобового сопротивления, используемых для расчета нагрузок от воздействия окружающей среды. Любое из этих воздействий может привести к существенному увеличению нагрузок по сравнению со случаем отсутствия обледенения. Рекомендации по выбору коэффициентов лобового сопротивления для уравнения Морисона даны в стандарте ИСО 19902. Рекомендации по использованию дифракционного анализа для широких в плане сооружений даны в стандартах ИСО 19903, ИСО 19904-1 и ИСО 19902. При использовании гидродинамических расчетов, соответствующий метод должен проверяться на основе высококачественных модельных испытаний.

### 3) Ветровые нагрузки

В расчетах ветровых нагрузок также необходимо учитывать обледенение морского сооружения. Влияние обледенения на лобовое сопротивление из-за воздействия ветра должно оцениваться тем же методом, что и лобовое сопротивление в уравнении Морисона при воздействии волн и течений, как определено в 8.3.1.2 пункт 2).

### 4) Динамический и статический отклик

Обледенение может влиять на динамические и статические отклики конструктивных элементов сооружения, дополнительных приспособлений и сооружения в целом. Поэтому при проектировании необходимо учитывать следующие факторы:

- нагрузки, вызывающие динамические отклики, должны корректироваться в соответствии с 8.3.1.2 пункты 1) и 3);
- аналогичным образом должны корректироваться числа Струхала при оценке вызываемых срывом потока вибраций отдельных элементов морского сооружения;
- изменения массы отдельных элементов и систем, присоединенных масс, а также смещение их положения вследствие обледенения. Необходимо исследовать

влияние этих факторов на дополнительную вертикальную нагрузку, устойчивость, равновесное состояние, увеличение осадки и уменьшение восстанавливающего момента для плавучего морского сооружения.

#### 8.3.1.3 Факторы, которые необходимо учитывать для крупных сооружений

Нелинейные факторы, влияющие на повышение или понижение уровня воды под сооружением, опирающимся на широкие колонны, трудно оцениваются в рамках теоретических подходов. Для стационарных арктических сооружений фокусировка волн вследствие наличия широких сооружений типа кессонов или грунтовых островов дополнительно усложняет картину взаимодействия волн с морским сооружением. Для оценки необходимого воздушного зазора под палубой платформы должны быть выполнены соответствующие модельные испытания.

Специальные расчеты волновой нагрузки необходимо проводить для ледостойких сооружений с наклонными гранями или конической формы.

#### 8.3.1.4 Высота надводного борта и палубы

Возвышение палубы, высота надводного борта сооружения и волноотбойников, а также ледовых дефлекторов должны рассчитываться с учетом вызванного волнами повышения уровня поверхности воды и опасности воздействия ледяных обломков. Необходимо учитывать явление обледенения на элементах и конструкциях сооружения, на нижней поверхности палубы верхнего строения и на опорном блоке. При конструировании стояков, кессонов, J-образных труб и других дополнительных элементов необходимо минимизировать риск воздействия обледенения. Дополнительные рекомендации приведены в 15.1.1.3. Нелинейный характер взаимодействия волн с сооружением может приводить к повышению уровня поверхности воды вокруг сооружения. По этой причине лед может воздействовать на сооружение на высоте, значительно превышающей расчетный уровень. Необходимо учитывать зону ледового пояса и проектировать с учетом данного фактора.

### 8.3.2 Скорость ледовых образований под действием волн

Набегающие волны и течения оказывают влияние на скорость ледяных образований, соударяющихся с морским сооружением, и должны учитываться при проектировании. Выбор метода, используемого для оценки скорости, зависит от соотношения длины набегающей волны и пространственных размеров ледяного образования и сооружения.

Скорость отдельных льдин с максимальными размерами менее  $1/15$  длины набегающей волны можно принять с запасом как равную скорости частиц воды. Для льдин большего размера скорости могут быть определены путем решения уравнений их движения с учетом воздействия ветра, волн, а также нагрузок от течений. Для льдин с пространственными размерами менее  $1/5$  длины набегающей волны величины соответствующих воздействий могут рассчитываться исходя из формулы Морисона, записанной в терминах относительной скорости. Для больших ледяных фрагментов при расчете волнового воздействия можно использовать дифракционный анализ. Для оценки воздействий и результирующих скоростей также могут использоваться методы вычислительно гидродинамики или испытания на моделях.

Наличие подводных склонов и переменность глубин моря могут приводить к фокусированию и увеличению крутизны набегающих волн вследствие рефракции. Если вершины подводных насыпей или кессонов расположены на глубине менее половины длины набегающих волн, то их присутствие необходимо учитывать в расчетах.

#### П р и м е ч а н и я

1 Если размеры льдины или сооружения составляют  $1/15$  длины набегающей волны или более, то вышеуказанный подход становится менее точным и при его использовании могут быть получены завышенные значения скорости льдины, движимой набегающей волной.

2 Ледовые образования небольшого размера могут воздействовать на сооружения с повышенной скоростью из-за воздействия разбивающихся волн. Аналогичные ситуации могут также иметь место на мелководье рядом с берегом из-за воздействия прибойных волн. Кроме того, такие ситуации могут иметь место для сооружений с пологими склонами, например, для искусственных островов и протяженных берм.

## **8.4 Сейсмические нагрузки**

### **8.4.1 Общие положения**

Морские сооружения в арктических районах должны рассчитываться на воздействие землетрясения экстремального уровня (ELE) и аномального уровня (ALE) в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19901-2. Кроме того, стальные сооружения должны соответствовать требованиям стандарта ИСО 19902, а бетонные сооружения должны соответствовать требованиям стандарта ИСО 19903. В настоящем стандарте требования по оценке сейсмических нагрузок и воздействий для оснований даны в 9.4.4, для искусственных островов – в 10.4, для стальных сооружений – в 11.7, для бетонных сооружений – в 12.3.5, для подводных сооружений – в 14.5 и для верхних строений – в 15.3.

Ледовые и сейсмические воздействия могут рассматриваться как статистически независимые. Сочетание ледовых и сейсмических воздействий необходимо выполнять с помощью оценки вероятности их одновременного действия, с учетом продолжительности этих воздействий.

### **8.4.2 Сопутствующие сейсмические нагрузки**

Вероятность одновременного действия расчетных ледовых нагрузок уровней AL и EL, имеющих очень короткую продолжительность, и сейсмических нагрузок могут быть очень низкими. В этих случаях не требуется учитывать сопутствующие сейсмические нагрузки для ледовых нагрузок ELIE и ALIE.

### **8.4.3 Сопутствующие ледовые нагрузки**

Если морские сооружения в арктических районах рассчитываются на воздействие землетрясения экстремального уровня (ELE) и аномального уровня (ALE), то должны учитываться сопутствующие ледовые нагрузки. Вероятность одновременного действия расчетных землетрясений и кратковременных ледовых воздействий очень низка. Соответственно, учитываемые в качестве сопутствующих ледовые нагрузки должны рассматриваться только в виде долговременных нагрузок. Сопутствующие нагрузки в таблице 7.2 могут не учитываться, если удастся

определить совместное вероятностное распределение сейсмических и ледовых нагрузок.

#### **8.4.4 Факторы, влияющие на сейсмические нагрузки и нагрузочные эффекты**

При определении сопутствующих ледовых нагрузок необходимо учитывать относительные скорости морского сооружения и льда.

При выполнении расчетов на сейсмическую нагрузку при определении общей массы сооружения необходимо учитывать явление обледенения, а также смерзшиеся с сооружением припайный лед или опирающееся на грунт ледяное нагромождение. Локально образующиеся связи могут приводить к изменению спектра частот системы и потенциальному увеличению локальных и глобальных нагрузок.

Наличие окружающего ледового покрова должно также учитываться при расчете гидродинамической присоединенной массы.

#### **8.4.5 Сейсмическая изоляция и демпфирующие системы**

Для обеспечения требований настоящего стандарта при проектировании арктических морских сооружений могут использоваться сейсмоизолирующие и демпфирующие системы различного типа, при условии, что они обеспечивают надежную эксплуатацию при расчетных условиях окружающей среды. Дополнительные требования к сейсмоизолирующим и демпфирующим системам даны в 15.3.5.

## **9 Проектирование оснований**

### **9.1 Общие положения**

Основания морских сооружений в арктических и других регионах с холодным климатом требуют сверх принятой морской геотехнической практики рассмотрения ряда факторов, которые могут влиять на надежную эксплуатацию морского сооружения. Давление льда может достигать значений, вызывающих появление больших горизонтальных нагрузок. В зависимости от формы морского сооружения

ледовые нагрузки могут быть эксцентрическими и циклическими с величинами, частотами и продолжительностью действия, отличающимися от нагрузок, вызванных другими внешними условиями, такими как волны и землетрясения. Упомянутые ледовые нагрузки и комбинации результирующих нагрузок являются следствием того, что формы морских сооружений для арктических морей могут отличаться от форм морских сооружений, спроектированных для вод умеренного климата.

Климат (в прошлом и в настоящем) является причиной появления и распространения многолетнемерзлых пород даже в глубоких водах некоторых арктических и других регионов с холодным климатом. Выявление и определение характеристик многолетнемерзлых пород становится частной задачей исследований грунта и может требовать проведения специальных экспертиз и процедур отбора проб. В проектах должна быть рассмотрена устойчивость мерзлого грунта в течение всего срока службы морского сооружения. Разведка и добыча углеводородов, также как и сами морские сооружения, могут приводить к постоянным или циклическим изменениям температуры многолетнемерзлых пород. Пониженные температуры грунта также увеличивают вероятность присутствия газовых гидратов на относительно мелких глубинах в регионах с холодным климатом.

Кроме того, арктические грунты и грунты регионов с холодным климатом подвергались ледниковому воздействию в недавней геологической истории. По этой причине вероятность выявления гальки и гравия в определенных геологических структурах возрастает. Текущие геологические процессы, такие как пропахивание морского дна ледовыми образованиями, могли изменить не только топографию морского дна, но и повлиять на свойства грунта и нагрузку на заглубленные части сооружений и трубопроводов.

В отдельных прибрежных арктических районах встречаются плавунные, или высокочувствительные, глины. Плавунные глины характеризуются повышенным естественным содержанием влаги, существенно превышающим значения, соответствующие пределу текучести грунта, и в результате грунт обладает малым значением сопротивления сдвигу.



## 9.2 Изыскания на объекте

### 9.2.1 Цели и область изысканий

Инженерно-геологические изыскания должны производиться для всех морских сооружений в арктических и других регионах с холодным климатом. Целью изысканий является получение батиметрических, геофизических и геотехнических данных, необходимых для составления характеристики инженерно-геологических условий и определения характеристических свойств материалов.

При проведении инженерно-геологических изысканий следует принимать во внимание следующее:

- тип морского сооружения и нагрузку на основание;
- размеры сооружения;
- свойства морского дна;
- типы грунтов, подстилающих морское дно;
- условия в прилегающем районе и в регионе в целом;
- данные предыдущих изысканий в данном регионе;
- накопленные данные по условиям эксплуатации уже построенных в данном регионе морских сооружений;
- чувствительность геологических элементов к разжижению.

Изыскания должны выполняться соответствующим персоналом, квалифицированным в области геологии, геофизики, изучения ледовых структур, сейсмологии и геотехники. Изыскания также должны включать в себя оценку всех существующих инженерно-геологических данных.

Необходим учет и исследование следующих потенциальных геологических рисков: ледовых борозд, песчаных гряд, галечных подушек, подводных неустойчивых уклонов поверхности, разломов, выделений мелкозалегающего газа, оседаний, грязевых вулканов, газовых гидратов, многолетнемерзлых пород и сдавленных геологических пластов.

Изучение грунтов в арктических и других регионах с холодным климатом требует дополнительного сбора данных для гарантий того, что основание

сооружения может быть спроектировано должным образом, в особенности с учетом динамических свойств грунтов. Это включает в себя проведение специального геофизического и геотехнического изучения по рекомендациям, представленным в А.9 (Приложение А).

Изыскания также должны охватывать геологические условия морского дна как близлежащих, так и отдаленных районов.

В составе проекта морского сооружения изыскания по региону в целом должны включать в себя следующие аспекты:

- батиметрия;
- геология поверхности;
- геология подстилающих пород;
- риски, связанные с проявлением сейсмической активности;
- устойчивость откосов и вероятность подвижек больших масс;
- присутствие ледовых углублений;
- присутствие осадочных и эрозионных процессов.

Изыскания непосредственно на площадке должны быть направлены на решение местных задач, связанных со следующими аспектами:

- подробная батиметрия морского дна;
- подробная стратиграфия грунтов и скальных пород;
- устойчивость и перемещения основания;
- местная устойчивость откосов;
- подвижки отложений, связанных с сооружением;
- присутствие и влияние ледовых впадин, валунов, многолетнемерзлых

пород, газовых гидратов и мелких разломов.

Характеристики прилегающей территории должны быть определены посредством оценки подробных количественных и качественных данных соответствующих батиметрических и геоморфологических особенностей, геологических процессов и геотехнических параметров, которые могут повлиять на проект морского сооружения. Размеры площадки изысканий и глубина

геологического бурения должны быть сопоставимы с размером, зонами влияния и допусками на перемещение проектируемого морского сооружения, а также со сложностью проведения инженерно-геологических изысканий.

Изыскания на площадке должны включать в себя, как минимум:

- батиметрические изыскания;
- геофизические изыскания, включающие установление границ ледовых борозд там, где это необходимо;
- геотехнические изыскания.

### **9.2.2 Батиметрические изыскания**

Батиметрические данные должны быть получены для предоставления информации о рельефе и профиле морского дна и могут помочь в построении вероятных схем ледовых образований, которые могут воздействовать на морские сооружения.

Батиметрия должна определяться методами, принимающими в расчет водоизмещение судна, колебания уровня приливов и другие факторы, которые могут повлиять на определение локальных и связанных с этим данных. Точность и правильность методов и проводимых изысканий должны соответствовать требованиям проекта морского сооружения.

Площадь, объем и ориентация изысканий должны соответствовать целям исследований и их виду (для близлежащих или дальних территорий) и должны в достаточной мере определять батиметрию и морфологию.

### **9.2.3 Геофизические изыскания**

Данные геофизических изысканий должны быть получены для определения и установления границ соответствующих геологических структур, как это описано в 9.2.1. Геофизические данные должны интерпретироваться совместно с имеющимися в наличии батиметрическими и геотехническими данными, позволяющими проверять и подтверждать друг друга.

В соответствии с инженерно-геологическими условиями и целями использования, геофизическое оборудование должно выбираться с высокой

разрешающей способностью. Методы и оборудование для геофизической разведки с высоким разрешением следует выбирать с учетом инженерно-геологических условий и целей.

Площадь, объем и ориентация геофизических изысканий должны соответствовать целям исследований и их типу (площадные или региональные), а также характеристикам морского дна.

Дополнительные особенности, касающиеся арктических и других регионов с холодным климатом, включают в себя: глубину, частоту встречаемости и распределение борозд от ледового пропахивания дна, а также присутствие многолетнемерзлых пород и газовых гидратов. В районах многолетнемерзлых пород следует рассмотреть возможность использования специальных методов и технологий проведения геофизических изысканий.

#### **9.2.4 Геотехнические изыскания**

Программа геотехнических изысканий должна быть принята на основе геологических и геофизических данных. Изыскания должны включать в себя: бурение скважин и отбор керна, проведение полевых и лабораторных испытаний.

Геотехнические изыскания должны покрывать всю исследуемую территорию и затрагивать все значимые для морского сооружения скальные и грунтовые слои. Особое внимание должно быть уделено определению расположения и свойствам поверхностных грунтов, так как относительно тонкие слои непрочных грунтов и грунтов морского дна могут значительно влиять на устойчивость основания и относительный вес морского сооружения. Изыскания также должны покрывать зону ожидаемых термических возмущений для районов с присутствием многолетнемерзлых пород. Также особое внимание должно быть уделено отбору керна в многолетней мерзлоте для снижения вероятности термического или механического разрушения хрупких пород.

#### **9.3 Характерные свойства материалов**

Характерные прочностные и деформационные свойства должны быть определены для всех слоев грунта и для соответствующего ряда температур и

напряжений, принимаемых из истории нагружения, анизотропии материала и дислокации грунтов.

Отдельное внимание должно быть уделено определению прочности грунтов основания, которая зависит от дилатансии (явления увеличения объема грунта при изменении напряжения сдвига) и, следовательно, от перемещения основания. Аналогично, должно быть рассмотрено снижение критического напряжения и вероятности прогрессирующего разрушения.

Выбранные характерные свойства материала должны соответствовать условиям, в которых они применяются. Границы применимости конкретных параметров или применяемых условий должны быть четко обозначены.

При необходимости, должно быть определено влияние циклических нагрузок, вызываемых гидродинамическими и ледовыми воздействиями на сооружение, а, следовательно, и на грунт основания, на прочностные характеристики и жесткость грунтов.

Влияние направления усилий и периода нагружения на свойства грунта должно быть учтено при проектировании. Также в проекте должно быть рассмотрено воздействие термических условий до начала и в процессе эксплуатации.

## **9.4 Некоторые аспекты проектирования**

### **9.4.1 Общие положения**

В проекте оснований морских арктических сооружений и сооружений в других районах холодных климатических зон должны быть приняты во внимание следующие дополнительные факторы:

- потенциальное присутствие многолетнемерзлых пород и газовых гидратов в морском дне;
- потенциальные перепады рельефа морского дна и грунтов, обусловленные перепахиванием дна:
- потенциально возможное примерзание льда ко дну на мелководье;

— потенциально возможные пропахивания дна вокруг морского сооружения, обусловленные наличием стамух и движениями материкового льда.

При проектировании необходимо учитывать предельное равновесие между сдвигающими силами и силами сопротивления с использованием методики частных коэффициентов надежности. В рамках настоящего стандарта приемлемыми являются оба подхода к расчету сил сопротивления — с использованием коэффициентов надежности по материалу и по несущей способности, поскольку и тот, и другой соответствуют формату и методологии обеспечения безопасности, которые содержатся в соответствующих нормативных документах по проектированию фундаментов различного типа.

Геотехническая разработка фундамента зависит от степени и надежности основных данных по грунтам, их интерпретации, методики проведения анализа, типа сооружения, типа нагрузок, мониторинга и технического обслуживания. Анализ всего этого влияет на выбор нагрузки, сопротивления, коэффициентов материалов и комбинации нагрузок.

Перенос нагрузок от сооружения на близлежащий грунт необходимо проанализировать для всех предельных состояний и всех фаз в течение расчетного срока службы сооружения, включая при необходимости ликвидацию сооружения.

Чувствительность результатов расчетов должна быть проанализирована должным образом путем вариаций предположений, сделанных при построении модели, а также вариаций свойств материалов, статических и динамических воздействий.

При анализе взаимодействия между грунтом и сооружением следует оценить, нужно ли учитывать жесткость сооружения. Анализ должен быть основан на выбранных соответствующим образом деформационных свойствах грунта.

Следует рассмотреть все существенные нагрузки от льда и сопутствующие воздействия окружающей среды, включая стабильность прилегающих склонов морского дна. Также следует рассмотреть вероятность взаимодействия сооружений друг с другом.

Характерные условия дренажа должны быть определены для рассматриваемых задач.

Там где ожидается или доказано существование многолетней мерзлоты или газовых гидратов, в конструкции фундамента должны быть сделаны соответствующие допуски на эти условия. Рекомендуется избегать районов, в которых отложения грунта содержат газовые гидраты, которые могут повлиять на целостность сооружений. Необходимо учесть влияние таяния многолетней мерзлоты и газовых гидратов на прочность грунта и стабильность фундамента.

В районах с зонами подводной многолетней мерзлоты или в тех случаях, если разработка может привести к замерзанию грунтов, процесс конструирования должен включать тепловой анализ с оценкой влияния сооружения, его хранилищ и скважин на грунт. Такой анализ включает оценку оттаивания и замерзания грунта, анализ характеристики ползучести многолетней мерзлоты, оценка величины и зависимости от времени осадки фундамента и последствия уменьшения в зависимости от времени прочности на сдвиг фундамента в результате таяния.

Следует учитывать вероятность появления вокруг сооружения севших на мель обломков льда, которые могут инициировать дополнительные нагрузки, оказывать влияние на траекторию действия нагрузок и способствовать эрозии морского дна.

Конструкция должна учитывать потенциальное влияние ледовой эрозии на перепады рельефа морского дна и требования в отношении подготовки объекта. Ледовая эрозия также может повлиять на прочность и сжатие отложений, расположенных у поверхности.

Должны быть учтены результаты физических испытаний, дополненных численным моделированием, там, где существует неопределенность устойчивости новой конструкции основания и свойства грунта отличаются от свойств грунта на площадке, где уже применялась такая конструкция.

#### **9.4.2 Коэффициенты сочетания нагрузок**

При проведении расчетов необходимо определять комбинации нагрузок, которые порождают наиболее неблагоприятный результат для каждого

учитываемого механизма потери несущей способности и развития чрезмерных деформаций.

Для того, чтобы продемонстрировать, что расчетное сопротивление равно или больше, чем расчетный нагрузочный эффект, и что вследствие воздействия циклических нагрузок не могут возникнуть большие циклические или постоянные смещения, необходимо проверить выполнение учитываемых предельных состояний применительно к истории циклического нагружения.

#### **9.4.3 Коэффициенты надежности по материалу и несущей способности**

Можно использовать либо подход к коэффициенту запаса прочности материала или коэффициенту сопротивления. При проектировании следует использовать обоснованное инженерное мнение или уже готовые решения, применяемые на практике, для определения более подходящего подхода для каждой конкретной задачи. Там где целесообразно, конструкторы могут исследовать возможности применения обеих методик для определения, какой подход наиболее точно отвечает требованиям геотехнического конструирования.

При том, что коэффициент материала или сопротивления не может в целом быть ниже, чем 1,25, его можно модифицировать в отношении последствий разрушения, механизма разрушения и способа, в соответствии с которым была определена и выражена характеристическая прочность материала грунта. Следует учитывать признанную практику при выборе процедуры расчета и механизмов устойчивости.

Следует принять во внимание возможность повышения коэффициента запаса прочности материала или коэффициента сопротивления для новых типов сооружений и фундаментов или условий грунта, с которыми отсутствует опыт работы. Также следует использовать увеличенный коэффициент надежности, в случае когда изменчивость свойств площадки выше, чем это обычно бывает.

При расчете предельных состояний эксплуатационной надежности, усталости и прогрессирующего разрушения значения коэффициентов материалов и сопротивления должны составлять 1,0.



#### 9.4.4 Анализ влияния динамических нагрузок

В тех случаях, когда сооружение подвергается циклическим нагрузкам вследствие воздействия волн, сейсмических или ледовых явлений, должны учитываться влияния усиления циклических и динамических нагрузок. При исследовании динамических нагрузок, следует учитывать динамичность взаимодействия сооружения с грунтом, если нельзя доказать, что частота воздействия нагрузок такова, что фундамент можно рассматривать квазистатическим.

Следует отметить, что результаты могут быть чувствительными к колебаниям жесткости и демпфирующим свойствам грунта и сооружения. Поэтому необходимо уделить особое внимание диапазону вариаций свойств грунта.

Параметры грунта и методики расчетов должны выбираться в соответствии с динамикой воздействия нагрузок, включенной в анализ сооружения и уровней напряжений и деформаций, полученных в результате расчетов.

Должны быть проанализированы влияния циклических нагрузок на развитие и накопление порового давления и деформаций в грунте, и возникшее вследствие этого потенциальное снижение прочности на сдвиг. Должно быть учтено комбинированное влияние циклических нагрузок во время нескольких последовательных расчетных событий и эффекты последующей консолидации в течение определенного периода времени.

Воздействие на сооружение в ходе землетрясения должно рассчитываться на основе динамических свойств всех слоев грунта, влияющих на реакцию сооружения. Необходимо учитывать взаимодействие грунта и сооружения.

Морские сооружения в арктических и других регионах с холодным климатом должны проектироваться с учетом циклических нагрузок льда в дополнение к циклическим нагрузкам от волн. Разрушение льдов от взаимодействия с сооружением может привести к образованию циклических нагрузок на различных частотах в зависимости от жесткости сооружения и его основания.

#### **9.4.5 Максимальное предельное состояние**

Должно быть показано, что расчетное сопротивление грунта, находящегося под фундаментом и вокруг него, является достаточным для сопротивления влиянию расчетных нагрузок. Должна быть проведена оценка расчетного сопротивления в течение определенного периода времени.

Смещение фундамента вследствие влияния нагрузок должно быть учтено при проверке максимального предельного состояния самого сооружения или жизненно важного оборудования, такого как кондукторы, обсадные колонны и райзеры.

#### **9.4.6 Предельное состояние эксплуатационной надежности**

Должны вычисляться значения осадки, перепад осадки по площади фундамента и их развитие в течение расчетного срока службы сооружения. Вычисленные значения просадок и смещений не должны превышать определенных пределов, которые должны быть установлены заранее для каждого сооружения и его оборудования.

Оценка просадок и смещений должна включать, без ограничений, следующее:

- непосредственную просадку, уплотнение просадки, вторичное сжатие и оползание;
- перепад значений просадки по соответствующей площади сооружения;
- динамически и циклически инициированные просадки и деформации;
- горизонтальное смещение и наклон;
- потенциальную осадку фундамента вследствие истощения коллектора или разгерметизации;
- потенциальную осадку фундамента вследствие локального оттаивания в пласте многолетней мерзлоты.

Методики проведения анализа должны быть совместимы с ожидаемыми режимами и механизмами деформации и должны соответствовать плану эксплуатации сооружения, материалам фундамента и условиям воздействия нагрузок. Методики расчета величины деформаций могут основываться на

цифровом моделировании, эмпирических отношениях или результатах испытаний физических моделей или их комбинаций.

При прогнозировании эволюции просадок с течением времени должны учитываться условия дренажа и связанные с этим неопределенности, включая возможные предположения, относящиеся к водонепроницаемым компонентам сооружения и дренирующим пластам грунта.

Должно быть учтено влияние циклических нагрузок на свойства деформации грунта.

В регионах с многолетней мерзлотой тепловые влияния бурения и добычи углеводородов должны быть включены в анализ деформаций, чтобы рассматривать последствия таяния и консолидации многолетней мерзлоты и газовых гидратов. Данное влияние также может учитываться в других случаях проектирования. Должна учитываться вероятность коррозии, эрозии или другого ухудшения состояния фундамента и грунта в течение предполагаемого расчетного срока службы.

Должны учитываться последствия инфильтрации или сжатия мелкозалегающего газа.

#### **9.4.7 Предельное состояние усталости**

Там, где сооружения подвергаются регулярному ледовому воздействию, следует учитывать поведение фундаментов и склонов вследствие усталостных напряжений. Анализ усталостной прочности должен быть основан на свойствах грунта без коэффициента запаса с учетом циклического воздействия на жесткость и прочность грунтов. В 9.4.6 приведены соображения по методам оценки и проектирования.

#### **9.4.8 Аномальное предельное состояние**

Ледовые события аномального уровня определены в 7.2.2.4.

Фундамент, как и юбки основания или другие компоненты сооружения, предназначенные для переноса нагрузок на грунт, должны конструироваться таким образом, чтобы предотвратить локальное возникновение текучести в компонентах или зонах расширения в грунте, которые могут привести к разрушению.

При проведении динамического анализа применительно к прогрессирующему разрушению должен учитываться диапазон вероятных значений, относящийся к влиянию взаимодействий грунта – сооружения.

#### **9.4.9 Стабилизированные грунты**

Если грунты фундамента необходимо стабилизировать, следует провести испытания и анализ достаточные, чтобы доказать эффективность и долговечность таких мер, и на месте подтвердить свойства стабилизированного материала.

#### **9.4.10 Строительство и монтаж**

Порядок проведения строительных и монтажных работ должен быть разработан в соответствии с геотехническими параметрами и расчетными предположениями.

Фазы строительных и монтажных работ должны пройти инспекцию и быть записаны в соответствующих документах. Если в какое-либо время результаты инспекции покажут какое либо состояние фундамента, которое отличается от принятого при проектировании, необходимо провести ревизию или ремонтные работы, необходимые для удовлетворения требований настоящего международного стандарта.

### **9.5 Сооружения гравитационного типа**

#### **9.5.1 Общие положения**

Сооружения с гравитационным основанием должны проектироваться в соответствии со стандартами ИСО 19901-4 или ИСО 19903с учетом следующих факторов, порождаемых морскими арктическими условиями:

- эксцентриситет приложения нагрузки;
- изменение траектории нагрузки вследствие формирования нагромождения льда;
- распад газовых гидратов и накопление газа под фундаментами, последующее влияние на несущую способность в долгосрочной перспективе, а также методы снижения соответствующих рисков;
- многолетнемерзлые породы: наличие, воздействия, изменение.

### 9.5.2 Устойчивость

Общие теории несущей способности и сдвига необходимо использовать с осторожностью, и их следует учитывать только для геологических параметров, где показано, что условия грунтов относительно однородны и изотропны, где условия приложения нагрузок являются простыми, и где скорости воздействия нагрузок таковы, что значения порового давления воды могут быть четко определены. В таких случаях могут применяться общие теории несущей способности, как указано в стандарте ИСО 19901-4.

Общие теории несущей способности не должны применяться к фундаментам с большой площадью, подверженным воздействию комбинированных горизонтальных, вертикальных, мгновенных и скручивающих нагрузок, или к фундаментам, которые опираются на слоистые анизотропные грунты переменной прочности. Анализ таких комбинированных нагрузок / условий грунтов требует детального цифрового или физического моделирования.

При проведении анализа стабильности должно рассматриваться предельное равновесие кинематически возможных режимов смещения и деформации грунта.

Все потенциальные поверхности разрывов в массе грунта должны исследоваться с особым вниманием в отношении влияния слабых слоев или зон. Соппротивление скольжению может быть улучшено путем подходящей организации установки юбок с нижней стороны фундамента, которые передают нагрузки через более слабые грунты в нижележащие прочные грунты.

В условиях дренированного грунта следует предположить, что горизонтальные и вертикальные нагрузки действуют на эффективную площадь фундамента только для методов предельного равновесия. Эффективная площадь фундамента представляет собой уменьшенную площадь фундамента, центр которой находится в точке приложения результирующей нагрузки.

В условиях не дренированного грунта можно предположить, что влияние нагрузок должно распределяться на большей части или по всей площади фундамента. В этом случае должно быть приведено обоснование, которое покажет, что это распределение напряжений является возможным, и не приведет к

возникновению новых форм разрушения с более низко расположенным безопасным слоем.

В анализ должны быть включены значения волновых нагрузок, действующих на морское дно вокруг сооружения.

Должна быть проведена оценка потенциальной возможности дестабилизации фундамента вследствие разжижения морского дна под воздействием волновых, сейсмических или ледовых нагрузок.

### **9.5.3 Действие грунта на сооружения**

Должно рассчитываться воздействие грунта на все фундаменты сооружения, которые оказывают воздействие на морское дно или проникают в морское дно. Фундамент и сооружение должны быть рассчитаны на такие нагрузки.

Расчетные значения нагрузок и свойства материалов, а также характеристики свойств грунта должны использоваться при определении распределения реакции грунта. Влияние нагрузок должно быть учтено для таких комбинаций, которые дают наиболее неблагоприятные результаты в отношении различных предельных состояний. Должна быть проведена оценка обоснованных альтернативных вариантов распределения реакции грунтов, что вытекает из неопределенностей в использованных расчетных моделях и в характеристиках грунта и фундамента.

Распределение реакций грунта может отличаться в разных частях фундамента и сооружения.

Следует обратить внимание на величину и распределение возможного неполного контакта между морским дном и основанием сооружения вследствие неравномерностей морского дна и/или формы сооружения.

Должен учитываться потенциал значений противодавления и горизонтальных нагрузок вследствие гидравлических градиентов, возникающих под основанием в проницаемых грунтах.

Необходимо выполнить оценку направленных вниз сил трения или засасывания, действующих на ребра юбки и на направляющую колонну. Засасывание может возникнуть на юбках фундамента вследствие неравномерности осадок фундамента и окружающего грунтом вследствие процессов консолидации.

Засасывание направляющей колонны может возникнуть вследствие осадки грунта под воздействием приложенного веса сооружения.

Должно быть учтено влияние установки, изменения свойств грунта в течение периода времени, свойства раствора, расположенного под фундаментом, а также локальные воздействия труб или других сооружений, которые должны пройти через фундамент или должны быть размещены в грунте.

В анализ максимального предельного состояния сооружения также должны быть включены реакции грунта, распределенные в соответствии с предположениями, сделанными при расчете несущей способности.

#### **9.5.4 Монтаж и демонтаж**

Морское дно должно быть подготовлено для установки платформы, и данный процесс может включать по мере необходимости следующие мероприятия :

- устранение препятствий, обломков породы, валунов и т.д.
- углубление и удаление неподходящих материалов;
- выравнивание морского дна с использованием камней/гравия/песка для создания основания.

Монтажные работы следует планировать таким образом, чтобы основание сооружения можно было установить надлежащим образом на площадке, чтобы не возникало излишнего нарушения опорного грунта и излишнего напряжения в местах контакта грунта и основания. При разработке конструкций с гравитационным основанием следует учитывать возможность неравномерных реакций грунта, вследствие чего могут образовываться области концентраций напряжений на основание конструкции. Для снижения негативных последствий такого воздействия можно применять бетонную заливку для закрепления грунта, дифференциальную балластировку и другие методы подготовки площадки.

Когда в соответствии с конструкцией требуется, чтобы нагели, юбки или ленты во время монтажа входили в дно, следует показать, что запланированное проникновение реально достижимо, и что значение максимального момента сопротивления, возникающего вследствие неравномерного проникновения, меньше,

чем значение существующего балластного момента. Особое внимание следует уделять процессу проникновения в зону многолетней мерзлоты.

Для определения максимального и минимального характеристических значений следует проанализировать сопротивление грунта воздействию юбок или других проникающих компонентов. Эти значения должны быть использованы при проведении оценки процесса монтажа.

Следует учитывать последствия подъемного усилия морского дна, возникающего в результате смещения грунта во время установки юбки.

Должно быть доказано, что сооружение будет устойчиво во время посадки, а также перед и во время заливки раствора в фундамент.

Устойчивость во время монтажных работ следует рассчитывать на основе запланированной последовательности операций и ожидаемого времени заливки жидким раствором.

Необходимо рассмотреть риск эрозии поверхностного грунта в процессе монтажа, в частности, в ситуациях, когда сооружения с крупными кессонами вызывают местное увеличение скорости течения у морского дна вследствие эффектов стесненности.

Если во время монтажа требуется пониженное давление, следует проанализировать геотехнические и гидравлические значения стабильности.

Там, где планируется снятие элементов, следует провести анализ вероятного воздействия нагрузок на верхнюю границу нижнего основания и юбок для того, чтобы обеспечить возможность снятия с помощью имеющихся средств.

При расчетах влияния нагрузок, действующих при извлечении, необходимо учитывать влияние прилипания грунта к основанию.

Если под основанием присутствует избыточное давление, следует проанализировать геотехническую и гидравлическую стабильность.

**Примечание** - Основания конструкций, уложенные на участки, подверженные ледовым размывам, с бороздами от ледового воздействия, могут подвергаться нестандартному воздействию в связи с различиями предела прочности при сдвиге (в краткосрочной перспективе) и прессуемости (в долгосрочной перспективе) веществ, заполняющих ледовые борозды и ледовых



борозд и отложений окружающего морского дна.

## **9.6 Свайные сооружения**

Забивные, забуриваемые и устанавливаемые на растворе сваи должны быть сконструированы в соответствии со стандартом ИСО 19902 с соответствующим учетом следующих конкретных аспектов в отношении морских условий в арктических и других регионах с холодным климатом:

- осадка грунта, как следствие оттаивания многолетней мерзлоты;
- примерзание грунта к свае;
- оползание;
- подъемная сила, возникающая при замерзании;
- установка элемента в замороженный грунт.

Проникновение свай должно быть достаточным, чтобы противостоять расчетным нагрузкам сжатия и растяжения для всех нагрузок, включая засасывание, вызываемого ослаблением грунта вследствие таяния многолетней мерзлоты.

## **9.7 Плавающие сооружения**

### **9.7.1 Общие положения**

Якоря для плавучих сооружений должны быть сконструированы в соответствии со стандартом ИСО 19901-7 с учетом следующих конкретных аспектов в отношении морских условий в арктических и других регионах с холодным климатом:

- трудностей монтажа и демонтажа в замерзшем грунте;
- диссоциации и накопления газового гидрата под якорями и скрытое влияние на долгосрочную удерживающую силу;
- оттаивания и замерзания многолетней мерзлоты,
- сползания и изменения прочности в зоне многолетней мерзлоты под постоянным воздействием нагрузки.

Для постоянно пришвартованных систем расчетная величина сопротивления разрушению грунтов, окружающих якоря, должна обычно превышать прочность

якоря и/или цепи на разрыв. Расчетное сопротивление должно быть определено на основании геотехнических данных площадки.

В случае с временно пришвартованными системами, когда сооружение не подвергается ледовой нагрузке, проектное сопротивление может быть меньше, чем прочность якоря и/или цепи на разрыв.

### **9.7.2 Плавающие якоря**

Необходимо уделить внимание влиянию многолетней мерзлоты на зацепление якоря во время установки. Также необходимо уделить внимание потенциальному ослаблению швартовой цепи вследствие:

- оттаивания и замерзания многолетней мерзлоты, и
- сползания и изменения прочности зоны многолетней мерзлоты под постоянным воздействием.

Несущая способность якоря в условиях конкретного грунта отображает максимальное горизонтальное усилие, которое может выдержать якорь при постоянной тяге. В случае заглубления якоря в грунт следует учитывать сопротивление цепи или троса, движущегося в грунте, без учета силы трения цепи или троса, движущегося по морскому дну.

### **9.7.3 Самозасасывающиеся якоря**

#### **9.7.3.1 Установка якорей**

Самозасасывающиеся якоря устанавливаются посредством воздействия нагрузок, порождаемых весом якоря и разрежения, создаваемого внутри якоря. Эта нагрузка должна превышать максимальное ожидаемое боковое сопротивление сдвига и несущей способности кромки юбки и ребер жесткости.

При анализе проникновения якоря следует рассматривать прочность как нетронутого мерзлого грунта на сдвиг, так и возмущенного мерзлого грунта на сдвиг. В случаях с внутренними ребрами жесткости, более высокая прочность в зонах многолетней мерзлоты может быть причиной того, что грунтовые пробки могут выдержать свой собственный вес на большей высоте, чем в незамерзших грунтах, что может привести к снижению прочности на сдвиг на внутренней стороне

стенки юбки. Это также может привести к более крупному подъему грунта, что должно быть компенсировано высотой якоря, превышающей заданную глубину зацепления.

В песке сопротивление проникновению обычно снижено на величину градиентов потока воды в песке внутри якоря, когда производится вакуумирование. В случаях с многолетней мерзлотой следует учесть, что дренаж через слой многолетней мерзлоты может быть ниже, и может потенциально блокировать дренаж внутри якоря. В этом случае сопротивление зацеплению не уменьшается, и требуются большие значения пониженного избыточного давления. Также при пониженном давлении следует отслеживать, чтобы вода не засасывалась в песчаный слой под слоем многолетней мерзлоты, что может привести к тому, что грунтовое ядро будет подниматься внутри якоря.

Высокие значения вакуумирования, которые могут потребоваться для зацепления якоря, должны быть учтены при конструировании якорей.

#### 9.7.3.2 Возможности якорей

Самозасасывающиеся якоря достигают своей вертикальной нагрузки в результате воздействия своего веса, силы сдвига, действующей на наружную сторону стенки юбки, и обратной несущей способности грунтовой пробки на уровне кромки юбки.

Сила сдвига, действующая на наружную сторону стенки юбки, обычно увеличивается с течением времени после установки вследствие влияния напряжений и тиксотропии. Особое внимание следует уделить влиянию на это многолетней мерзлоты, поскольку вечная мерзлота может оказывать влияние на напряжение и условия дренажа в грунте, находящемся снаружи якоря, после установки, на тиксотропию и повторно консолидированные параметры прочности.

В случаях, когда сила сдвига, действующая на внутреннюю сторону стенки юбки, является существенной, следует уделить внимание трению внутренней стороны юбки в многолетней мерзлоте. Сюда входит потенциал увеличения высоты, над которой грунтовая пробка может находиться под своим собственным весом.

Следует уделить внимание влиянию многолетней мерзлоты на возможность возникновения разрывов в активной части якоря.

Следует уделить внимание потенциальной возможности ослабления швартовых цепей вследствие следующего:

- оттаивания и замерзания многолетней мерзлоты;
- сползания и изменения прочности в зоне многолетней мерзлоты под постоянным воздействием нагрузки.

#### **9.7.4 Свайные якоря**

Свайные якоря должны быть сконструированы в соответствии со стандартом ИСО 19902 с учетом конкретных соображений в отношении морских арктических условий, перечисленных в 9.6.

Следует уделить внимание потенциальной возможности ослабления швартовых цепей в грунте вследствие:

- оттаиванию и замерзанию многолетней мерзлоты;
- сползания и изменения прочности в зоне многолетней мерзлоты под постоянным воздействием нагрузки.

Следует уделить внимание возможности образования разрывов в зонах многолетней мерзлоты для горизонтально нагруженных свайных якорей. Особое внимание необходимо уделить усталости конструкции подъемных петель, включая влияние процесса забивания свай.

#### **9.7.5 Демонтаж**

Необходимо уделить внимание тому, может ли увеличенное сопротивление монтажу и демонтажу развиться в зонах многолетней мерзлоты в сравнении с незамерзшими грунтами.

### **9.8 Водная эрозия**

Должна быть учтена возможность переноса отложений морского дна, также влияние сооружения на изменение режима потока и переноса во время установки, а также условия на месте. Если существует риск возникновения эрозии вследствие воздействия волн или ледовой эрозии под фундаментом по всей его площади

необходимо предпринять меры предосторожности, основанные на следующих принципах:

- конструкция фундамента должна быть такой, чтобы допускать эрозию материала с морского дна;
- во время монтажа сооружения должна быть установлена соответствующая защита от эрозии;
- фундамент должен регулярно осматриваться, и устойчивый к эрозии материал незамедлительно должен устанавливаться там, где требуется обеспечить стабильность в отношении максимальных предельных состояний.

### **9.9 Контроль и мониторинг**

Программу проведения инспекции следует рассматривать как неотъемлемую часть конструкции фундамента. Где считается необходимым, программа проведения инспекции должна включать использование приборов для мониторинга критичных аспектов характеристик фундамента во время его монтажа и эксплуатации.

Объем инспекции и частота проведения наблюдений зависят от:

- типа сооружения;
- ожидаемых и наблюдаемых свойств сооружения;
- задокументированного поведения аналогичных сооружений, расположенных в данном районе;
- физических природных условий.

Если в какое-либо время в течение срока службы сооружения результаты программы проведения инспекции покажут условия или поведение, которые неблагоприятны для целостности фундамента, следует провести необходимое техническое обслуживание или ремонтные работы.

### **9.10 Сейсмический анализ**

Исследования грунта в сейсмоактивных арктических и холодных климатических регионах требуют сбора дополнительных данных, чтобы можно было надлежащим образом осуществить конструирование фундамента платформы, в

частности, с учетом динамических характеристик грунта. В эту работу входит проведение специальных геофизических, а также геотехнических исследований, как предусмотрено в разделе 9. Эти испытания являются дополнением к обычным испытаниям грунта, проводимые для сооружений, располагаемых в несейсмоактивных регионах.

Сейсмическое конструирование свайных фундаментов для сейсмических нагрузок должно проводиться в соответствии со стандартами ИСО 19901-2 и ИСО 19902. Положения по требованиям к свайным сооружениям в Арктике и в других районах холодных климатических зон приведены в 9.6.

Фундаменты сооружений мелкого заложения должны анализироваться в отношении динамического взаимодействия грунта-сооружения (SSI). Анализ SSI может проводиться прямым методом или методом сопротивления. Некоторые ограниченные руководства приведены в стандарте ИСО 19903. Динамическое влияние для фундаментов также включено в 9.4.4.

## **10 Искусственные острова**

### **10.1 Общие положения**

Искусственные острова, как правило, сооружаются на мелководных участках арктических и других районов с арктическими условиями. Настоящий стандарт распространяется на все типы искусственных островов, которые рассматриваются в разделе 10.2. Также рассматриваются вспомогательные сооружения, используемые для доступа и транспортировки (насыпные дороги), или защиты (ледовые барьеры, волноломы). Положения раздела 10 относятся к морским искусственным островам, но не рассматривают все аспекты, связанные с островами, сооружаемыми на реках.

### **10.2 Типы островов**

#### **10.2.1 Острова с насыпными ограждениями пологих откосов**

Для островов с пологими откосами в качестве крепления используются насыпные ограждения в виде буферной зоны из грунтового материала для защиты

оборудования верхних строений от воздействия льда, нагона волны и эрозии. Как правило, в течение расчетного срока эксплуатации сооружения требуется повторное пополнение объема грунтового материала буферной зоны. Острова с насыпными ограждениями в основном используются на мелководных или защищенных участках акваторий, где предполагается достаточно низкая периодичность повторной засыпки материала, для обеспечения экономической целесообразности их эксплуатации в течение расчетного срока службы.

### **10.2.2 Острова с укрепленными откосами**

Для островов с укрепленными откосами используются различного рода армирующие устройства для защиты материала – заполнителя тела острова и оборудования верхних строений от воздействий волн и льда. В отличие от островов с насыпными ограждениями в виде буферной зоны, в этом случае целью защиты является предотвращение, а не компенсирование эрозии от воздействия волн. К характерным типам армирующих устройств относятся крепления в виде: наброски из бутового камня или бетонных блоков; единой конструкции из шарнирно-соединенных (сцепленных) матов, состоящих из отдельных бетонных блоков или сборных железобетонных плит; габионов (корзин из проволоочной сетки, заполненных мешками с песком или камнем); геотканевых контейнеров (например, в виде геотекстильных мешков с песком или гравием и, так называемых, труб Лонгарда, заполненных гравием и используемых для стабилизации крепления из мешков). В систему защиты откосов с использованием армирующих элементов также входит устройство одного или несколько слоев специального фильтрующего покрытия для обеспечения целостности (удержания) материала-заполнителя тела острова.

### **10.2.3 Острова с креплением из шпунтовых свай**

Для обеспечения необходимого возвышения рабочей поверхности (в т.ч. участков с различными перепадами высот) острова над дном моря в качестве оконтуривающих конструкций могут использоваться металлические шпунтовые сваи и поверхностью. Они часто применяются для строительства причальных

стенки, а также могут использоваться в качестве дополнительной линии защиты тела острова, расположенной за укрепленным откосом. В арктических условиях грунтовый материал – заполнитель, расположенный за ограждением из шпунтовых свай, может промерзнуть и обеспечивать в мерзлом состоянии сопротивление локальным ледовым нагрузкам. Определяющим фактором, который необходимо учитывать при проектировании конструкции крепления из шпунтовых свай, являются значения локальных ледовых нагрузок и вероятность катастрофического разрушения шпунтового ограждения и конструкции острова в целом.

Другим типом сооружения из шпунтовых свай является коффердам. Коффердамы могут использоваться для защиты, усиления наиболее уязвимых участков (например, в качестве соединения между двумя противоположными сторонами острова) или в качестве причальной стенки/швартового причала. Коффердамы ограничены по ширине и, по сравнению с другими сооружениями из шпунтовых свай, в большей степени подвержены значительным деформациям, состояниям неустойчивости или опрокидывания и разрушения под действием касательных напряжений.

В конструкциях со шпунтовыми сваями сотовой (ячеистой) структуры используются растягивающие напряжения элементов (компонентов) свай, обеспечивающие их соединение между собой, для восприятия нагрузки от материала - заполнителя тела острова, сохранения его устойчивости и оказания дополнительного сопротивления внешним воздействиям. Проекты конструкций включают замкнутые конфигурации, которые опираются на стяжное кольцо, созданное данной конструкцией, и открытые конфигурации, которые опираются на грунт (грунтовый демпфер) для закрепления элементов конструкций и поддержания натяжения.

#### **10.2.4 Острова с ограждением из кессонов**

Острова с ограждением из кессонов подобны островам с ограждением из шпунтовых свай, за исключением того, что система ограждения (удержания) состоит из предварительно изготовленных кессонов, которые балластируются и



устанавливаются на предварительно подготовленное морское дно для создания единого наружного защитного контура. Кессоны контура и ограниченный ими объем (ядро острова) заполняются насыпным материалом. Кессоны могут быть построены из стали или железобетона, иметь наклонные или вертикальные фасадные стенки (наружные борта) и, как правило, ледовые и волновые дефлекторы. Острова, оконтуренные кессонами, имеют определенные преимущества, так как они занимают меньшую площадь, что требует меньшего количества укладываемого материала - заполнителя, а удерживающие кессоны служат в качестве защиты откосов от воздействия волн и льда. К возможным недостаткам можно отнести подверженность накату и переливу волн, а также размыву грунта у основания кессона.

### **10.2.5 Гибридные острова**

Гибридный остров имеет предварительно изготовленную основную часть, например, в виде баржи с оборудованными верхними строениями, вокруг которой по периметру после ее установки укладывается насыпной материал. Основная часть может балластироваться и устанавливаться на естественном дне моря или на подводной берме. Насыпной материал защищается от воздействия волн и льда насыпными ограждениями в виде буферной зоны, армированными откосами, шпунтовыми сваями или кессонами.

### **10.2.6 Подводные бермы**

Подводные бермы можно использовать в сочетании с островами, оконтуренных шпунтовыми сваями или кессонами для уменьшения высоты защитных конструкций. Подводные бермы также могут использоваться для уменьшения высотных размеров конструкций стальных и железобетонных платформ.

Конструкции подводных берм должны учитывать оценку выбора типа материала, гранулометрический состав и допустимые колебания уровня моря для предотвращения перенапряжения несущих поверхностей стальных или железобетонных сооружений.

### **10.2.7 Барьеры и волноломы**

Для защиты острова от воздействия волн и льда могут использоваться отдельно расположенные барьеры и волноломы. Эти конструкции могут сооружаться из насыпного материала, защищенного армированными откосами или автономно расположенными кессонами.

### **10.2.8 Насыпные грунтовые дороги – морские дамбы**

Морские дамбы соединяют морское сооружение (например, остров) с другими морскими сооружениями или с естественной береговой линией. Морские дамбы могут сооружаться из насыпного грунтового материала и/или кессонов. В них должны быть предусмотрены водопропускные отверстия (проемы) для прохода морских организмов и перемешивания водных масс, находящихся на противоположных сторонах сооружения. Если дамба сооружается из насыпного грунтового материала, то защита от воздействия волн и льда может состоять из насыпных ограждений в виде буферных зон, армированных откосов, шпунтовых свай или кессонов.

### **10.2.9 Береговые буны**

Береговые наносоудерживающие конструкции – буны состоят из насыпного грунтового материала, располагаются на или около естественной береговой линии и защищаются от воздействия волн и льда насыпными ограждениями в виде защитных буферных зон, шпунтовыми сваями или кессонами. Береговые буны могут сооружаться на естественных островах с пологими (пляжными) откосами, а также на береговых линиях материка.

## **10.3 Основные аспекты проектирования искусственных островов**

### **10.3.1 Методология проектирования**

#### **10.3.1.1 Общие положения**

При проектировании искусственного острова должны учитываться все нагрузки и воздействия на сооружение, действующие на этапах его строительства, установки, эксплуатации и вывода из эксплуатации в течение расчетного срока

службы в соответствии с положениями глав 8 и 9. Адаптивное проектирование может использоваться при неопределенных долговременных условиях и обязательном проведении соответствующего мониторинга.

#### 10.3.1.2 Требования к проектированию

Сооружение и его основание должны проектироваться на основе достижения необходимого уровня их надежности при всевозможных природных, чрезвычайных (аварийных) и эксплуатационных воздействиях и условиях для обеспечения безопасной эксплуатации и недопущения возникновения деформаций в соответствии с функциональным назначением сооружения при условиях, определенных в главе 7.

Методы анализа работы конструкций, нагрузки и их сочетания, а также принятые для проектирования расчетные характеристики грунтовых условий должны соответствовать назначению сооружения и условиям выбранного участка строительства

#### 10.3.1.3 Междисциплинарный подход

Характерные холодные климатические условия, включая низкие температуры и наличие морского льда, оказывают чрезвычайно большое влияние на геотехнические и инженерные аспекты проектирования. Например, сборные железобетонные армированные блоки, способные обеспечить защиту от воздействия волн, могут быть повреждены или перемещены льдами, а геотехнические свойства грунтового материала - заполнителя могут изменяться в результате его замерзания и образования мерзлых отложений. Искусственные острова должны проектироваться с учетом метеорологических, океанографических, ледовых и инженерно-геологических условий, а также технологических и прибрежных особенностей (применительно к динамике перемещения наносов) с соответствующими данными о локальных условиях.

10.3.1.4 Основные требования к сооружениям при проектировании

1) Общие положения

При проектировании конструкций искусственных островов необходимо учитывать следующее:

- На участках мелководных и со средней глубиной моря вокруг широких сооружений, к которым относятся острова, могут образовываться скопления льда (ледяные нагромождения). Это может привести к ограничению доступа и затруднению эвакуации, образованию льда на рабочих поверхностях и изменению последующих условий взаимодействия со льдом. Для решения данной проблемы могут использоваться ледозащитные барьеры или зоны вторжения льдов.

- Могут наблюдаться напоязания или нагоны льда на откосы острова с последующим накоплением льда на рабочей поверхности. Откосы острова и геометрия кромок должны проектироваться с учетом решения этой проблемы.

- Если уровень надводной части острова низкий, это может привести к захлестыванию волнами, а также вторжению льда на рабочую поверхность – рабочую площадку. Основные сооружения верхних строений должны быть отдалены по периметру рабочей площадки на ширину зоны вторжения льда или защищены от прямого захлестывания волнами и вторжения льда устройством специальных ограждений – волновых и ледовых дефлекторов (отражателей) по периметру острова.

- Пористость гранулированного материала-заполнителя тела острова подразумевает, что любая разлитая на поверхности острова жидкость может проникать в материал-заполнитель и принести вред окружающей среде. Для локализации разливов могут потребоваться геотекстильные мембраны, предназначенные для эксплуатации в районах с арктическими условиями.

- Необходимо выполнить оценку влияния региональных климатических условий на нагрузки от воздействия окружающей среды и состояние материалов.

2) Форма и ориентация

Форма и ориентация искусственного острова должны определяться с учетом

установленных требований по эксплуатации и техническому обслуживанию.

При определении ориентации острова должны учитываться нормальные и экстремальные ледовые и океанографические условия. Учитываемые факторы должны включать волновые и ледовые нагрузки, накат и захлестывание волны, преобладающие направления воздействия ветра, течений и движения льда. В некоторых случаях, в частности, в руслах рек, дельтах или прибрежных зонах нагрузки от воздействия льда, волн и течений могут значительно изменяться по направлениям их действия, и в связи с этим требуется соответствующее укрепление откосов, состояние которых может изменяться по периметру сооружения. На других участках указанные нагрузки от воздействия окружающей среды могут действовать с одинаковой расчетной интенсивностью по всем направлениям, что требует всесторонней защиты откосов острова независимо от направления.

Если остров сооружается из проницаемого материала - заполнителя, при проектировании необходимо предусматривать меры по минимизации последствий разлива нефти на его поверхности. К таким мерам относится использование непроницаемой для жидкости поверхности и средств локализации и ликвидации разливов, а также установка подземной геомембраны с соответствующей дренажной системой. При проектировании острова с использованием геомембраны необходимо учитывать уровни воды, фронт (границы) замерзания и условия вывода из эксплуатации.

При проектировании причальных и эвакуационных сооружений необходимо учитывать направления нормальных и экстремальных ветров, волн, течений и штормов. В тех случаях, когда расчетные воздействия штормов или льдов могут быть нескольких направлений, необходимо обеспечить устройство причальных/эвакуационных сооружений в нескольких местах на острове или оборудовать морской волнолом для защиты причальных/эвакуационных сооружений.

### 3) Верхние строения (сооружения, оборудование)

При компоновке верхних строений на острове необходимо учитывать

соответствующие факторы, связанные с воздействием окружающей среды, для минимизации возможных повреждений или разрушений. К таким учитываемым факторам относятся ледовые нагрузки, вторжение льдов, волновые нагрузки, волновые нагоны и захлестывание волн. Кроме того, необходимо учитывать преобладающие направления ветра при определении положения размещения сооружений, которые предназначены для нахождения обслуживающего персонала, относительно сооружений, где возможен выпуск (сжигание) токсичных газов.

#### 4) Локализация разливов

По возможности, острова должны проектироваться с системой локализации разливов, которые могут привести к загрязнению окружающей среды. Система локализации разливов должна рассматриваться при проектировании как часть общей системы, обеспечивающей выполнение требований по защите окружающей среды. В течение расчетного срока эксплуатации и ликвидации сооружения необходимо учитывать влияние проводимых работ на поверхности острова и разливов на окружающую среду.

#### 5) Доступ со стороны моря

Сооружение должно проектироваться с альтернативными маршрутами, которые обеспечивают доступ (подход) и эвакуацию со стороны моря при предполагаемых ледовых и других условиях окружающей среды.

### **10.3.2 Проектирование с учетом ледовых нагрузок**

#### 10.3.2.1 Сценарии взаимодействия льдов и сооружения

При выборе грунтового материала - заполнителя необходимо учитывать нагрузки, связанные с постоянным дроблением льда на наклонных и вертикальных поверхностях.

При проектировании конструкции наклонных сопряженных поверхностей откосов необходимо учитывать следующие сценарии воздействия льдов на сооружение: разрушение льда при изгибе, разрушение образующихся ледяных обломков, напозание ледяных нагромождений, воздействия

обледенения/смерзания, влияющих на величину ледовых нагрузок на неукрепленные откосы. Влияние накопления ледяных нагромождений на боковых откосах необходимо учитывать не только в отношении воздействия нагрузок, но также с точки зрения возможного влияния на работу сооружения при эксплуатации.

Элементы искусственных островов, подвергающиеся непосредственному воздействию льдов, должны проектироваться с учетом ледовых нагрузок, как установлено в 7.2.2.3 и 7.2.2.4 для соответствующего уровня воздействия. Движение льдов под воздействием волн необходимо учитывать в соответствии с 8.3.1.4 и 8.3.2.

В дополнение к положениям раздела 8 состав экстремальных и аномальных ледовых событий может включать и возможные воздействия речного льда. Такие воздействия следует учитывать при проектировании конструкции острова, если они имеют важное значение и преобладают в характеристике ледового режима.

#### 10.3.2.2 Ледовые нагрузки

Положения по определению глобальных ледовых нагрузок приведены в 8.2. Также необходимо учитывать воздействие ледяных нагромождений, опирающихся на дно, на условия разрушения льда и результирующие нагрузки на сооружение, см. 16.3.

Необходимо учитывать локальные ледовые нагрузки и их последствия. Кроме того, при проектировании необходимо учитывать общую устойчивость поврежденного элемента в конструкциях с использованием защитных насыпных зон, расположенных на некритических участках.

Необходимо учитывать воздействия динамических и циклических нагрузок на грунтовый материал - заполнитель тела острова и грунтовое основание, включая дренируемые, недренируемые и текучепластичные грунты, и мерзлое состояние.

#### 10.3.2.3 Вторжение льдов

Вторжение льдов представляет собой процесс, при котором лед надвигается на рабочую поверхность сооружения. Это может происходить в результате двух процессов – наплыв (надвиг) и накопление (нагон) льда.

При проектировании конструкции острова необходимо учитывать нагрузки,

вызываемые напозанием и накоплением льда в сочетании со штормовыми нагонами. В проекте необходимо предусматривать соответствующие защитные меры для предотвращения и/или регулирования процесса вторжения льдов.

При проектировании острова необходимо учитывать нагрузки, возникающие при напозании льда, включая проектное нагромождение льдов.

Основное оборудование должно быть защищено от вторжения льдов или установлено вдали от участков острова, подверженных вторжению льдов.

Активные системы ледовой защиты, если они применяются, должны использоваться для обнаружения, оценки и реагирования на ледовые условия, которые могут представлять угрозу для основного оборудования или рабочего персонала на острове.

Системы пассивной ледовой защиты, если они применяются, должны предназначаться для экстремальных и аномальных ледовых и волновых условий, возникновение которых прогнозируется на участке строительства. Проектирование систем пассивной ледовой защиты должно быть основано на данных, полученных в результате полномасштабных экспериментов, теоретических разработок и модельных испытаний.

### **10.3.3 Геотехнический анализ**

#### **10.3.3.1 Геотехнические изыскания**

Изыскания должны выполняться для получения геологических и геотехнических данных, отвечающих требованиям 9.2.

Грунтовые условия морского дна должны удовлетворять всем проектным и технологическим требованиям строительства.

Методика и порядок проведения исследований по определению условий площадки строительства и соответствующих батиметрических, геологических и геотехнических расчетных параметров должны соответствовать требованиям 9.4.

Геотехнические комплексные исследования для проектирования фундамента и полученные расчетные параметры для выполнения оценок устойчивости, степени деформации и теплового воздействия должны быть репрезентативны для всех



грунтов морского дна в пределах зоны значительного влияния нагрузок, создаваемых искусственным островом, и зоны прогнозируемого неблагоприятного теплового воздействия на участках с многолетнемерзлыми грунтами.

#### 10.3.3.2 Определение характеристик грунтового материала - заполнителя

Потенциальные источники грунтового материала - заполнителя должны соответствовать всем проектным и технологическим требованиям. Методы и порядок проведения исследований для определения качества, количества и соответствующих геотехнических свойств грунтового материала должны соответствовать требованиям 9.2. Если предполагается, что основные проектные параметры прочности (устойчивости) и степени деформации грунтового материала могут быть изменены в связи с последующими земляными работами, условиями транспортировки (перемещения) грунтового материала и местоположением острова, эти параметры должны быть подтверждены проведенными испытаниями на месте после окончания строительства. Основные свойства грунтового материала, влияющие на его прочность и степень деформации, включают, но не ограничиваются указанным, состояние мерзлоты, плотность (коэффициент пористости), гранулометрический состав и проницаемость.

#### 10.3.3.3 Циклические нагрузки

При проектировании и сооружении конструкций искусственных островов из грунтового материала - заполнителя необходимо учитывать снижение его прочности под действием порового давления, вызываемого циклическими нагрузками. Используемый грунтовый материал должен обеспечивать сопротивление всем действующим динамическим нагрузкам, включая технологические, ледовые, волновые и сейсмические нагрузки.

#### 10.3.3.4 Тепловые изменения

При инженерно-геологических изысканиях на участке строительства должны быть получены данные по исходному тепловому режиму морского дна, где существуют или предполагаются многолетнемерзлые грунты. При проектировании

острова и выполнении анализов устойчивости и степени деформации необходимо учитывать существующие тепловые условия и возможные изменения в течение расчетного срока службы. Для этих целей может использоваться геотермическое моделирование.

#### 10.3.3.5 Режимы разрушения

Гравийные откосы и основания искусственных островов должны рассчитываться на общее «оползневое» перемещение – скольжение (оценка несущей способности и общей устойчивости системы «сооружение – основание»), срезание верхней части конструкции острова (по плоскостям скольжения между верхней – смерзшейся и нижней – несмерзшейся частями, на уровне воздействия ледовой нагрузки), пассивное разрушение кромок, разрушение откосов и армирующих элементов (при их применении). Возвышение рабочей поверхности острова должно быть достаточным для предотвращения пассивного разрушения кромок, ограничения волнового захлестывания и вторжения льдов.

#### 10.3.3.6 Деформация

Деформация острова (включая осадки грунтового материала тела острова) и его грунтового основания не должна превышать допустимых пределов, установленных для обеспечения необходимого уровня эксплуатационной надежности при критических и аномальных предельных состояниях. Осадка и смещение острова при его строительстве и эксплуатации должны рассчитываться на основании нагрузок, определенных в 8.2. Оценка деформации должна включать, но не ограничиваясь только этим, следующие вопросы:

- непосредственная просадка, первичное уплотнение, вторичное сжатие и «оползневое» перемещение;
- осадка в результате таяния, пучения или разрушения многолетней мерзлоты;
- нагрузки, которые могут учитываться при статическом анализе, а также динамические и/или циклические нагрузки в результате воздействия льда и волн;
- поперечная деформация;

- истощение или снижение пластового давления в продуктивном коллекторе.

Выбор методики проведения оценки должен учитывать предполагаемые режимы и механизмы деформации, принятую конфигурацию острова, характеристики грунтов основания и расчетные ситуации.

#### 10.3.3.7 Улучшение состояния грунта

Улучшение состояния грунта может использоваться для обеспечения соответствия с проектными критериями, включая удаление слоев слабого грунта, определяемого с помощью полевых измерений.

### **10.3.4 Инженерные аспекты защиты прибрежной зоны**

#### 10.3.4.1 Метеорологические и океанографические факторы

##### 1) Уровни воды

Возвышение рабочей поверхности острова и объектов, обеспечивающих доступ со стороны моря, должно быть определено с учетом возможных изменений уровня воды. Положения по изменениям уровня воды приведены в 6.4.1.

##### 2) Волны

При проектировании искусственного острова необходимо учитывать влияние локального волнового режима. Положения по анализу локального волнового режима приведены в 6.4.2.

##### 3) Ветры

Положения по анализу локального ветрового режима даны в 6.3.2.

##### 4) Течения

Острова, расположенные вблизи устьев рек или в районе с высокими скоростями течений, должны проектироваться с учетом нагрузок, вызываемых локальными течениями. Положения по анализу локального режима течений приведены в 6.4.3.

5) Воронки размыва дна

Если остров располагается в прибрежной зоне рек, где могут образовываться воронки размыва морского дна у границ сооружения под действием вращающихся нисходящих потоков воды (водоворотов) через промытые отверстия во льду, необходимо предусматривать соответствующие процедуры по периодическому мониторингу, как указано в 9.9, для определения повреждений в результате соответствующего размыва дна.

10.3.4.2 Профиль боковых откосов

Боковые откосы острова и его система защиты должны проектироваться с учетом предполагаемых волновых и ледовых нагрузок на участке строительства. Для обеспечения приемлемого уровня границ затопления боковых откосов и вторжения льдов на рабочую поверхность острова необходимо определить возможную высоту захлеста волн и вторжения льдов. Оптимизация профиля откосов острова может выполняться на основе опыта сооружения подобных объектов в данном районе или на основе проведения модельных испытаний.

10.3.4.3 Защита откосов

10.3.4.3.1 Общие положения

При проектировании искусственных островов необходимо учитывать различные типы повреждений системы защиты откосов, которые могут быть вызваны потерями грунтового материала острова, захлестом волн и вторжением льдов. При проектировании острова необходимо предусматривать такие конструктивные компоненты, которые имеют резервные механизмы защиты и разрушение которых происходит постепенно в локальном плане, а не в глобальном. Своевременные процедуры инспекции и восстановительные работы должны быть включены в оперативные планы для обеспечения долговременной эксплуатационной надежности и безопасности острова.

10.3.4.3.2 Бутовый камень

Для защиты откосов в ледовых условиях могут использоваться крупные

защитные валы из бутового камня. При проектировании таких сооружений необходимо учитывать волновые и ледовые нагрузки, размер камней, размеры защитного слоя, количество слоев и устойчивость защитного крепления. Размер камней должен быть достаточным для ограничения до приемлемого уровня перемещения отдельных камней под воздействием льда.

#### 10.3.4.3.2 Геотекстильные мешки с песком/гравием

Геотекстильные мешки, заполненные песком или гравием, могут использоваться в качестве защиты откосов на таких участках, где они способны выдерживать предполагаемые волновые и ледовые условия при приемлемом уровне повреждений. Ткань мешков должна обеспечивать срок их службы, который соответствует расчетному сроку эксплуатации острова, либо должна быть разработана соответствующая программа мониторинга для замены поврежденных мешков. При проектировании должна проводиться оценка повреждений от воздействия ультрафиолетового излучения и прямого воздействия льдов, от прибитого к берегу лесоматериала и строительного оборудования. Устойчивость мешков при непосредственном воздействии волн должна анализироваться с использованием инженерных методов, включая исследования физических моделей.

#### 10.3.4.3.3 Соединенные бетонные маты

Для защиты откосов искусственных островов могут использоваться соединенные между собой бетонные маты. При проектировании армированных систем защиты из связанных между собой бетонных матов необходимо учитывать нормальные и экстремальные волновые и ледовые условия, и они должны точно соответствовать профилю откоса острова. Необходимо выполнить расчеты для определения воздействий локальных и общих нагрузок на бетонные блоки и соединения. Маты должны закрепляться для предотвращения сползания по откосу под воздействием волновых и ледовых нагрузок, и должны устанавливаться на определенной высоте для предотвращения угрозы нарушения целостности подстилающего слоя грунтового материала или самих матов. Под бетонным матом необходимо устанавливать прочный тканевый фильтрующий слой для удержания

#### 10.3.4.3.4 Сборные бетонные блоки

Для защиты откосов острова могут использоваться сборные бетонные блоки. При проектировании защитного крепления из сборных бетонных блоков необходимо учитывать устойчивость нижних слоев и сопротивляемость блоков изгибу под воздействием предполагаемых волновых и ледовых нагрузок.

#### 10.3.4.4 Нагон и захлестывание волн

Необходимо оценить волновые нагоны, воздействия и захлестывания волн на откосы острова с учетом выбранной системы защиты откосов, профиля боковых откосов и критических волновых условий. Это может выполняться с использованием исследований на гидравлических моделях или путем инженерного анализа.

#### 10.3.4.5 Устойчивость берега

Береговые защитные системы и объекты должны проектироваться с учетом воздействия льда и береговых процессов, если они не располагаются на безопасном расстоянии от береговой линии или обрывистого берега, для предотвращения воздействия изменения береговых процессов на проектируемые объекты в течение расчетного срока их службы.

### 10.4 Сейсмостойкое проектирование

Сейсмостойкое проектирование должно соответствовать требованиям стандарта ISO 19901-2 и учитывать как общие, так и локальные разрушения грунтового материала заполнения острова и системы защиты. Необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- конструкция в целом должна исключать общее разрушение сооружения в результате землетрясения;
- разрушение локальных элементов конструкции, таких как защита откосов, во время землетрясения не должно приводить к общему разрушению сооружения;

- системы защиты, которые являются критическими для всего сооружения, должны проектироваться таким образом, чтобы предотвратить локальное и общее разрушения.

Грунтовый материал заполнения искусственного острова может замерзать зимой. При разработке сейсмостойкой конструкции следует учитывать состояния как замерзшего, так и незамерзшего материала.

Строительство искусственных островов на многолетнемерзлых грунтах может вызывать постоянное замерзание грунтового материала острова, и это условие необходимо учитывать при оценке сейсмичности сооружения.

Необходимо учитывать вызываемое сейсмическими воздействиями разжижение грунтов в конструкции тела искусственного острова или его основания. Искусственные острова могут быть подвержены воздействию цунами, и это воздействие необходимо учитывать при проектировании.

## **10.5 Строительство**

Строительство искусственных островов в районах с арктическими условиями должно планироваться с учетом ограниченных по времени периодов («окон») возможного строительства из-за наличия ледового режима и других ограничений, связанных с логистикой.

## **10.6 Мониторинг и техническое обслуживание**

### **10.6.1 Общие положения**

В качестве неотъемлемой части проекта необходимо подготовить всестороннюю программу общего мониторинга и технического обслуживания. Соответствующее руководство приведено в 16.4.

### **10.6.2 Мониторинг окружающей среды**

Для оценки величины нагрузок, которые воздействуют на сооружение, и определения причин повреждения сооружения (если такое произошло) необходимо иметь достаточно данных о физическом состоянии окружающей среды. Условия окружающей среды, которые должны регистрироваться в течение расчетного срока

службы сооружения, включают следующие данные:

- скорость и направление ветра;
- температура;
- уровень воды и состояния моря;
- ледовые параметры, например, такие как толщина льда, фазы ледового

режима, ледоход, типы и повторяемость льдов и их взаимодействие с искусственными сооружениями.

Данные должны соответствовать определенному участку строительства сооружения. При условии выполнения применяемых требований данные, полученные на одном участке, могут использоваться для выполнения требований по мониторингу окружающей среды для нескольких сооружений, строящихся в непосредственной близости.

### **10.6.3 Мониторинг сооружения**

Для измерения определенных аспектов основания и состояния грунтового материала заполнения острова необходимо установить соответствующие геотехнические приборы и контролировать эти параметры в течение всего расчетного срока службы острова. Эти измерения должны включать, но не ограничиваясь только указанным, следующие основные параметры:

- осадка, наклон и горизонтальная деформация;
- реакция порового давления;
- значения температуры грунтового материала конструкции острова и

грунтового основания.

Система защиты откосов должна инспектироваться не реже одного раза в год после каждого случая или сезона, при которых потенциально возможны новые существенные повреждения сооружения. В случае, если в системах защиты откосов используются армированные блоки, то при проведении инспекции следует учитывать позиции, которые включают деформацию откосов, повреждение и смещение армированных блоков. В случае с системами защиты откосов, в которых используются грунтовые защитные ограждения в виде буферной зоны, необходимо



выполнять оценку объемов и свойств оставшегося грунтового защитного материала.

#### **10.6.4 Техническое обслуживание**

В результате проведения ежегодной или специальной инспекции системы защиты откосов выполненная оценка должна учитывать, способна ли система защиты продолжать выполнять свои функции в режиме расчетных воздействий.

Если собранные данные мониторинга или проведенная оценка указывают на несоответствие фактических рабочих характеристик острова расчетным критериям или установленным пределам, то необходима повторная оценка сооружения для определения фактического соответствия этих данных или полученных результатов. В случаях, если определено, что текущее состояние сооружения не соответствует установленным критериям по эксплуатационной надежности, то необходимо выполнить соответствующие восстановительные работы для достижения проектных параметров надежности.

### **10.7 Вывод из эксплуатации и рекультивация**

Сооружение должно планироваться, проектироваться, строиться и технически обслуживаться таким образом, чтобы свести до минимума риски для жизни людей, риски навигации судов и риски неблагоприятного воздействия на окружающую среду в течение расчетного срока службы и после вывода из эксплуатации и/или рекультивации. Для этого при планировании вывода сооружения из эксплуатации и/или рекультивации необходимо учитывать следующие положения.

#### **10.7.1 Материалы**

Материалы, используемые для строительства сооружения и защиты его откосов, должны быть либо заменяемыми для полного их удаления во время вывода сооружения из эксплуатации или рекультивации, либо не должны представлять существенной угрозы для жизни людей, безопасной навигации или для окружающей среды, если они будут оставлены на участке после вывода сооружения из эксплуатации или рекультивации.

### **10.7.2 Заглубленные в грунт элементы**

Расположение каждого заглубленного в грунтовый материал сооружения элемента, который может представлять угрозу для жизни людей, безопасной навигации или для окружающей среды, если он будет оставлен на площадке после вывода сооружения из эксплуатации или рекультивации, должно быть определено с достаточной точностью для обеспечения беспрепятственного удаления этого элемента в процессе вывода сооружения из эксплуатации или рекультивации. Это положение применяется в равной степени и к элементам, заглубленным в грунт основания в процессе строительства сооружения или в течение расчетного срока его эксплуатации.

### **10.7.3 Регистрация**

В течение расчетного срока службы необходимо вести журналы регистрации учета фактического состояния сооружения, а также всех его изменений. Эти документы должны включать места расположения всех элементов, заглубленных в грунтовом материале сооружения и грунтовом основании.

### **10.7.4 Безопасность**

Безопасность персонала и оборудования в процессе вывода сооружения из эксплуатации или рекультивации, при защите от воздействия гидрометеорологических условий и ледовых нагрузок на всех этапах его демонтажа должна учитываться при подготовке плана вывода сооружения из эксплуатации или рекультивации. Эти работы должны выполняться в соответствии с установленными в плане мерами обеспечения безопасности.

### **10.7.5 Защита окружающей среды**

Работы по выводу сооружения из эксплуатации или рекультивации должны выполняться в соответствии с мерами по защите окружающей среды, приведенными в разделе 5.

## **11 Стационарные стальные сооружения**

### **11.1 Общие положения**

Морские стационарные стальные сооружения в арктических районах должны соответствовать требованиям стандарта ИСО 19902, а также требованиям настоящего стандарта. К таким сооружениям относятся сооружения в виде стальной пространственной рамы из цилиндрических труб, моносвайные, рамные свайные сооружения, сооружения с гравитационным основанием и армированными пластинами, железобетонные (составные) сооружения с гравитационным основанием, а также сооружения, являющиеся комбинацией из вышеуказанных конструкций. Проектирование нецилиндрических элементов сооружения, которые с конструктивной точки зрения являются балками, колоннами или балками-стойками, должно выполняться в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19901-3.

### **11.2 Общие требования к проектированию**

#### **11.2.1 Проектирование с учетом пластических деформаций**

Для сопротивления воздействию случайных нагрузок, нагрузок от землетрясений и ледовых нагрузок проектного уровня или других нагрузок окружающей среды необходимо использовать сорта стали, предназначенные для арктических районов, для достижения требуемого уровня пластичности и прочности. В случаях, когда нагрузкам подвергается только часть сооружения, можно перераспределить нагрузки с учетом пластичности и вязкости материала.

#### **11.2.2 Коэффициенты сопротивления**

Частные коэффициенты сопротивления для использования при расчете морских стационарных стальных сооружений в арктических районах должны определяться в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19902.

#### **11.2.3 Контроль трещинообразования**

Контроль трещинообразования должен учитываться при выборе всех материалов и процедур проектирования сооружения. Расчетная прочность должна определяться в соответствии с требованиями ИСО 19902 и дополнительными требованиями в 11.9.

### **11.2.4 Влияние температуры**

Необходимо учитывать температурные напряжения, возникающие из-за перепада температур на сооружении.

### **11.2.5 Повреждения, вызванные замерзанием воды**

Сооружение и механические системы должны быть защищены от повреждений, вызываемых замерзанием воды, путем использования теплоизоляции, обогрева, дренирования, применения соответствующих материалов или с помощью других пригодных средств. Любая активная система предотвращения повреждений от замерзания воды должна обеспечивать приемлемый уровень надежности сооружения или системы. Приемлемый уровень надежности сооружения или системы должен определяться в соответствии с принципами, установленными в разделе 7.

## **11.3 Моделирование и расчет сооружения**

### **11.3.1 Общие положения**

На каждом этапе анализа модель сооружения и уровень ее сложности должны соответствовать предполагаемому режиму эксплуатации сооружения и точности требуемых результатов, см. стандарт ИСО 19902.

### **11.3.2 Взаимодействие льдов и сооружения**

При необходимости должны моделироваться процессы взаимодействия системы «лед - морская вода - грунт - сооружение», а также динамические свойства грунта основания сооружения.

### **11.3.3 Динамический расчет**

Необходимо учитывать динамическое воздействие ледовых, волновых, ветровых нагрузок, нагрузок, создаваемых течениями, землетрясений, ударных и функциональных нагрузок. Динамические воздействия являются важными факторами возникновения резонансных колебаний на всем сооружении или на его элементах. Особое внимание должно уделяться потенциальным вибрациям стальных конструкций под воздействием льда, когда вертикальные или почти вертикальные элементы подвергаются ледовым нагрузкам.

Динамический расчет может включать влияние демпфирования, например, внутреннее демпфирование материалов сооружения и рассеивание энергии в местах соединений.

Необходимо учитывать взаимодействие системы «лед-вода-сооружение» с присоединенной массой воды и льда, влияние энергии волн на бесконечно удаленную точку (гидродинамическое демпфирование), влияние трения и рассеивание энергии ледового воздействия. При необходимости для исследования пограничных состояний взаимодействия системы «лед-жидкость-грунт-сооружение» необходимо использовать частотные функции полного сопротивления конструкции.

#### **11.4 Прочность трубчатых элементов и соединений**

Конструктивные элементы и соединения между элементами, которые расположены в местах, подверженных воздействию ледовых нагрузок, должны проектироваться с учетом сопротивления воздействию локальных ледовых нагрузок в сочетании с соответствующими общими нагрузками.

Необходимо учитывать возможность повреждения цилиндрических элементов и соединений под воздействием ледовых нагрузок. Условия допустимых повреждений должны рассматриваться в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19902.

#### **11.5 Прочность панелей с ребрами жесткости**

Панели с ребрами жесткости должны проектироваться с учетом сопротивления воздействию нагрузок, которым они могут подвергаться, включая изгиб, растяжение, сжатие, прочность на сдвиговые нагрузки, действующие по нормали к плоскости панели. Особое внимание необходимо уделять воздействию локальных ледовых нагрузок.

Проектирование конфигураций панелей с ребрами жесткости должно выполняться в соответствии с требованиями настоящего стандарта, см. А.11.5 (Приложение А). При воздействии локальных ледовых нагрузок по ELIE допускается изгибающая нагрузка для ребер жесткости до разрушения пластины и продолжающая выполнять свою функцию. Изгибающая нагрузка допускается при

условии, что пластина и ребро жесткости соразмерно воспринимают пластическую деформацию. Для локальной ледовой нагрузки проектного уровня ELIE компоновка пластины и ребра жесткости должна проверяться с использованием нелинейного анализа конечных элементов. На основе результатов нелинейного анализа конечных элементов должен определяться соответствующий коэффициент безопасности по разрыву, деформации при разрыве и остаточной деформации, а также должна определяться остаточная деформации как пластины, так и ребра жесткости.

Использование изгибающей нагрузки не допускается в случае, если сжатие в одной плоскости при воздействии общих нагрузок действует в сочетании с поперечными локальными ледовыми нагрузками и/или в случае значительных последствий разрыва пластины. Проектирование панелей с ребрами жесткости должно производиться в соответствии с требованиями настоящего стандарта по критериям упругой деформации, см. А.11.5, (Приложение А).

## **11.6 Прочность железобетонных композитных панелей**

### **11.6.1 Общие положения**

Положения настоящего раздела применяются к композитным ледостойким панелям, состоящим из внешних стальных листов и бетонного наполнителя, соединенных работающими на срез шпонками, ребрами жесткости, поперечными и продольными перемычками или их сочетаниями. Эти панели также могут включать стандартную арматуру железобетона, например, внешние пластины, бетонный наполнитель, решетчатую перемычку, ребро жесткости, работающую на срез шпонку и т.д.

Хотя композитные конструкции могут применяться для бетонных цилиндрических элементов и трубных соединений и узлов, проектные требования для таких элементов не включены в настоящий стандарт. При расчетах бетонных сооружений необходимо руководствоваться требованиями стандарта ИСО 19903.

Композитные панели должны проектироваться с учетом сопротивления изгибу и сдвигу в результате воздействия нагрузок, действующих по нормали к плоскости панели (поперечные нагрузки), и сопротивления к растягивающему усилию в

плоскости, сжатию и сдвигу в результате воздействия нагрузок, параллельных плоскости панели (вертикальной или горизонтальной).

Стальные элементы композитной панели должны проектироваться с учетом сопротивления воздействиям всех нагрузок, включая нагрузки, возникающие при формовке бетонных блоков и при строительстве, до достижения бетоном достаточной прочности.

Необходимо учитывать влияние деформаций, возникающих из-за изменений температуры и теплового градиента по толщине панели. В местах, где бетон заполняет все пустые пространства в армированных панелях, ребра жесткости панелей и балки могут рассматриваться, как элементы, имеющие боковую защиту от местных изгибов.

Каждый элемент композитной панели (внешняя пластина, бетонный наполнитель, лист рамного шпангоута, ребро жесткости, работающая на срез шпонка, арматура и т.д.) должен иметь расчетное сопротивление, которое превышает расчетную нагрузку или сочетание таких нагрузок. Необходимо принять соответствующие меры для предотвращения преждевременного продольного изгиба внешних стальных пластин.

Для определения нормативных сопротивлений могут использоваться методы определения нижних и верхних пределов пластичности и эмпирические уравнения при условии, что применяемые методы проверены экспериментальным путем.

#### **11.6.2 Методы анализа**

Для определения напряженного состояния конструкции под воздействием локальных нагрузок могут применяться методы анализа упругости или пластичности. Используемый метод анализа должен соответствовать типу композитных панелей. Дополнительное руководство по методам анализа дано в А.12.3 (Приложение А).

Анализ пластичности может использоваться при условии, что применимость метода может быть проверена экспериментально, и что обеспечивается достаточная пластичность элемента. Анализ пластичности может использоваться для:

- элементов, работающих на изгиб;

- элементов, допускающих скольжение на границе контакта (т. е. напряжения под воздействием сил между внешними стальными листами и бетонным наполнителем не совпадают);
- участков, расположенных вблизи опор или сосредоточения нагрузок, а также мест резкого изменения сечения;
- других ситуаций, где предполагается возникновение изгибов.

### **11.6.3 Свойства материалов**

Свойства материалов, используемых для бетонных и стальных элементов усиления, должны определяться в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19903. Свойства конструкционной стали должны определяться в соответствии с требованиями настоящего стандарта и стандарта ИСО 19902.

### **11.6.4 Расчет поперечных нагрузок**

#### **11.6.4.1 Изгиб**

Максимальное допускаемое напряжение без поправочных коэффициентов при критическом сжатии бетонной массы должно приниматься равным 0,003, если не будут определены специальные ограничения для данного типа бетона. В этом случае проектировщик должен документально зафиксировать увеличение используемого значения напряжения.

Если оценивается, что плоские сечения остаются плоскими, то можно предполагать, что зависимость между напряжением сжатия и деформацией бетона является параболической, трапецеидальной или имеет любую другую форму, что обеспечивает достаточное соответствие с результатами всесторонних испытаний.

При расчёте плоских сечений напряжение во внешних стальных пластинах и в любых внутренних стальных элементах, которые обеспечивают сопротивление изгибу (перемычки, ребра жесткости, арматура и т.д.) рассчитывается как  $1/y_s$  частей от значения напряжения, определенного исходя из совместимости напряжения на основе кривой «напряжение-деформация» для данной стали, где  $y_s$  - коэффициент сопротивления стали.



Если для определения распределения усилий в элементе использовался пластический анализ, то предполагается, что максимальное напряжение сжатия в диагональной бетонной стойке должно быть равно  $\eta f_c / \gamma_c$ , где  $f_c$  – прочность бетона на сжатие,  $\gamma_c$  – коэффициент сопротивления бетона, а коэффициент эффективности  $\eta$  определяется экспериментально. Если для определения распределения усилий в элементе использовался пластический анализ, то напряжения во внешних стальных пластинах и в любых внутренних стальных элементах, которые обеспечивают сопротивление изгибу (перемычки, ребра жесткости, арматура и т.д.), не должны превышать величину напряжения, при котором предполагается возникновение деформации (т. е.  $f_y / \gamma_s$ , где  $f_y$  – нормативный предел текучести).

При расчете проектного сопротивления изгибу прочность на растяжение бетона не должна учитываться.

Передача нагрузок с внешних стальных пластин на бетонный наполнитель должно достигаться с использованием работающих на срез шпонок, поперечных перемычек или поперечных ребер жесткости. Передача нагрузки путем граничного трения не должна учитываться, если не обеспечивается усиление трения сдвига (болтами с головками или другими механическими соединениями).

#### 11.6.4.2 Сдвиг

Сопротивление композитной панели сдвигу должно обеспечиваться бетонным наполнителем или бетонным наполнителем в сочетании с одним или несколькими следующими элементами:

- продольными перемычками, которые передают сдвиг непосредственно на опоры;
- поперечными перемычками, которые действуют как элементы усиления, противодействующие сдвигу;
- перекрывающими стальными болтами с головками, действующими как элементы усиления, противодействующие сдвигу;
- стандартными усиливающими стержнями, действующими как элементы усиления, противодействующие сдвигу;

- стержнями, проходящими по всей толщине материала, действующими как элементы усиления, противодействующие сдвигу;
- непрерывными продольными перемычками, действующими как элементы усиления, противодействующие сдвигу.

Сопротивление сдвигу панели, которая подвержена воздействию сконцентрированной поперечной нагрузки, должно быть меньше сопротивления, определенного с учетом:

- нагрузки на балку с критическим сечением в плоскости через полную ширину, или
- ударной нагрузки с критическим сечением по периметру нагруженной площади.

### **11.6.5 Расчет плоскостных нагрузок**

Расчетное значение осевого и плоскостного сопротивления сдвигу должно определяться с использованием рационального метода, проверка которого выполняется на основе экспериментальных процедур. Необходимо учитывать передачу нагрузок между бетонным каркасом и внешними стальными пластинами, а также предотвращение изгиба внешних пластин при сжатии.

## **11.7 Сейсмостойкое проектирование**

### **11.7.1 Рамные стальные сооружения**

Стационарные стальные морские сооружения в арктических районах могут иметь форму усиленного кессона, автономного кессона, опорного блока, монобашни или стального гравитационного сооружения в соответствии с ИСО 19902.

Руководство по процедурам и критериям сейсмостойкого проектирования дано в стандарте ИСО 19901-2.

Сейсмостойкое проектирование жестко соединенных кессонов, автономных кессонов и металлоконструкций опорных блоков должно выполняться в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19902 и с учетом любого руководства, приведенного в данном стандарте в отношении резерва сейсмической устойчивости и рекомендаций по пластически деформируемым конструкциям. Сейсмическое

проектирование всех других стальных сооружений должно также выполняться в соответствии с требованиями стандарта ИСО 19902 за исключением коэффициента сейсмической резервной устойчивости, который должен определяться индивидуально для каждого сооружения. В качестве альтернативы необходимо определить с использованием детального структурного анализа, что сооружение удовлетворяет требованиям, соответствующим уровням ALE и ELE.

#### **11.7.2 Стальные конструкции с ребрами жесткости**

Стальные конструкции с ребрами жесткости обычно составляют каркас платформы гравитационного типа. Необходимо учитывать вышеприведенные основные принципы сейсмостойкого проектирования, особенно требования по характеристике пластичности при ELE и условию целостности при ALE.

Основным фактором сейсмостойкого проектирования является характеристика пластичности стальных конструкций с ребрами жесткости при ALE. Характеристика пластичности должна определяться путем детального структурного анализа с соответствующей детализацией соединений для обеспечения требуемой пластичности. В качестве альтернативы стальные конструкции с ребрами жесткости могут рассчитываться на соответствие требованиям для ALE, включая расчет соединений, и, таким образом, исключить требование по определению характеристики пластичности.

#### **11.8 Усталость материала**

Циклические напряжения, вызываемые воздействием ледовых нагрузок, должны рассматриваться при оценке усталостных характеристик материала.

Необходимо учитывать реакции сооружения на воздействие циклических ледовых нагрузок, которые могут вызвать усталостные разрушения элементов сооружения и сварных соединений.

Сопротивление воздействию низкочастотных, высокоамплитудных циклических напряжений необходимо оценивать с использованием методов, которые применимы для оценок циклических напряжений с низкой частотой, высокой амплитудой с использованием региональных методик по определению поведения окружающей среды.

## **11.9 Материалы, испытания и неразрушающий контроль**

### **11.9.1 Общие положения**

Как установлено в стандарте ИСО 19902, класс конструкции (DC) должен использоваться для выбора материалов и, особенно, для определения требований к прочности. Для сооружений в арктических районах используемое для выбора материалов и выполнения испытаний значение LAST должно определяться в соответствии с настоящим стандартом, если оно точно не определено в региональных нормативных требованиях.

### **11.9.2 Класс конструкции**

Класс конструкции для стали должен выбираться в соответствии с ИСО 19902. Класс конструкции для элементов моносвай, жестко соединенных свай и конструкций с ребрами жесткости должен определяться в соответствии с принципами, установленными в стандарте ИСО 19902.

### **11.9.3 Класс прочности**

Соответствующий класс прочности должен выбираться на основе факторов, определенных в ИСО 19902.

### **11.9.4 Требования к прочности**

Минимальные требования к прочности должны соответствовать стандарту ИСО 19902.

### **11.9.5 Требования к проведению неразрушающих испытаний**

Минимальные требования к неразрушающим испытаниям должны соответствовать ИСО 19902.

## **11.10 Защита от коррозии и абразивного износа**

### **11.10.1 Катодная защита**

Для сооружения, подверженного воздействиям морского льда, необходимо разработать и установить защитные анодные системы, которые предназначены для предотвращения повреждений от ледового воздействия и обеспечения требуемой функциональности. Проектирование защитных катодных систем должно быть основано на установленных методах.

### **11.10.2 Истирание (абразивный износ)**

Если сооружение может подвергаться сильному истиранию в результате ледового воздействия, то при проектировании необходимо учитывать неконтролируемые потери от коррозии. Для сооружений, которые подвергаются абразивному износу в результате ледового воздействия, необходимо обеспечить дополнительные меры по увеличению толщины стенок или должны использоваться соответствующие защитные системы или сочетания систем для защиты элементов сооружения.

### **11.10.3 Щелевая коррозия**

Металл сварного шва в зоне термического воздействия и химический состав исходного листа должны выбираться таким образом, чтобы минимизировать разность между металлургическим и электрическим потенциалами сопрягаемых металлов для предотвращения селективного воздействия на сварной шов.

### **11.11 Сварка**

Сварочные материалы должны выбираться с учетом минимизации коррозии сварных соединений.

## **12 Стационарные бетонные сооружения**

### **12.1 Общие требования**

#### **12.1.1 Общие положения**

Стационарные морские бетонные сооружения, предназначенные для эксплуатации в арктических регионах и регионах с холодным климатом, по своей конструкции должны соответствовать ИСО 19903 и требованиям настоящего стандарта.

Ледостойкие бетонные сооружения, помимо воздействия льдов или айсбергов, могут испытывать нагрузки от сильных течений и волн.

### **12.1.2 Требования к конструкции**

При проектировании бетонных конструкций должна учитываться вероятность абразивного истирания и скалывания / растрескивания в результате воздействия движущихся ледяных полей и ударов отдельных льдин с целью обеспечения заданного срока службы сооружения. Это достигается либо соответствующей расчетной прочностью бетона, либо использованием защитных стальных облицовочных листов (армированием) в зоне ледового воздействия, либо, для особо суровых условий, комбинацией этих двух способов.

Прочность бетона должна определяться исходя из сочетания абразивного истирания, спровоцированного движущимися льдами, разрушения в результате замерзания-оттаивания и коррозии усиливающих элементов.

Наиболее устойчивыми к разрушению и дроблению являются конструкции с гладкими внешними поверхностями без выступающих деталей в зоне ледового воздействия.

Анкерные крепления и другие критичные элементы конструкции бетонного сооружения должны быть расположены как можно дальше от мест, подверженных непосредственному воздействию ледовых нагрузок.

### **12.1.3 Требования к материалам**

Бетон должен обладать достаточной морозостойкостью к замерзанию/оттаиванию. При этом следует учитывать сопротивление материала воздействию циклов замерзания/оттаивания и коррозии.

Стальная арматура должна обладать достаточными характеристиками прочности и вязкости в заданных температурных условиях.

## **12.2 Нагрузки и нагрузочный эффект**

Использование сочетаний нагрузок и коэффициентов для предельных состояний должно осуществляться в соответствии с разделом 7.

При определении динамической реакции сооружения и его основания на ударные воздействия льдов, должно быть учтено их влияние как на сооружение в целом, так и на его отдельные элементы.

## **12.3 Расчет конструкции**

### **12.3.1 Динамический расчет**

При проектировании бетонных сооружений должны быть учтены вибрационные и другие динамические нагрузки, вызванные воздействием льда, требования к которым приведены в 11.3.3.

### **12.3.2 Перепады давлений**

При проектировании сооружения должны быть учтены возможные (запланированные) кратковременные перепады давления в любой части сооружения в период его эксплуатации (например, за счет опорожнения внутреннего хранилища). В случае возникновения таких условий следует уделить особое внимание появлению и росту трещин.

### **12.3.3 Физическая модель**

#### **12.3.3.1 Взаимодействие грунтов**

Для оценки воздействия ледовых нагрузок должны проводиться статический и динамический расчеты всего сооружения. Для оценки динамической реакции основания может быть использована общая упрощенная модель. Необходимые динамические характеристики грунта должны определяться в соответствии с положениями раздела 9. Динамический эффект может быть смоделирован в виде статического эквивалента нагрузок (например, периоды ускорения массы) методом конечных элементов (FE-анализ) в сочетании с сопутствующими статическими нагрузками. Более подробное руководство приведено в стандарте ИСО 19903.

Демпфирующие свойства сооружения и основания должны определяться на основе современных и общепризнанных подходов. При выполнении расчетов на усталость следует использовать пониженные значения коэффициентов демпфирования. Характеристики внутреннего демпфирования грунта должны

учитывать уровни напряжения в грунте и его структуру в соответствии с положениями раздела 9.

В особых случаях различные типы ледовых нагрузок могут привести к необходимости моделирования различных оснований: например, для циклических и ударных нагрузок может потребоваться моделирование оснований с различными отношениями между напряжением и деформацией.

#### 12.3.3.2 Другие аспекты

Закладные элементы, воспринимающие нагрузку, должны быть надежно закреплены в бетоне. В случае растягивающей нагрузки необходимо рассмотреть растягивающие напряжения, действующее во всех направлениях.

#### 12.3.3.3 Тепловое воздействие

Особое внимание следует уделить оценке нагрузки, вызванной тепловым воздействием внутри компонентов бетонного сооружения, в которых хранится горячая нефть.

### 12.3.4 Типы расчетов

#### 12.3.4.1 Упруго-линейный статический расчет

Применение линейных аналитических и численных методов расчета конструктивных систем позволяет, в целом, определить с приемлемой точностью нагрузочные эффекты в конструктивных элементах сооружения для проверки критериев SLS и ULS при учитываемых ледовых воздействиях. Нагрузочные эффекты, возникающие в конструкции вследствие отклонений от идеальной формы и от номинальных значений геометрических параметров, следует учитывать путем применения соответствующих геометрических допусков.

При оценке поперечной прочности на срез в бетонной секции при анализе ледовых нагрузок допускается использование повышенных значений сдвиговой прочности вблизи точек опирания, но такое повышение следует исключить в отношении той части сдвиговой нагрузки, которая порождается гидростатическим давлением (см. п. 8.2.10 стандарта ИСО 19903).



#### 12.3.4.2 Нелинейный расчет

В необходимых случаях, в расчетах требуется учитывать нелинейное поведение материала и геометрическую нелинейность, в частности, при расчете аномальных предельных состояний ALS. Если в проекте предполагается использование нелинейных моделей, отклоняющихся от нелинейного поведения материалов, описанного в национальных стандартах на проектирование бетонных сооружений, на которые делается ссылка в настоящем стандарте, то характеристики материалов должны быть подтверждены результатами физических испытаний или опубликованными данными в отношении материалов с соответствующими свойствами.

В некоторых случаях оценка влияния фактора нелинейности на нагрузочный эффект в конструктивных элементах сооружения, подвергаемых воздействию льда, может быть получена в рамках линейного подхода без выполнения полного нелинейного анализа сооружения в целом. В частности, в рамках «метода приведенной жесткости» можно учитывать влияние трещин на распределение нагрузочных эффектов в конструктивных элементах путем снижения номинальных значений жесткостных параметров элементов (на растяжение и на изгиб). Состояние окончательного равновесия после перераспределения следует проверить путем сравнения значений внутренних напряжений и деформаций в рассматриваемых элементах, находящихся в состоянии растяжения, с аналогичными параметрами соседних элементов. Перераспределение нагрузочных эффектов может быть определено с помощью метода конечных элементов (МКЭ-расчет).

Для достоверной идентификации зон, где локальные напряжения могут превысить предел упругости, можно использовать локальные нелинейные МКЭ-расчеты на мелкой сетке. Для нелинейной модели следует использовать граничные условия, полученные по результатам общего линейного МКЭ-расчета; при этом соответствующие границы нужно размещать на существенном удалении от упруго-пластической зоны. При совмещении результатов расчетов, полученных с помощью

разных МКЭ-расчетов, следует осуществлять проверку совместности сил и деформаций в интерфейсных областях применительно к данному типу нагрузки.

### **12.3.5 Требования к проведению расчетов**

#### **12.3.5.1 Расчеты для стадии строительства**

При проведении расчетов для стадии строительства сооружения следует учитывать внутренние напряжения, возникающие вследствие последовательности этапов строительства и динамики воздействия температуры, см. А.12.3.4.1 (Приложение А).

#### **12.3.5.2 Обеспечение ремонтпригодности в процессе эксплуатации**

Факторы состояния эксплуатационной надежности (SLS) важны для определения ширины трещин, потенциальной коррозии и их локализации.

В зависимости от региональных ледовых условий, значения ледовых нагрузок могут быть включены в сочетания нагрузок для расчетов по SLS, если они часто возникают в течение короткого периода временного ряда.

Ограничение смещений и перемещений также следует учесть в отношении эксплуатационной надежности сооружения.

#### **12.3.5.3 Расчет на выносливость**

Расчет на выносливость должен проводиться в соответствии с ИСО 19903 для ледовых нагрузок в сочетании с нагрузками от ветра, волн и течений.

Усталостные характеристики стальной арматуры, закладных деталей, сварных соединений и пр., а также бетона должны соответствовать низким температурам, преобладающим в Арктике и других холодных климатических зонах.

#### **12.3.5.4 Анализ аварийных и аномальных ситуаций**

При аномальных ледовых ситуациях (событиях) потенциально могут развиваться последовательные разрушения.

В случае превышения предельной величины нагрузки, проектом должны быть предусмотрены в первую очередь местные разрушения внешних структурных элементов. Мероприятия по локализации разливов нефти должны составлять

отдельную часть анализа. Разрушение участка внешней оболочки нефтяного резервуара (хранилища), вызывающее разлив нефти, недопустимо. Значение коэффициента искривления потенциального участка разрушения (отношения искривления при разрушении к первоначальному искривлению) должно быть не менее 6.

### **12.3.6 Сейсмичность**

Проектирование бетонных сооружений в Арктических и других регионах с холодным климатом должно соответствовать требованиям ИСО 19901-2. Сейсмостойкое проектирование должно обеспечивать сейсмостойкость сооружения (т.е. сохранения устойчивости, работоспособности и безопасности объекта) при экстремальном землетрясении (ELE) и его сейсмопрочность (т.е. неразрушение конструкции) при аномальном землетрясении (ALE). Ключевым фактором является прочность больших колонн, которые часто являются элементами железо-бетонных сооружений (GBS), поскольку разрушение колонны может привести к общему обрушению. Характеристики вязкости бетонных сооружений можно получить при условии, что будет внедрена пластичная конструкция и дано ее подробное описание.

В качестве альтернативы, бетонные сооружения могут быть сконструированы таким образом, чтобы обеспечить их эластичность даже в условиях ALE, которая отвечает двойным требованиям ELE и ALE. В таких случаях конструкция должна включать в себя пластическую характеристику (а не хрупкую характеристику) разрушения.

Такой же подход следует использовать для композитных стальных и бетонных сооружений.

## **12.4 Бетонные работы**

### **12.4.1 Расчеты**

#### **12.4.1.1 Принципы расчета элементов каркаса**

Морские арктические сооружения часто подвергаются сосредоточенным нагрузкам, действующим на их каркасы. Каркасы сооружений должны быть сконструированы таким образом, чтобы предотвращать их смятие при продольном

изгибе, принимая во внимание вероятные геометрические дефекты, которые снижают сопротивление продольному изгибу и усиливают возникающие в каркасах моменты.

#### 12.4.1.2 Принципы расчета усталости материалов

При конструировании должно быть признано дополнительное влияние изменяющихся во времени сильных ледовых нагрузок на усталостные характеристики материала, см. 8.2.6.

#### 12.4.1.3 Принципы расчета продолжительности срока службы сооружения

Циклы замерзания-оттаивания и абразивное воздействие льдов — это два основных фактора, которые могут обуславливать опасность сокращения срока службы бетона в арктических и других районах с холодным климатом. Эти механизмы рассматриваются в 12.4.1.4.

#### 12.4.1.4 Циклы замерзания-оттаивания

##### 1) Общие положения

Часть сооружения, которая подвергается наибольшему количеству циклов замерзания-оттаивания, это та часть, которая наиболее близко расположена к поверхности воды. Если качество бетона низкое, влажный бетон будет разрушаться при периодическом воздействии на него циклов замерзания-оттаивания. Многократное замерзание и оттаивание постоянно создает растущее внутреннее давление, которое постепенно повреждает бетон.

Долговечный бетон для строительства морских сооружений в арктических и других районах с холодным климатом должен удовлетворять следующим требованиям:

- иметь низкую проницаемость по воде;
- иметь низкое соотношение вода-цемент;
- вовлекать воздух и иметь очень высокое качество заполнителя.

Низкая проницаемость предотвращает абсорбцию воды в бетон. Вовлечение воздуха улучшает сопротивление бетона замерзанию и оттаиванию, потому что

защитные поры снижают давление замерзающей воды в цементном камне, см. А.12.4.1.4.1 (Приложение А).

### 2) Абразивное воздействие льда

Взаимодействие движущегося льда с сооружением может вызвать абразивное воздействие на бетон. При конструировании сооружения следует делать допуск на такое абразивное воздействие. Бетонная смесь должна быть составлена таким образом, чтобы минимизировать ухудшение характеристик из-за абразивного воздействия.

Все углы и кромки компонентов бетонного сооружения должны иметь фаску размером не менее 25 мм.

Для бетона, подвергающегося абразивному воздействию и шелушению минимум в течение 28 суток, при испытаниях цилиндрического образца прочность должна составлять 60 МПа и заполнители должны быть устойчивы к истиранию.

**Примечание** – Стандартом ИСО 19903 для морских бетонных сооружений, подвергающихся воздействию морской воды, определена минимальная прочность в размере 40 МПа. В тех частях сооружения, где ожидается сильное абразивное воздействие льдов, гальки, песка или ила, прочность на сжатие для цилиндрических образцов в течение 28 суток должна быть не менее 60 МПа.

### 3) Защитный слой бетона

Влияние износа и ледового абразивного воздействия следует учитывать при выборе надлежащего бетонного покрытия для арматуры.

Влияние износа и абразивного воздействия в результате повторяющихся ледовых нагрузок должно быть объяснено в определении бетонного покрытия.

#### 12.4.1.5 Принципы расчета продольного изгиба

Работающие на сжатие элементы, т.е. компоненты сооружения, подвергающиеся воздействию высоких сжимающих сил в результате, например, больших ледовых нагрузок, должны быть при необходимости рассчитаны на продольный изгиб. Работающая на сжатие арматура должна быть связана с

соответствующей арматурой, проходящей по толщине сооружения с тем, чтобы обеспечить отсутствие влияния растяжения и выталкивания, в частности, в криволинейных компонентах, находящихся под гидростатическим или ледовым давлением.

Для сооружений или частей сооружений, где продольный изгиб может быть существенным, влияние смещений и дефектов геометрии должно быть учтено при определении местных сил. Параметры жесткости, используемые в анализе, должны отражать ожидаемое распределение жесткости при воздействии комбинации нагрузок, соответствующих рассматриваемому предельному состоянию.

#### 12.4.1.6 Принципы расчета внешних деформаций

Должны учитываться деформации, связанные с воздействием температуры, перепадом температур и нагрузок от ледяных образований, действующих внутри отсеков сооружения.

#### 12.4.1.7 Расчет пожарной устойчивости

Следует признать и рассмотреть потенциальную вероятность снижения пожарной устойчивости там, где покрытие было увеличено для того, чтобы обеспечить устойчивость к абразивному воздействию. Для этой комбинации может быть необходима дополнительная арматура.

#### 12.4.1.8 Частные коэффициенты для материалов

Характеристики материала должны быть такими, чтобы был достигнут уровень безопасности, отвечающий требованиям раздела 7.

#### 12.4.1.9 Демпфирующая способность системы

Сооружение должно обладать демпфирующими свойствами в пределах, достаточных для того, чтобы выдержать аварийные нагрузки и аномальные природные события.

В случае воздействия учитываемых в проекте аномальных или аварийных нагрузок результирующие нагрузочные эффекты в сооружении должны продолжать обеспечивать выполнение таких же критериев статического равновесия сооружения в целом, как и при отсутствии аномальных или аварийных нагрузок.

При определенных аномальных природных или аварийных нагрузках в одном или нескольких структурных элементах или сечениях сооружения могут оказаться нарушенными критерии ULS. Это является приемлемым при условии, что система в целом может продолжать выдерживать текущие нагрузки, ожидаемые до завершения ремонта (так называемая ситуация после аварии). В результате аномального или аварийного события сооружение может оказаться в поврежденном состоянии, при этом повреждение может выражаться в форме снижения локальной прочности, например, вследствие откалывания фрагментов материала или его текучести. В рамках указанного подхода необходимо обеспечить целостность системы хранения нефти.

Структурные элементы, которые могут быть перегружены вследствие аномальных природных или аварийных событий, должны быть сконструированы таким образом, чтобы обладать способностью поглощать энергию в необходимом количестве. Принимается, что структурный элемент обладает надлежащими свойствами в части поглощения энергии, если при деформации, в шесть раз превышающей деформацию текучести, его остаточная прочность не менее чем на 50 % превышает его нормативное сопротивление.

При анализе демпфирующей способности системы следует принимать, что бетонное покрытие будет разрушаться в тех зонах, где вследствие аномального или аварийного события будет превышено значение расчетной прочности.

При оценке демпфирующей способности системы не следует принимать во внимание запас прочности предварительно напряженных балок в случае, когда имеет место их локальный изгиб или когда предварительное напряжение поддерживается менее, чем четырьмя независимыми устройствами.

При ледовой нагрузке аномального уровня разрушение структурного элемента сооружения не должно приводить к прогрессирующему разрушению соседних элементов, если только повреждение не устраняется немедленно. Если проектов предусматривается демонтаж сооружения на месте, то могут применяться другие критерии прогрессирующего разрушения.

При анализе критериев ALS должны быть учтены сочетания нагрузок, включающие постоянные или переменные нагрузки, при этом исключаются все внешние природные нагрузки и деформационные воздействия – за исключением предварительного напряжения и перепада температуры.

Для расчетных ситуаций, включающих повреждение, анализ критериев ULS следует выполнять для сочетания нагрузок, включающего постоянные и переменные нагрузки, но без деформационных воздействий (за исключением предварительного напряжения и перепада температуры), а также природные нагрузки экстремального уровня. Результаты оценки ULS должны учитывать ожидаемые сроки проведения ремонта, см. стандарт ИСО 19902.

Фактор демпфирования может быть учтен путем деления нагрузочного эффекта, полученного в рамках линейного подхода, на некоторый коэффициент диссипации, который относится к сооружению в целом или отдельному его элементу и учитывает нелинейное поведение или демпфирующая способность того или другого.

Значение коэффициента диссипации должно учитывать следующие факторы:

- способность сооружения к абсорбции энергии, независимо от того, является она общей или локальной;
- детализацию структурных элементов, т.е. определение их собственных демпфирующих свойств;
- иерархию механизмов разрушения, учитываемым при проектировании сооружения.

Если для подтверждения живучести сооружения в условиях ледовой нагрузки аномального уровня используется детальный нелинейный анализ, расчеты для поврежденных состояний должны выполняться для нагрузок, задаваемых функциями времени.

#### 12.4.1.10 Минимальное усиление

Следует определить минимально необходимую арматуру для усиления различных компонентов.



В секциях, подверженных влиянию комбинации высоких сжимающих напряжений и большим усилиям сдвига, основная усиливающая арматура должна быть ограничена проходящими в стены U-образными стремянками в количестве не менее 0,4% площади бетона. Это требование применяется тогда, когда комбинация осевой силы и изгибающего момента превышает прочность бетонной секции без учета распределения прочности работающей на сжатие усиливающей арматуры. Оно также применяется в тех случаях, когда сила сдвига превышает прочность секции бетона без усиливающей арматуры без участия осевой силы.

В стенах, подвергающихся непосредственному воздействию ледовых нагрузок, могут быть определены критерии особо минимальной усиливающей арматуры, чтобы обеспечить достаточную вязкость сооружения и абсорбцию энергии.

Минимально необходимая арматура для усиления должна учитывать воздействие низких температур и должна минимизировать возможность замерзания воды в трещинах.

## **12.4.2 Материалы**

### **12.4.2.1 Требования к материалам - компонентам бетона**

#### **1) Наполнители обычного веса**

Наполнитель должен быть свободен от снега и льда во время приготовления смеси.

#### **2) Легкие наполнители**

Использование бетона с легкими наполнителями в зонах, которые подвергаются абразивному воздействию льда, требует специального рассмотрения и должно быть подтверждено данными соответствующих испытаний, т.к. данный материал, в целом, отличается более низкой устойчивости к абразивному воздействию льда в сравнении с нормальным тяжелым бетоном. Содержание влаги в легком наполнителе во время его укладки следует удерживать на достаточно низком

уровне, чтобы обеспечить надлежащую устойчивость к замерзанию-оттаиванию.

Следует установить 24-часовой предел абсорбции в размере 12% по объему.

### 3) Присадки

В зонах, где в бетонный раствор способна проникнуть вода, для структурных элементов бетонного сооружения, которые могут подвергаться воздействию циклов замерзания-оттаивания, следует добавлять воздухововлекающую присадку. В постоянно сухих местах надлежащая устойчивость к воздействию мороза может быть достигнута тем, что отношение вода-цемент будет принято низким.

### 4) Материалы для ремонта

При выборе материала для ремонта следует учитывать его способность связываться со связующим бетона, чтобы не потерять его значительную часть, если замерзшая вода будет свободно выдавливаться из бетона. Материалы для ремонта должны обладать физическими и механическими свойствами (прочность, коэффициент температурного расширения и др.), сопоставимыми со свойствами связующего. Состав для ремонта должен обеспечивать устойчивость к истирающему воздействию льда, сопоставимую с бетоном в прилегающих зонах.

Для ремонта зон заплеска волны и зон, расположенных выше, следует учитывать возможность использования паропроницаемых связывающих составов, таких как латекс.

Если бетон имеет внешние покрытия, то они должны быть паропроницаемыми, чтобы избежать потенциальной возможности их отслоения.

## 12.4.2.2 Требования к материалу

### 1) Бетон

Для подтверждения требуемой степени устойчивости к воздействию замерзания-оттаивания, состав бетона для использования в арктических и других регионах с холодным климатом должен быть подвергнут соответствующим испытаниям.

Для усиленного арматурой строительного бетона, подвергающегося воздействию хлоридов в условиях замерзания и оттаивания (морские сооружения в приливной зоне) применяются следующие параметры:

- прочность на сжатие через 28 суток должна быть равна или превышать 45 МПа;
- отношение вода/цемент не должно превышать 0,40;
- содержание воздуха должно быть в диапазоне:
  - а) от 6% до 9% для наполнителей меньше 10 мм;
  - б) от 5% до 8% для наполнителей от 14 до 20 мм;
  - в) от 4% до 7% для наполнителей от 28 до 40 мм.

Если во время эксплуатационной фазы при расчетном сроке службы сооружения может произойти замерзание отвердевающего бетона, то должны использоваться добавки, захватывающие воздух.

Прежде чем начинаются бетонные работы, должны быть проведены испытания для того, чтобы определить характер системы воздушных пустот в бетоне, изготовленном из предложенных материалов, системах смешивания раствора и системах его укладки. Параметры воздушных пустот должны отвечать следующим требованиям:

- удельная поверхность больше, чем  $25 \text{ мм}^2/\text{мм}^3$ ;
- максимальный средний пространственный коэффициент составляет 0,23 мм;
- ни один пространственный коэффициент не превышает 0,26 мм.

Бетон должен быть испытан для того, чтобы определить параметры воздушных пустот в соответствии с применимым стандартом, см. А.12.4.2 (Приложение А). Количество воздуха в пластичных бетонных смесях, необходимое для соответствия этим параметрам воздушных пустот, должно использоваться для того, чтобы установить необходимое содержание воздуха для проведения последующего испытания на площадке.

Увеличенные пределы параметров воздушных пустот могут быть использованы для бетона, содержащего супер-пластификаторы и дополнительные цементирующие материалы при условии, что в наличии имеются соответствующие данные результатов испытаний замерзания и оттаивания для рассматриваемых материалов.

Во время строительства параметры воздушных пустот затвердевающего бетона должны быть проверены в утвержденных интервалах, и должен контролироваться уровень содержания воздуха в пластичном бетоне, чтобы параметры воздушных пустот соответствовали определенным выше пределам 1), 2) и 3).

Первичный критерий выбора необходимого содержания воздуха должен быть взят из определения параметров воздушных пустот в затвердевающем бетоне.

Каналы, проходящие на верх отверстия для стержней и другие небольшие отверстия в бетоне должны быть заполнены раствором из портланд-цемента, если не были предоставлены альтернативные средства исключения воды, которая может замерзнуть.

В отношении конкретных спецификаций в зонах, подвергающихся абразивному воздействию льда, необходимо учитывать следующий фактор.

#### 2) Жидкий цементный раствор и мертель

Состав жидкого цементного раствора должен иметь низкую проницаемость, должен быть устойчив к замерзанию и оттаиванию, и должен иметь аналогичную прочность на сжатие в сравнении с окружающим бетоном. Следует выбирать расширяющие добавки, чтобы избежать накопления газовых пустот, которые могут заполниться водой.

#### 12.4.2.3 Требования к материалам — сталь для арматуры

Арматура должна быть выбрана таким образом, чтобы обеспечить надлежащую эластичность при ожидаемых строительных и эксплуатационных температурах.

В зонах сооружения с потенциалом коррозии арматуры, должны поддерживаться обязательные свойства арматуры с точки зрения качества цемента, покрывных материалов и материалов арматуры, устойчивых к коррозии.

### **12.4.3 Выполнение работ**

#### **12.4.3.1 Опалубка и формовка**

Опалубка должна быть построена из материалов, имеющих удовлетворительную эластичность при температурах строительной площадки.

Следует внимательно следить, чтобы все временные выборки и закладки в опалубке были заполнены вяжущим жидким раствором. Может использоваться строительная пена или консистентная смазка, если в постоянных условиях допускается наличие пустот.

#### **12.4.3.2 Предварительное и последующее напряжение**

Следует учесть то, что анкерные крепления должны быть надлежащим образом уплотнены бетоном в местах установки, там, где возможное абразивное воздействие льдов или замерзание воды следуют за случаями освобождения от льда.

Если натяжение арматуры будет производиться при температуре ниже 5°C, она должна быть испытана вплоть до разрушения при температурах, которые также должны быть порядка 5°C, чтобы показать, что параметры хладостойкости арматуры является удовлетворительными.

#### **12.4.3.3 Защитные меры**

Вода или пар не должны использоваться для очистки каналов. Можно использовать очищенный от масла сжатый сухой воздух.

Во избежание разрушения бетона при воздействии расширения льда на пучки натяжной арматуры, имеющие существенный вертикальный подъем, следует предусмотреть, чтобы стекающая вода не улавливалась в верхней части канала.

#### **12.4.3.4 Бетонные работы**

Следует избегать отверстий, которые в холодную погоду могут создать эффект печной трубы (тяги), так как это может привести к образованию усадочных трещин.

#### 12.4.3.5 Закладные компоненты

Следует использовать надлежащие руководства для работы с закладными компонентами, см. А.12.4.3.5 (Приложение А).

#### 12.4.3.6 Гидравлические испытания

Необходимо проведение гидравлических испытаний сооружений, построенных в сухом доке, в отношении которых невозможно проведение испытаний всех уязвимых элементов на глубоководных объектах, где проводится завершение строительства скважин. Испытания должны проводиться в сухом доке настолько, насколько это возможно, с соответствующими средствами для подтверждения соответствующего уровня устойчивости к протечкам. Полезный результат самоуплотнения может способствовать сокращению объема необходимого ремонта. Самоуплотнение может быть эффективным для герметизации мелких трещин, которые образовались под воздействием температуры или в результате деформации в процессе строительства. Гидравлические испытания должны проводиться достаточно долго для завершения процесса самоуплотнения.

#### 12.4.3.7 Работы при жаркой и холодной погоде

##### 1) Бетонирование в холодную погоду

Следует предпринять меры предосторожности во время процесса отвердевания для того, чтобы обеспечить необходимую прочность бетона при температуре окружающего воздуха, см. А.12.4.3.7.1 (Приложение А).

##### 2) Заливка цементным раствором предварительно напряженного канала в холодную погоду

Во время холодной погоды все каналы следует держать сухими для того, чтобы предотвратить образование заморозков или льда в каналах. Ни вода, ни пар не должны использоваться для очистки каналов, но можно использовать очищенный от

масла сухой сжатый воздух. В начале каждой операции по заливке цементного раствора некоторой части раствора следует дать пройти по каналам и затем удалить его для того, чтобы застраховаться от наличия любой влаги в канале.

Не должна производиться заливка цементного раствора предварительно напряженной арматуры в холодное время года, если температура каналов не будет выше 2°C. Температура цементного раствора не должна опускаться ниже 2°C в течение, по крайней мере, 48 часов после заливки цементного раствора.

### 3) Укладка и гибка арматуры в холодную погоду

Деформация арматуры (изгиб на объекте или в производственном цехе) обычно не допускается. Для отдельных ситуаций, когда иной подход не представляется возможным, должны применяться следующие требования: арматурная сталь не должна изгибаться или свариваться, если ее температура ниже минус 10°C. Если на объекте есть подогреваемый цех по изгибу балок, тогда это требование снимается.

Балки, частично внедренные в бетон, не должны изгибаться в промышленных условиях за исключением случаев, показанных на чертежах.

## **12.5 Механические системы**

### **12.5.1 Введение**

Для механических систем платформ, работающих в арктических и других регионах с холодным климатом, следует привести следующие соображения:

- необходимо выбрать материалы, подходящие для условий эксплуатации: низкая температура, величина нагрузок (таких как внутреннее избыточное давление) и повторяющиеся нагрузки (усталость);
- конструкция систем должна быть такой, чтобы вода, находящаяся внутри или снаружи систем, не могла замерзнуть;
- внешние детали механического оборудования, включая их составные части, должны быть расположены или сконструированы таким образом, чтобы они

были защищены от ледовых нагрузок или чтобы их функционирование не было затруднено присутствием льда.

## **12.5.2 Постоянные механические системы**

### **12.5.2.1 Сырая нефть и система хранения**

Для систем влажного хранения следует принять меры во избежание замерзания воды под нефтью и в соединительных трубопроводах. Возможными мерами является нагрев, изоляция и циркуляция воды.

Следует оценить необходимость принятия мер для избежания возможного забивания системы ледяной шугой, присутствующей в холодной воде, см. А.12.5.2.1 (Приложение А).

### **12.5.2.2 Другие системы хранения**

Такие же меры, как и в 12.5.2.1 в отношении хранилищ сырой нефти, следует принять для других хранилищ, включая постоянные водяные балластные системы, системы морской воды, дренажа, отстоя и трюмной воды.

Входные и выходные патрубки системы для морской воды должны быть расположены в местах, где они не могут быть повреждены льдами.

### **12.5.2.3 Райзеры и J-образные трубы**

Дополнительно к положениям стандарта ИСО 19903, райзеры и J-образные трубы должны прокладываться по маршрутам с тем, чтобы избежать повреждения льдами.

## **12.5.3 Механические системы – система временной водяной балластировки/дебалластировки**

Для систем временной балластировки / дебалластировки должны быть приняты во внимание такие же соображения, как для хранилищ сырой нефти, приведенные в 12.5.2.1.



#### **12.5.4 Оборудование и пенетрации**

Оборудование, установленное на наружной поверхности бетонного сооружения, предпочтительно располагать дальше от мест, подвергающихся воздействию ледовых нагрузок. Если будет сочтено целесообразным, то оборудование или специальные защитные сооружения должны быть рассчитаны на ледовые нагрузки.

На площадке должны использоваться материалы и порядок проведения сварочных работ, приспособленные к фактическим температурам, имеющим место во время сварочных работ и во время срока службы на площадке.

#### **12.5.5 Механические системы – конструкция опор для труб**

Для арктических сооружений с потенциальной вероятностью ударного воздействия крупными льдинами локальные ледовые нагрузки высокой интенсивности могут вызвать большие деформации сооружения. Для трубопроводов и опор трубопроводов следует учитывать такие воздействия.

#### **12.6 Морские операции и строительство на плаву**

Если сооружение находится на плаву, морские операции и строительство должны проектироваться в соответствии со стандартом ИСО 19901-6. Ледовые нагрузки должны быть включены в проектные ситуации для проведения работ по фазам.

#### **12.7 Контроль коррозии**

При принятии детальных мер по предотвращению коррозии следует учитывать присутствие подвижных льдов. Является технически неграмотным решением располагать аноды в зонах, подверженных ледовым воздействиям; при проектировании катодной защиты следует иметь это в виду. Кроме того, там где используются стальные пластины для предотвращения абразивного воздействия льдов на бетон, должна допускаться существенная утечка тока с пластины при

определении размера катодной защиты и также следует учитывать степень потери покрытия в результате абразивного воздействия.

### **12.8 Обследование и мониторинг состояния**

Особое внимание следует уделять износу, возникающему вследствие абразивного воздействия, размыва и выкрашивания, растрескивания и вследствие воздействия замерзания-оттаивания.

Особое внимание следует уделять возможному ухудшению качества бетона, защищаемого внешними стальными панелями, к которым затруднен доступ для проведения инспекции.

Обследование и мониторинг состояния должны осуществляться ежегодно или в соответствии с требованиями к проведению мониторинга воздействия льдов на бетон.

## **13 Плавающие сооружения**

### **13.1 Общие положения**

Плавающие системы, предназначенные для работы в арктических и холодных климатических районах, должны соответствовать требованиям стандарта ИСО 19904-1, а системы якорного крепления должны соответствовать требованиям стандарта ИСО 19901-7 и дополнительным требованиям настоящего стандарта. В настоящем стандарте особое внимание уделяется льдовому воздействию, проектированию корпуса, выбору материалов для арктических условий, а также проектированию морских систем и системы отсоединения.

Требования и рекомендации предназначены для проектирования и эксплуатации плавучих морских сооружений при выполнении ими следующих основных функций:

- добыча;
- хранение и отгрузка;

- бурение, добыча, хранение и отгрузка.

Положения настоящего документа могут применяться к другим плавучим сооружениям, временно или постоянно установленным на точке и используемым для нефтегазовых операций в арктических и холодных климатических районах.

Плавучие сооружения, рассматриваемые в контексте настоящего стандарта, включают сооружения, имеющие форму:

- судна (например, плавучая система добычи, хранения и отгрузки – «FPSO», хранения и отгрузки – «FSO») или баржи;
- стабилизированной колонны (например, полупогружные платформы типа «spar» и «buoy»).

Положения настоящего стандарта распространяются не только на стальные сооружения, но могут применяться и к железобетонным сооружениям и сооружениям из композитных материалов.

Положения настоящего стандарта могут применяться к другим плавучим сооружениям, установленным временно или постоянно на точке и используемым для нефтегазовых операций в арктических и холодных климатических районах. В состав плавучего сооружения входит корпус, морские системы, системы отгрузки, система швартовки и позиционирования для удержания сооружения на точке и райзеры для соединения платформы с устьем скважины. Плавучие сооружения также могут использоваться для обеспечения других видов подводных работ.

## **13.2 Общая методология проектирования**

### **13.2.1 Основные принципы проектирования**

Основные принципы проектирования и эксплуатации плавучих сооружений включают следующее:

- а) потенциальную возможность остановки эксплуатации и уход с точки установки для избежания любых взаимодействий со льдами экстремальных и необычных характеристик;

б) методы управления ледовой обстановкой для активного изменения окружающей ледовой обстановки с целью смягчения неблагоприятного воздействия ледовых нагрузок.

Конструкция и функциональные элементы плавучей установки, а также ее подводные компоненты должны рассматриваться совместно, как единая система, включая систему управления ледовой обстановкой, если она предусмотрена, см. разделы 17 и 18.

### **13.2.2 Подходы к проектированию и эксплуатации**

Для поддержки плавучих сооружений, устанавливаемых в покрытых льдами водах, часто привлекаются ледоколы, роль которых заключается в локальном изменении состояния ледового окружения, снижая уровень ледовых нагрузок на сооружение и увеличивая свободную ото льда зону вокруг нее.

Тип системы управления ледовой обстановкой может оказывать существенное влияние на подходы к проектированию плавучего сооружения. Это зависит от способности последовательно обнаруживать в потенциально неблагоприятных условиях ледовую угрозу и успешно управлять ей, прежде чем она будет взаимодействовать с сооружением (например, путем буксировки айсбергов или разрушением толстого льда).

Должна учитываться способность плавучих сооружений уходить с точки, время, которое требуется для этого, и приемлемые уровни операционного простоя.

Для плавучих установок в водах с вероятным появлением льдов могут использоваться следующие подходы к проектированию и эксплуатации:

- пассивный - невозможность перемещения, неспособность управления льдами;
- полуактивный - возможность перемещения, неспособность управления льдами;
- активный - возможность перемещения и управления ледовой обстановкой.

Для активного и полуактивного принципов эксплуатации расчетные величины ледовых нагрузок, действующих на плавучую установку, могут быть

значительно меньше, чем на стационарной платформе. Любые меры по смягчению последствий (т.е. стратегии управления ледовой обстановкой и возможность перемещения), которые предназначены для обеспечения надлежащего уровня безопасности, должны соответствующим образом идентифицироваться, определяться количественно, также как и ожидаемый уровень надежности.

Операционная стратегия может воздействовать на уровни последствий или безопасности в течение всего срока службы плавучего сооружения. Уровни безопасности в течение срока службы и уровни последствий обсуждаются в разделе 7.

### **13.2.3 Принципы проектирования**

Проектировщик должен учитывать все существенные вопросы и сопутствующие параметры по каждому рассматриваемому сценарию, включая, но не ограничиваясь:

- типом сооружения, например, постоянное, временное;
- периодом эксплуатации, например, сезонный, круглогодичный;
- расчетными условиями, например, гидрометеорологические и ледовые условия;
- ледовыми характеристиками, например, одногодичный лед (ледовые торосы, навалы льда на устойчивый грунт, паковый лед), ледники (небольшие ледовые обломки, айсберги), многолетний лед (плавучие льды, торосы);
- ледовыми ситуациями, например, высокие скорости движения льдов, изменение направления движения льдов, давление льдов, плохая видимость;
- управлением ледовой обстановкой, например, низкая возможность, или полная способность управления;
- наличием шуги и ее влиянием на эффективность управления ледовой обстановкой;
- способами позиционирования, например, якорное или динамическое позиционирование;

- эксплуатационными операциями, например, режимы работы, ожидания, отсоединения, повторного присоединения;
- человеческими факторами, например, стресс из-за низкой температуры или ограничения пространства;
- компонентами системы, например, райзеры, подводное оборудование, отгрузка в танкер;
- емкостями хранилища, их наличия или отсутствия;
- возможностью технического обслуживания на промысле, например, системы позиционирования и балластной системы.

### **13.3 Окружающая среда**

В дополнение к требованиям по защите окружающей среде, приведенным в разделе 6, при проектировании плавучих сооружений должны быть учтены следующие существенные факторы, в частности, системы управления ледовой обстановкой. В число основных факторов включаются (но не ограничиваются), следующие:

- комбинированные воздействия ледовых, волновых и ветровых нагрузок, эффекты от прилагаемых нагрузок в зависимости от соответствующей ориентации (например, для проекта FPSO учет воздействия надвигающегося пакового льда);
- эффекты совместного влияния движений льдов, волн и сооружения на сценарии воздействия ледовых нагрузок на сооружение и области, в которых может произойти воздействие;
- влияние таких факторов, как низкая температура воздуха, воды и обледенение;
- положительные результаты управления ледовой обстановкой за счет изменения внешних природных условий и потенциальной возможности исключения воздействия льда с наиболее опасными характеристиками;
- потенциально неблагоприятное влияние таких вторичных факторов, как плохая видимость, осадков и темноты на надежность обнаружения льдов и работы систем управления ледовой обстановкой;

- усложняющее влияние таких факторов, как волнение, на морской лёд и методы управления айсбергами, а также наличие морского льда на операции по буксировке айсбергов;
- важность таких значимых факторов, как давление льдов в сочетании со скоростью дрейфа и информацией о толщине льда, что особенно необходимо для управления ледовой обстановкой;
- степень вариативности многих физических параметров окружающей среды;
- потенциальная нехватка сведений по долгосрочным наблюдениям параметров окружающей среды, на основании которых производится проектирование конструкций, определяется порядок их эксплуатации и разрабатываются планы работ;
- идентификация всех сценариев ледового взаимодействия, которые могут негативно повлиять на плавучие установки (например, излишние уровни нагрузок на систему швартовки, повреждение корпуса под воздействием обнаруженных небольших ледовых масс, повреждение подруливающего устройства в результате воздействия льда, воздействие килей дрейфующих льдов на швартовые тросы и пр.).

## **13.4 Нагрузки**

### **13.4.1 Область применения**

Настоящие положения относятся к нагрузкам, действующим на корпус и его части, включая турель, буй, райзеры, швартовые тросы и системы натяжения опор, которые существенно влияют на поведение сооружения, взаимодействующего со льдами. Понятие «надежность системы» также включает прикрепленные погрузочные танкера и при необходимости обслуживающие суда.

### **13.4.2 Сценарии ледовых воздействий**

При проектировании плавучих сооружений в дополнение к положениям раздела 8 должно учитываться сжимающее давление окружающих льдов или присутствие береговой линии.

### **13.4.3 Взаимодействие факторов**

В дополнение к аспектам, описанным в 8.2.4, необходимо учитывать следующее:

- активное (физическое) воздействие на ледовую обстановку;
- оперативные действия по обнаружению льдов, прогнозированию и анализу угроз, принятию решений. Другие технологические операции, включая предотвращение столкновений, измерения нагрузок, эрозию, остановку оборудования, сброс тросов и выкидных линий, отсоединение и сезонные виды работ.

Они могут производиться в сочетании со сценариями ледового воздействия и повлиять на характер взаимодействия.

Масштабное моделирование, выполненное надлежащим образом, может использоваться для определения реакции плавучего сооружения (например, при смещении, дрейфе, швартовки) и швартовок на воздействия ледовых нагрузок и нагрузок, создаваемых течениями. Модельные испытания также можно использовать для исследования воздействия скоплений льдов на швартовые системы и турель для однокорпусного судна или платформы типа буя, а также накопления льдов на опорах полупогружных платформ.

### **13.4.4 Определение ледовых нагрузок**

Ледовые нагрузки рассматриваются в комбинации с передвижениями плавучей установки под воздействием нагрузок, созданных льдами, ветром или течением. Гибкость системы позиционирования рассматривается с учетом ледовых нагрузок.

Величина ледовых нагрузок может изменяться из-за принятия мер по управлению ледовой обстановкой, процедур предотвращения столкновений со льдами и системами очистки ото льда и снижения силы трения со льдами (например, барботёры или подруливающие устройства), проведения сезонных видов работ, отсоединения или перемещения установки.



Изменения в системе обнаружения льда, возникающие при операциях отсоединения установки, должны планироваться с учетом оценки возможной ледовой нагрузки.

Соответственно для принятия проектных решений должны использоваться результаты полномасштабного моделирования ледовых нагрузок на плавучие сооружения. Может также использоваться опыт работы по проведению масштабных экспериментов в ледовом бассейне с судами ледокольного типа. Особое внимание должно уделяться управлению ледовой обстановкой. Примеры некоторых случаев изложены в А.8.2 (Приложение А), такой подход может также применяться и для закрепленных конструкций.

Активное вмешательство путем использования процедур физического управления льдами (например, буксировка, использование ледоколов, очистка ото льда и пр.) рассматривается в рамках плана управления льдами, см. раздел 17.

Если общее воздействие на корпус ограничивается системой позиционирования, расчет нагрузки на корпус производится при превышении сил сопротивления системы позиционирования, см. стандарт ИСО 19904-1.

#### **13.4.5 Прочие положения о ледовых нагрузках**

В отдельных случаях, когда это существенно, при расчете величины и частоты воздействия ледовых нагрузок необходимо учитывать следующие факторы:

- сползание или наплзание льда на точку первичного контакта, образование ледовых нагромождений и все результаты, связанные с этими сценариями взаимодействия, включая воздействие льда на турель;
- вращение или изменение ориентации плавучей установки из-за изменений ледовых нагрузок, гидрометеорологических условий и балласта;
- плавучие сооружения, спроектированные с возможностью смены положения для снижения ледовых и волновых нагрузок, должны обладать способностью функционировать в локальных ледовых условиях;
- присутствие льда внутри элементов установки (таких как опоры полупогружной платформы);

- примерзание льда к сооружению или его компонентам;
- ледовую нагрузку на швартовые тросы, райзеры, пропульсивные силовые системы, системы позиционирования, системы управления и другие встроенные элементы, являющимися существенными для плавучего сооружения;
- трение между льдом и корпусом, включая влияние способов снижения сил трения (в течение срока, превышающего проектный срок службы сооружения);
- состояние поверхностных покрытий, которые используются при расчетах ледовых нагрузок и создают благоприятные условия для обеспечения проектного срока службы сооружения;
- смягчение воздействия окружающих ледовых образований (включая ледовые поля, ледовые обломки, шугу);
- ледовые нагрузки на корпус, возникающие в результате управления ледовой обстановкой;
- укрытие с подветренной стороны сооружения при операциях отгрузки, учитывая потенциальную скорость изменения направления дрейфа льдов и давление льдов;
- нагрузки, возникающие от загружаемого танкера, должны быть учитываться при расчете нагрузок, создаваемых загружаемым танкером, и действующих на сооружение и систему позиционирования.

#### **13.4.6 Изменения нагрузок**

Продолжительность и величины воздействия ледовых нагрузок, и их направления (включая потенциальные изменения режимов разрушения и поведения при очистке ото льдов) должны учитываться там, где это существенно влияет на реакцию сооружения (включая систему позиционирования).

При расчете реакции на ледовые нагрузки должны учитываться как влияния общего характера (например, гидродинамика корпуса и гидростатика, жесткость системы позиционирования, устойчивость основания), так и влияния локального характера (например, реакция корпуса).

Следует учитывать влияние управления ледовой обстановкой на поведение системы.

Следует учитывать влияние слабых дрейфовых колебаний, вызванных метеоокеаническими и ледовыми нагрузками.

### **13.5 Целостность корпуса**

#### **13.5.1 Основные принципы проектирования**

Проектант может использовать соответствующие положения нормативов для судов с ледовым усилением признанного классификационного общества (RCS). В проекте необходимо учесть нормативы ИМО и национальные требования. Кроме того, должны быть выполнены требования 13.5.

Нагрузки экстремального уровня и другие нехарактерные ледовые нагрузки могут применяться к участкам внешнего и внутреннего корпусов, исключенным из нормативов и требований классификационных обществ (RCS). В таких случаях места ледового усиления следует расширить в соответствии с требованием для того, чтобы обеспечить прочность и устойчивость участков внешнего и внутреннего корпусов, на которые оказывается воздействие, и обеспечить выполнение требований настоящего международного стандарта.

#### **13.5.2 Трещиностойкость конструкции корпуса**

При проектировании пластичности конструкции корпуса учитываются расчетные значения низких температур воздуха и воды, предусмотренных 6.3.1 и 6.4.4.4.

Классы и сорта стали, предназначенные для изготовления обшивки, подвергающейся воздействию погодных условий, а также каркасных элементов этой обшивки должны:

- 1) отвечать требованиям 11.9, основанном на определении LAST (минимальной ожидаемой температуры эксплуатации) в настоящем стандарте;
- 2) отвечать требованиям к судам, проектируемым для работы в условиях низких температур окружающей среды.

### 13.5.3 Анализ конструкции и проектирование

В соответствии с положениями стандарта ИСО 19904-1 общая конструкция и отдельные элементы конструкции плавучего сооружения, проектируются с учётом ледовых нагрузок, приведенных в 13.4.

В ходе проектирования с учетом анализа взаимодействия лёд/сооружение должны рассматриваться следующие вопросы:

- общая ледовая нагрузка должна уточняться в соответствии с 8.2.4. Общая ледовая нагрузка должна использоваться при определении соответствия сооружения уровням ULS и ALS для плавучего сооружения в целом и для площадей, находящихся в непосредственной близости от точек воздействия;

- площадь для локальных ледовых воздействий определяется для обеспечения расчетных условий для листов обшивки, элементов жесткости, труб и других несущих нагрузку элементов. Руководство по локальным значениям ледового воздействия приведено в 8.2.5;

- ледовые нагрузки для встроенных элементов рассчитываются, а предельные состояния встроенных элементов определяются для плавучего сооружения, как единого целого.

### 13.5.4 Положения по конструкции сооружения

Конструкция сооружения должна обеспечивать защиту от постепенного разрушения или разрыва внутреннего корпуса под воздействием ледовых нагрузок AL. Внутренний каркас сооружения (например, продольные переборки и обрешетка) должны конструироваться таким образом, чтобы предотвратить постепенное разрушение при появлении повреждения. Это относится и к границам внутреннего корпуса, при их поврежденном состоянии, например, верхние пояса наружной обшивки продольных переборок.

Корпус сооружения должен иметь конструкцию, способную выдержать нагрузки, возникающие при аварийном отсоединении и при повторном присоединении. Предел усталости материала (FLS), возникший в результате циклических ледовых нагрузок, должен соответствовать положениям стандарта ИСО

19904-1. Оборудование и сооружения, необходимые для безопасной эксплуатации плавучего сооружения, должны конструироваться с учетом перегрузок, возникающих при воздействии ударных нагрузок уровня EL и AL.

### **13.5.5 Мониторинг состояния**

С учетом положений 8.2.4 и 13.4 должен проводиться регулярный мониторинг состояния и документально оформляться соответствующие параметры ледовых и физических условий окружающей среды.

Согласно положениям стандарта ИСО 19904-1 необходимо проводить постоянный мониторинг изгибающего момента и поперечных сил на общих пролетных строениях корпуса.

Системы мониторинга должны включаться в систему управления ледовым воздействием и систему мониторинга готовности к опасности в соответствии с разделом 17.

## **13.6 Остойчивость сооружения**

### **13.6.1 Секционирование сооружения**

Секционирование в продольном направлении должно проводиться в соответствии с требованиями ИСО 19904-1. Для плавучих сооружений, на которых хранятся углеводороды или загрязненная (балластная, промывочная) вода, корпус должен быть разбит на отсеки.

Все емкости, используемые для топлива, хранения углеводородов или загрязненной воды, должны защищаться двойным каркасом. Жидкости, потенциально опасные для окружающей среды, не должны храниться в непосредственной близости от внешнего корпуса, см. также 5.6.

### **13.6.2 Остойчивость неповреждённого сооружения**

Остойчивость должна поддерживаться в различных условиях эксплуатации сооружения, как в рабочем состоянии, так и в пригруженном, в сочетании с:

- экстремальным уровнем морского и атмосферного обледенения, распространяющихся наиболее неблагоприятным образом;

- экстремальным уровнем сползания и напоязания льдов;
- экстремальным уровнем ледовых заторов или напоязания льда на сооружение.

Более детальные рекомендации в отношении расчета остойчивости приведены в А.13.6.2 (Приложение А).

### **13.6.3 Остойчивость поврежденного сооружения**

Остойчивость поврежденного сооружения должна включать затопление соседних отсеков. В А.13.6.3 (Приложение А) приведены принципы остойчивости для сооружений при нарушении стабильной формы корпуса.

При расчете остойчивости поврежденного сооружения должно учитываться влияние накопления льдов, как в результате обледенения, так и при других случаях.

## **13.7 Система удержания**

### **13.7.1 Общие положения**

Конструкция системы позиционирования плавучего сооружения должна соответствовать стандартам ИСО 19901-7 и ИСО 19904, где это необходимо. Показатели годовой вероятности нагрузок на все системы удерживания, мобильные или стационарные, должны отвечать требованиям раздела 7 настоящего стандарта.

Годовая вероятность превышения нагрузок экстремального (EL) и аномального уровня (AL) может быть увеличена путем проведения оценки рисков. При этом надо принимать во внимание возможные последствия отказа системы удержания, близость к другим сооружениям, характер проводимых операций (постоянные или сезонные), возможность отсоединения (в нормальных и чрезвычайных условиях) и последствия этих явлений, как это предусмотрено в ИСО 19901-7.

### **13.7.2 Проектирование системы позиционирования**

Система позиционирования должна удерживать установку на месте при определенных комбинациях нагрузок ото льдов, волн и течений, и их изменениях, возникающих при управлении ледовой обстановкой. Соответствующие комбинации

150

нагрузок устанавливаются на основании имеющихся статистических данных по ледовым и гидрометеорологическим условиям.

Швартовые тросы должны прокладываться таким образом, чтобы избежать непосредственного воздействия на них ледовых нагрузок в зоне заплеска волн и ниже, в зависимости от расчетных сценариев ледового взаимодействия. Ледяные образования, образующиеся на швартовых тросах, могут в результате привести к возникновению дополнительных ледовых нагрузок на систему швартовки.

Якорные направляющие устройства должны располагаться так, чтобы минимизировать такие воздействия, в противном случае необходимо принять решение о применении управления ледовой обстановкой.

Дополнительные нагрузки на швартовую систему, возникающие по этим сценариям, должны учитываться при проектировании сооружения.

Силовые и динамические системы позиционирования должны проектироваться так, чтобы выдерживать ледовые нагрузки при уровнях максимальных предельных состояний ULS (системные условия сохранности и наличия резервных характеристик) и соответствующих предельных состояний усталости FLS. Для уровня аномальных предельных состояний (ALS) конструкция должна не допускать полного выхода системы из строя.

### **13.7.3 Отсоединение и повторное присоединение**

#### **13.7.3.1 Описание системы**

Установка может проектироваться с системой отсоединения и/или повторного присоединения швартовых тросов, так же как и линий, необходимых для добычи и транспортировки углеводородов.

#### **13.7.3.2 Требования к системе**

Если установка оборудуется устройством для отсоединения, тогда эта система должна проектироваться так, чтобы отвечать общим требованиям настоящего стандарта для приемлемого уровня риска по отношению к персоналу, загрязнению окружающей среды и крупным повреждениям сооружения.

#### **13.7.3.3 Требования к механическим устройствам**

В дополнение требования, содержащиеся в ИСО 19904, должны включать следующее:

- защиту ото льда для безопасного функционирования всех систем и оборудования;
- безопасную конструкцию и работу отсоединяемой турели в различных ледовых ситуациях;
- сброс турели на безопасное расстояние под сооружение и глубины погружения льда;
- местные обогреватели;
- гидравлические и/или пневматические системы, пригодные для эксплуатации в Арктике и других холодных климатических зонах;
- оборудование, подвергающееся непосредственному воздействию ледовых нагрузок, должно рассчитываться с учетом возможных ледовых воздействий;
- материалы должны отвечать требованиям эксплуатации при низких температурах настоящего стандарта;
- доступность и надлежащая работа всего оборудования при ожидаемых ситуациях.

#### **13.7.3.4 Проектирование режима отсоединения**

Потенциальные режимы отсоединения включают:

- запланированное отсоединение: обеспечивающее достаточное время для разгерметизации и возможной промывки выкидных линий и для легкого начала добычи после повторного присоединения плавучего сооружения;
- аварийное отсоединение: обеспечивающее достаточное время только для остановки скважин.

#### **13.7.3.5 Повторное подсоединение**

Повторное подсоединение выполняется в нормальной последовательности в надлежащих расчетных ситуациях.



### **13.7.3.6 Проектирование системы отсоединения и повторного соединения**

Для надежного проведения операций отсоединения и повторного соединения конструкция системы должна быть простой насколько это возможно.

Проектирование и вычисление расчетных нагрузок должно обеспечивать заданную надежность системы.

Система отсоединения и повторного соединения должна проектироваться, как с учетом воздействия комбинированных ледовых нагрузок, так и с учетом природоохранных мероприятий, являющихся существенными для расчетных ситуаций.

Блоки управления системы отсоединения и повторного соединения должны обеспечиваться надлежащими резервными системами. Система отсоединения должна проектироваться для работы, как в (полу) автоматическом режиме, так и в ручном режиме работы. Оборудование, отсоединяемое от плавучего сооружения, должно конструироваться так, чтобы обеспечить инспекцию.

Критерии аварийного и планового отсоединения должны определяться в зависимости от конкретной ледовой обстановки, от этого зависит и план действий по положению и системе позиционирования сооружения. Время, необходимое для успешного аварийного или планового отсоединения, должно обеспечивать приемлемый уровень безопасности в контексте исследований безопасности, выполненного для данной операции.

Процедуры предупреждения льдового воздействия должны в полной мере учитывать последовательность операций системы отсоединения и связанные с этим требования по времени выполнения контролируемого отсоединения.

### **13.7.3.7 Уход с точки проведения работ**

При плановом отсоединении плавучее сооружение должно быть способным отойти безопасным образом (самостоятельно или с применением буксировки) от швартовочной системы и любых других линий подсоединения. Если для

отсоединения требуется буксировочное судно, то возможность буксировки должна быть обоснована.

### **13.7.3.8 Требования к мониторингу**

Необходимо осуществлять постоянный мониторинг и документировать ледовые и природно-климатические условия в соответствии с 8.2.4 и 13.4.

Постоянный мониторинг должен проводиться для обеспечения безопасности райзеров и подводного оборудования и возможности безопасного подсоединения. Мониторинг смещений, натяжений швартовых тросов, нагрузок на подруливающие устройства, ускорений и остойчивости должен проводиться для обеспечения работы установки в проектном диапазоне. Система мониторинга нагрузок должна включаться в систему управления льдого воздействия, оповещения и наблюдения в соответствии с разделом 17. Помимо управления лебедкой и цепями на рабочем месте должен обеспечиваться удаленный контроль и мониторинг за работой лебедок, стопоров цепей и швартовых тросов.

### **13.7.4 Плановое и аварийное отсоединение**

При ухудшении ледовых и природно-климатических условий, согласно процедуре управления ледовой обстановкой возможна остановка производственной деятельности на сооружении. Для запланированной остановки это включает полную промывку и продувку всех необходимых систем. Если ледовые условия продолжают ухудшаться, система швартовки и продуктопроводы должны быть отсоединены в контролируемом режиме.

В случае быстрого ухудшения обстановки или возникновения аварийных ситуаций, конструкция системы швартовки и продуктопроводов должна обеспечивать быстрое отсоединение.

### **13.7.5 Отказы в работе системы позиционирования**

В сценариях ледового воздействия должна учитываться возможность выхода из строя швартового троса или системы динамического позиционирования. Основные положения по системе позиционирования приведены в стандартах ИСО 19901-7 и

ИСО 19904-1. Для случая отказа системы позиционирования и предотвращения постепенного разрушения данный сценарий должен учитываться в системе управления ледовым воздействием.

Способность оперативного реагирования на льдовое воздействие должна закладываться при проектировании сооружения.

### **13.8 Механические системы**

#### **13.8.1 Общие положения**

##### **13.8.1.1 Применимость**

Механические системы плавучих добычных установок могут быть разбиты на следующие основные компоненты:

- а) системы корпуса (системы сбора трюмных и балластных вод);
- б) системы швартовки или позиционирования;
- в) системы жилых блоков и сопутствующего оборудования общего назначения;
- г) системы добычи и вспомогательные системы (система добычи пластовой воды, разгрузка, перемещение материалов, система охраны труда, включая противопожарные системы).

Стандарт ИСО 19904-1 предусматривает общие требования к механическим системам, установленным на плавучих сооружениях. В следующих разделах рассматриваются специальные вопросы и положения, применяемые к эксплуатации оборудования, установленного на плавучих сооружениях Арктики и других холодных климатических зон.

В данном разделе рассматриваются только те механические системы, изложенные в подпунктах а) и б), обычно имеющие отношение к конструкции сооружения и работе плавучего сооружения. Другие механические системы, установленные на плавучем сооружении, рассматриваются в разделе 15.

##### **13.8.1.2 Общие положения для всех систем в арктических условиях**

Механические устройства и важные для безопасной эксплуатации установки приборы и оборудование, а также система предотвращения загрязнения

окружающей среды должны проектироваться с учетом ожидаемых низких температур в арктических и холодных климатических регионах. При необходимости должны предусматриваться системы обогрева и изоляции.

Жизненно важные системы и оборудование при их хранении или размещении в местах, подверженных влиянию погодных условий, должны рассчитываться на выполнение своих штатных функций при минимальных температурах воздуха EL или AL. Справочные данные по минимальным годовым температурам для различных регионов приведены в приложении Б.

Системы и оборудование должны конструироваться таким образом, чтобы влияние низких температур на персонал при проведении штатных работ, включая обычное техническое обслуживание, было минимальным.

В случае выхода из строя первичной системы обогрева, основные системы и оборудование, подвергающиеся воздействию окружающего воздуха, должны:

- снабжаться автономным источником тепла; и/или
- изготавливаться из материалов, не обладающих хрупкостью при воздействии ожидаемых нагрузок и температур.

Обогрев и изоляция должны применяться в местах, где низкие температуры могут повлиять на безопасность работы персонала или на надлежащее функционирование оборудования.

При эксплуатации систем и оборудования в Арктике и других районах холодных климатических зон следует учесть следующие факторы, если они являются существенными:

- а) требования к трубопроводам, фитингам и клапанам, содержащим жидкости, которые могут замерзать при низких температурах;
- б) использование антифризов;
- в) подача тепла в дополнение к установке теплоизоляции на внешних трубопроводах;
- г) циркуляция жидкости в замкнутых системах (или освобождение системы от жидкости) в качестве варианта во избежание замерзания в случае потери тепла;

д) требования по дополнительной защите мест, где теплоизоляция труб подвергается воздействию износа/ повреждению из-за обледенения или удаления льда;

е) производительность и регулярность осушения воздуха;

ж) изменение эффекта систем нагрева/охлаждения благодаря использованию гликоля или других антифризов;

з) требования к укладке электрических кабелей;

и) обеспечение дренажа воды для пожаротушения, с целью недопущения прямого риска для персонала и потенциальной неустойчивости корпуса.

#### **13.8.1.3 Обледенение и снежные заносы**

При эксплуатации сооружения в арктических или других холодных климатических зонах обледенение и снежные заносы могут образовываться в открытых местах сооружения и на оборудовании, например, на стрелах подъемных кранов, буровых вышках, трубных стеллажах и пр. Должны разрабатываться процедуры по удалению и надлежащей утилизации льда и снега. Необходимо предусмотреть защиту основного морского оборудования, когда оно не используется.

Необходимо следить за тем, чтобы принимаемые меры по удалению льда не увеличивали риск возникновения несчастных случаев, вызванных падением льда, а также опасности здоровью, связанных с использованием химических веществ.

### **13.8.2 Системы корпуса**

#### **13.8.2.1 Системы забора морской воды для водяного охлаждения**

Устройства для забора морской воды должны конструироваться таким образом, чтобы подаваемая вода отделялась от накапливающейся шуги. Конструкция системы водяного охлаждения должна проектироваться таким образом, чтобы обеспечивалась надлежащая подача охлаждающей воды при проведении работ во льдах.

Входной и выходной патрубки системы забора морской охлаждающей воды для главного и вспомогательных двигателей должны проектироваться таким

образом, чтобы устранить вибрацию перфорированного устройства, установленного на всасывающую трубу (для предотвращения попадания грязи) и защитить фильтр грубой очистки.

При наличии ледового поля и опасности ледового воздействия, требуется следующее:

а) достаточный резерв для обеспечения функционирования системы охлаждения во всех ожидаемых ледовых условиях;

б) один или несколько входных патрубков для всасывания морской воды должны располагаться по возможности около осевой линии судна и на корме. Защитные сетки входного патрубка должны выдерживать ледовые нагрузки;

в) один или несколько входных патрубков для забора морской воды должны располагаться достаточно низко, чтобы избежать накопления льда во время работы всасывающего насоса;

г) увеличить объем кингстонной коробки (отверстие в корпусе для входных и выходных патрубков морской системы в корпусе), включая требования к вспомогательным двигателям;

д) труба для сброса охлаждающей воды, подсоединенная к кингстонной коробке, позволит производить сброс воды в полном объеме;

е) к кингстонной коробке или другой приёмной коробке (на всасывающем трубопроводе) должен подключаться не менее, чем один пожарный насос с размораживающими устройствами;

ж) отверстия приёмной сетки всасывающей трубы не должны забиваться льдом;

з) в верхней части приёмной коробки (на всасывающем трубопроводе) должен устанавливаться нагревательный элемент.

Балластная вода может использоваться для охлаждения только в особых обстоятельствах.

#### 13.8.2.2 Балластная система

Проектирование балластных систем необходимо производить с учетом существующих природных условий.

Особое внимание следует уделять емкостям, расположенным полностью или частично над линией балластной воды (BWL) при минимальной осадке на носу и корме.

#### 13.8.2.3 Контрольно-измерительные приборы плавучего сооружения

Все контрольно-измерительные приборы плавучего сооружения должны предназначаться для работы в холодных климатических условиях, включая:

- контрольно-измерительные приборы нефти и газа;
- контрольно-измерительные приборы систем гидравлики;
- контрольно-измерительные приборы пневмосистем;
- управление технологическими процессами;
- контроль промышленной безопасности.

#### 13.8.2.4 Освещение

Системы освещения используются для обеспечения проведения работ на плавучем сооружении в условиях плохой естественной освещенности. По возможности, для проведения работ в холодных природных условиях следует использовать прожектора.

#### 13.8.2.5 Системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (ОВКВ) и подачи воздуха

Для обеспечения надежного функционирования систем ОВКВ в холодных природно-климатических зонах при проектировании должно учитываться следующее:

- воздухозаборники вентиляционной системы;
- контроль влажности;
- туманоуловители;
- вентиляционные решетки;

- вентиляционные решетки с автоматическими задвижками в случае выхода из строя вентилятора, падения давления и в случае обнаружения возникновения пожара и газа;

- обледенение вентиляционного оборудования.

#### **13.8.2.6 Пусковые устройства**

Пусковые устройства должны проектироваться для условий холодной климатической зоны.

#### **13.8.2.7 Ходовые, подруливающие и управляющие устройства самоходных плавучих сооружений**

Силовые механизмы, коробки передач, валы, винты, подруливающие устройства, рулевой привод и валы должны проектироваться для использования во время переходов и позиционирования в условиях холодной климатической зоны. При проектировании следует учесть возможное воздействие льда на механизмы, что приводит к замедлению движения и заклиниванию винта.

Должен обеспечиваться расчетный срок службы силовых механизмов, осуществляющих операции швартовки и позиционирования плавучих сооружений (FPSO-плавучие системы нефтедобычи, FSU-плавучие системы для хранения) в условиях холодной климатической зоны.

### **13.8.3 Системы разгрузки**

Механизмы, связанные с разгрузочными операциями, должны проектироваться для эксплуатации в холодных погодных условиях, во льдах, с учетом воздействием ледовых нагрузок на шланги, а также ледовых нагрузок на плавучую добычную систему и на разгружающееся судно или стационарную систему разгрузки.

Необходимо обеспечить плановое и аварийное отсоединение на случай нарушения рабочих параметров процесса, проводя мониторинг и задействовав процедуры оповещения о ледовой опасности.



## **13.9 Эксплуатация**

### **13.9.1 Общие положения**

В 13.9 рассматриваются операции, связанные с безопасным функционированием судовых систем плавучей установки, включая силовые механизмы движения, систему рулевого управления и вспомогательные системы корпуса (систему трюмных вод и балластную систему) и системы швартовки или позиционирования.

### **13.9.2 Руководства по эксплуатации и действиям в аварийных ситуациях**

Плавучая установка должна обеспечиваться специальными инструкциями по следующим действиям в арктических и холодных климатических регионах:

- мобилизация установки;
- монтаж на установке;
- отсоединение и повторное подсоединение;
- демобилизация установки;
- материалы и жидкости, используемые для работ при низких температурах;
- необходимость обогрева и теплоизоляции оборудования для его нормального функционирования;
- инспекция и техническое обслуживание оборудования;
- порядок проведения работ в аварийных ситуациях;
- необходимость в дежурных и ледокольных судах;
- вторжение льдов на палубу, под корпус или внутрь корпуса плавучей установки;
- природные параметры, оказывающие влияние на все виды работ (т.е. туман, обледенение, низкие температуры, плохая видимость);
- логистика и снабжение плавучего сооружения.

### **13.9.3 Палубные поверхности**

Мероприятия по предотвращению разливов с поверхностей главной палубы включают следующие минимальные требования:

- установка предохранительных устройств на открытой палубе и вокруг всех сливов и поддонов;
- использование безопасных транспортных средств на палубе;
- установка дренажных труб и водосточных отверстий для предотвращения образования льда на палубе.

Проведение анализа рисков с целью обеспечения работы систем в сочетании друг с другом.

#### **13.9.4 Меры борьбы со стихийными бедствиями**

Должны разрабатываться процедуры и планы проведения мониторинга и регистрации основных параметров функционирования плавучей установки. Этот порядок контроля повреждений и регистрации должен включать следующее:

- меры безопасности при эксплуатации основных и резервных систем;
- контроль функционирования основных и вспомогательных систем;
- инспекционные проверки персоналом, имеющим опыт;
- проведение надлежащего учета и регистрации.

#### **13.9.5 Оборудование**

Надлежащее функционирование механических систем, расположенных на открытой палубе или в холодных местах, должны регулярно проверяться. Эти работы могут включать замер температур и осмотр оборудования.

В целях обеспечения безопасности ведения работ должны проверяться также водонепроницаемые двери. В критических обстоятельствах, таких как возникновение опасной ситуации, проведение локальных ремонтов и техническое обслуживание должно приостанавливаться, а водонепроницаемые двери должны задраиваться.

Порядок эксплуатации оборудования должен учитывать особенности работы в арктических и холодных климатических регионах, также следует принять во внимание степень критичности этих условий для оборудования и систем.

### **13.9.6 Инспекция и техническое обслуживание**

Работа в холодном климате требует специальных графиков, планов и порядка проведения инспекции и технического обслуживания. Сложность и критичность отказов оборудования для работы всей системы следует учитывать при оценке очередности технического обслуживания.

Для правильного проведения инспекции и технического обслуживания оборудования должна готовиться инструкция проведения работ.

Последовательность проведения инспекции должна отражать отличительные особенности между системами с легким доступом к ним и теми системами, которые не имеют легкого доступа для проведения инспекции и технического обслуживания.

### **13.9.7 Планирование и проведение работ**

Оперативные планы проведения работ должны учитывать работы в удаленных и проблемных регионах с концентрацией на проблемах безопасности всего персонала, окружающей среды и оборудования. Необходимо выделить штатные и критичные процедуры эксплуатации.

Должна обеспечиваться безопасная перевозка персонала. Планирование и выполнение всей логистики должно производиться для каждой операции плавучего сооружения. Выбор транспортного оборудования, одежды и иного снаряжения должен отвечать природным условиям, имеющемуся в наличии оборудованию и транспортным системам (т. е. суда, вертолеты, лестницы).

### **13.9.8 Требования к плану управления льдами**

План управления льдами должен готовиться в соответствии с разделом 17.

## **14 Подводные добычные системы**

### **14.1 Общие положения**

#### **14.1.1 Компоненты системы**

Ледовые нагрузки необходимо рассматривать относительно следующих компонентов подводных добычных систем, включая, но не ограничиваясь нижеперечисленным:

- райзеры, отсоединенные от плавучей платформы;
- подводные компоненты систем погрузки, разгрузки;
- выкидные линии;
- шлангокабели;
- опорные плиты;
- манифольды;
- подводные устья скважин и устьевые ёлки;
- перемычки;
- подводные резервуары-хранилища;
- подводное оборудование для подготовки и компримирования продукции скважин;
- конструкции для защиты подводного оборудования от воздействия льда и орудий рыболовного промысла.

#### **14.1.2 Категории сложности для компонентов систем**

Категория последствий может быть установлена в отношении всей подводной системы или в отношении ее отдельных компонентов. Категория последствий для различных компонентов системы может меняться в зависимости от вида флюида, который хранится или транспортируется, и от роли отдельного компонента в обеспечении надежности установки в целом. При выделении категорий последствий в отношении компонентов подводной добычной системы следует учитывать присутствие в них углеводородов. Определения категорий последствий приведены в 7.1.3.

### **14.1.3 Общие положения, касающиеся ледовых нагрузок**

Для оценки ледовых нагрузок подводная добычная система может быть разделена на отдельные компоненты, см. 14.1.1. Ледовые нагрузки следует рассматривать в контексте других (не ледовых) нагрузок.

### **14.1.4 Ремонт**

Последствия задержки ремонта подводного оборудования вследствие ограничения доступа к нему в ледовых условиях должны быть смягчены за счет разработки регламента на эксплуатацию, резервирования оборудования или за счет других мер.

## **14.2 Влияние ледовых воздействий и состояния морского дна**

### **14.2.1 Воздействия над поверхностью морского дна**

При оценке ледовых нагрузок должны быть рассмотрены следующие параметры ледяных образований:

- осадка киля;
- форма киля;
- частота воздействия киля;
- скорость и направление дрейфа льдов;
- механические свойства килей ледяных образований;
- гидростатические и гидродинамические характеристики ледяных образований, которые могут оказать влияние при взаимодействии киля и подводного оборудования.

Анализ ледовых нагрузок для подводной добычной системы должен проводиться с учетом положений 8.2 настоящего стандарта.

### **14.2.2 Влияние ледового выпаживания**

Для подводных добычных систем и их компонентов, расположенных ниже уровня морского дна, при оценке ледовых нагрузок должны быть учтены следующие параметры:

- расположение, частота и ориентация следов ледового выпахивания, с выделением длительных воздействий кия на морское дно (следы в виде протяженных борозд), и кратковременных воздействий (следы выпахивания в виде ям);
- геометрия следов ледового выпахивания, включая их длину, ширину и глубину, а также изменения указанных параметров вдоль и поперек следа;
- воздействие на грунт при выпахивании, включая давление на грунт и вызываемые им смещения грунта;
- механические свойства грунта и кия ледового образования.

### **14.2.3 Воронки размыва**

При оценке нагрузок от воронки размыва дна следует принимать во внимание следующие параметры:

- потенциальные источники поступления пресной воды на морской лед;
- расположение очагов и частота возникновения воронок размыва;
- скорость течения и протяженность струи воды, действующей на морское дно;
- пространственные размеры и глубина воронки размыва морского дна;
- зависимость размеров воронки размыва дна от параметров грунта и глубины воды;
- механические свойства грунта.

### **14.2.4 Многолетнемерзлые грунты**

При определении нагрузок, обусловленных наличием многолетнемерзлых грунтов должны учитываться приведенные ниже параметры:

- распределение многолетней мерзлоты и распределение образующих её грунтов;
- глубина залегания многолетнемерзлых грунтов;

- термические свойства многолетнемерзлых грунтов, включая текущую температуру и показатели солёности, а также их значения в отношении температурного равновесия, потенциал миграции солей;
- механические свойства многолетней мерзлоты, включая содержание льда, и формирующих её грунтов;
- потенциальные изменения свойств и пространственного распределения многолетнемерзлых грунтов в результате проведения работ.

Особое внимание следует уделять земляным работам в зоне многолетней мерзлоты морского дна при установке компонентов подводной добычной системы, выкидных линий и шлангокабелей, а также при строительстве котлованов для размещения подводного оборудования и при установке якорных систем.

#### **14.2.5 Опасные геологические процессы**

Необходимо учитывать возрастание опасностей геологического характера (например, наличия мелкозалегающего газа или гидратов) в районах с холодным климатом. В арктических регионах частота появления скальных пород может быть выше.

### **14.3 Воздействия на подводные добычные системы**

#### **14.3.1 Общие требования**

Необходимо принимать в расчет следующее:

- частоту воздействия ледовых нагрузок;
- величину прямого (контактного) и косвенного (через грунт) воздействия ледовых нагрузок;
- вызываемые ледовыми нагрузками изменения состояния подводной конструкции и окружающего грунта, которые могут оказать влияние на последующее восприятие сооружением ледовых нагрузок;
- влияние ветра, волн, течений и сейсмических процессов на ледовые нагрузки, а также сочетания ледовых нагрузок с этими процессами.

### **14.3.2 Конструкции для защиты от ледового воздействия**

Положения настоящего раздела относятся к конструкциям, предназначенным для защиты подводных установок от ледовых воздействий. Данный раздел также применим к любой конструкции, спроектированной для смещения или разрушения под действием ледовых нагрузок (т.е. разрушаемая защита), защищающей таким образом подводное оборудование.

При проектировании защитной конструкции должны учитываться прямые и косвенные ледовые нагрузки, воздействующие путем смещения грунта или отсыпки (гранулированного материала, используемого для стабилизации или защиты подводной установки).

Должны учитываться изменения характера, частоты и величины ледовых нагрузок, а также их косвенного влияния посредством воздействия на защитную конструкцию.

Защитная конструкция должна выполнять заданные функции в течение расчетного срока эксплуатации установки в контексте общих требований надежности. Выполнение указанного требования должно достигаться за счет использования соответствующей конструкции, технического обслуживания или ремонта.

### **14.3.3 Котлованы**

Настоящий раздел применим при заглублении подводного оборудования ниже уровня дна за счет его размещения в открытых котлованах, что позволяет снизить риск воздействия на оборудование килей ледяных образований. Стены котлованов могут быть укреплены.

При определении формы и глубины котлована необходимо учитывать величину ледовых нагрузок и свойства грунтов.

При прохождении ледяных образований над котлованом они могут временно опускаться в котлован или захватываться и удерживаться котлованом. Следует учитывать возникающие при этих процессах ледовые нагрузки.



При оценке частоты и величины ледовых нагрузок необходимо учитывать перемещение килей ледяных образований в котловане. Следует принимать во внимание характеристики ледяных образований с киями, и отдельно. Таких, которые могут попасть непосредственно в котлован.

Для снижения частоты действия ледовых нагрузок до уровня, соответствующего общим требованиям безопасности, вокруг подводного оборудования в котловане должно быть предусмотрено свободное пространство.

Необходимо учитывать возможность повреждения подводного оборудования попадающими в котлован обломками льда.

Конструкция, технология строительства и мероприятия по обслуживанию котлована должны обеспечивать выполнение им своих функций в течении проектного срока эксплуатации подводной добычной системы.

#### **14.3.4 Райзеры и системы загрузки/отгрузки**

Конструкция отсоединяемых райзеров включает буй, который остается прикрепленным к райзеру после его отсоединения.

Частота взаимодействия со льдом должна определяться на основании прогноза условий окружающей среды, перечня работ и графиков их проведения, возможности обнаружения льдов, мероприятий по контролю ледовой обстановки, конструкции систем отсоединения и процедур отсоединения.

Гидродинамические воздействия следует учитывать в сочетании с ледовыми нагрузками.

Необходимо учитывать действие ледовых нагрузок на системы, устанавливаемые на якорь и системы позиционирования (например, размещаемые в толще воды буи и их основания).

Конструкция буюв, используемых для позиционирования и обеспечения устойчивости, должна выдерживать воздействие ледовых нагрузок там, где это требуется в соответствии с положениями данного стандарта.

При оценке реакции сооружения на воздействие ледовых нагрузок необходимо учитывать упругость системы.

В тех случаях, когда это применимо, необходимо учитывать нагрузки от льда, который сцепился с конструкцией при первоначальном контакте.

Конструкция райзеров и якорных систем должна разрабатываться таким образом, чтобы свести к минимуму возможность их сцепления с оборудованием подводной добычной системы после отсоединения.

#### **14.3.5 Внутрипромысловые трубопроводы и шлангокабели**

В данном разделе рассматриваются внутрипромысловые трубопроводы и шлангокабели, уложенные на дне моря, частично или полностью заглубленные в грунт.

Следует учитывать прямые ледовые нагрузки или ледовые нагрузки, действующие через грунт. В зависимости от характера нагрузок необходимо учитывать параметры грунта, льда и ледового пропахивания. Например, средняя глубина по ширине борозды ледового пропахивания может являться параметром для учета нагрузок, действующих через смещение грунта, тогда как максимальная глубина такой борозды может использоваться при оценке возможности непосредственного контакта.

Следует учитывать изменение структуры и механических свойств килей ледяных образований в результате взаимодействия с грунтом.

Там, где это существенно с точки зрения величины нагрузки необходимо учитывать ориентацию борозд ледового пропахивания относительно трассы внутрипромысловых трубопроводов и шлангокабелей.

При необходимости следует учитывать удлинение, изменение овальности и изгибание (и сочетание указанных процессов) для внутрипромысловых трубопроводов и шлангокабелей под воздействием ледовых нагрузок. Надлежащее внимание следует уделять сварным швам и влиянию процедур укладки на состояние внутрипромысловых трубопроводов. Ледовые нагрузки следует учитывать в сочетании с нагрузками, возникающими в процессе эксплуатации внутрипромысловых трубопроводов, и с нагрузками от действия других факторов окружающей среды.

Надлежащим образом следует учитывать влияние многолетней мерзлоты и изменения состояния внутрипромысловых трубопроводов и шлангокабелей в процессе эксплуатации (например, образование вертикального выпучивания).

При выборе параметров материала, используемого для засыпки или обратной отсыпки, необходимо учитывать ледовые нагрузки и их влияние на процесс осаждения, перемещения грунтов в прибрежной зоне, наличие воронок размыва, а также влияние на эксплуатацию внутрипромысловых трубопроводов. Необходимо учитывать возможные изменения в течение срока эксплуатации сооружения (например, требования к покрытию для заглубленной линии).

Следует учитывать влияние на ледовые нагрузки веса покрытия, гравийной наброски, матов и других конструкций, используемых для обеспечения устойчивости трубопровода.

Ледовые нагрузки должны быть учтены при проектировании соединений. Как и в других случаях, соединения обычно конструируются таким образом, чтобы отсоединение под действием нагрузки происходило до разрушения трубопровода или повреждения компонента.

#### **14.3.6 Устойчивость к ледовым нагрузкам**

Необходимо учитывать взаимодействие между грунтом и сооружением при оценке последствий воздействия нагрузок.

При оценке влияния ледовых нагрузок на открытые части сооружения необходимо учитывать их взаимодействие с компонентами сооружения, расположенными ниже уровня дна и соединенными с устьем скважины.

#### **14.4 Проектирование с учетом сейсмических воздействий**

Конструкции, предназначенные для защиты устьев скважин, опорных плит и другого подводного оборудования от действия ледовых нагрузок, должны проектироваться с учетом сейсмических нагрузок. Такие сооружения должны отвечать требованиям ИСО 19901-2, ИСО 19902 для стальных конструкций и - ИСО 19903 для бетонных конструкций.

При землетрясении может происходить разрушение склонов котлованов и берм, используемых для защиты подводного оборудования от воздействия льда. Конструкция склонов должна препятствовать возможным разрушениям от сейсмических нагрузок.

### 14.5 Снижение риска

Снижению риска могут способствовать следующие меры:

- отсоединение всех или некоторых компонентов системы;
- разработка механизма предпочтительного отказа;
- увод в сторону всех или основных компонентов системы;
- использование систем обнаружения утечки углеводородов, способных обнаруживать незначительные утечки подо льдом в зимний период;
- выполнение работ по удалению углеводородов из всей системы или из ее части (например, промывка внутрипромысловых трубопроводов);
- использование подземных или подводных предохранительных клапанов;
- использование временных или постоянных барьеров для изменения ледового режима или для предотвращения действия льда на систему, в соответствии с 16.3;
- использование процедур управления ледовой обстановкой, направленных на изменение ледового режима или предотвращение доступа льда к системе, в соответствии с разделом 17.

Перечисленные выше меры могут быть предприняты для снижения частоты, величины или последствий действия нагрузок (или изменения категории последствий) для системы в целом или компонента системы. В таких случаях надежность мер по снижению риска должна быть подтверждена расчетами, документально подтвержденным опытом и протоколами внедрения соответствующих мер. Протоколы внедрения мер должны отражать все фазы эксплуатации и соответствующие ледовые сценарии. Они должны включать поэтапное описание работ и, при необходимости, идентифицировать ответственность персонала.

В тех случаях, когда для уменьшения частоты или последствий ледовых нагрузок проводятся активные мероприятия, следует учитывать неопределенности, связанные с достижением успеха при выполнении таких мероприятий.

## **15 Верхние строения**

### **15.1 Общие положения**

#### **15.1.1 Проектирование оборудования верхних строений**

##### **15.1.1.1 Общие положения**

В разделе 15 настоящего стандарта, представлены дополнения к требованиям стандарта ИСО 19901-3.

Вопросы эксплуатации установок, контрольно-измерительных приборов и трубопроводов в зимних условиях являются критичными для оборудования верхних строений, спроектированных для работы в арктических и других регионах с холодным климатом. Также требуется разработка специальных мероприятий для защиты персонала, работающего на таких сооружениях в зимних условиях.

В процессе проектирования с учетом эксплуатации в зимних условиях могут быть предусмотрены различные меры, включая:

- исключение воздушных карманов и глухих торцов в трубной обвязке, а также обеспечение естественного дренирования трубопроводов;
- поддержание постоянной циркуляции в трубопроводах (таких как водопроводы системы пожаротушения и трубопроводы водяной системы охлаждения);
- термоизоляция;
- защитный обогрев, как правило в сочетании с термоизоляцией. Обогрев может быть внутренним (когда нагревательные элементы находятся внутри емкости) или внешним (когда нагревательные элементы расположены на трубной обвязке и контрольно-измерительных приборах);

- использование защитного корпуса, обычно с расположенным внутри нагревательным элементом или с использованием системы обогрева/вентиляции;
- использование химических или механических уплотнительных элементов на контрольно-измерительных приборах;
- использование защиты от ветра для снижения скорости потери тепла;
- добавление химических реагентов (например, метанола) для снижения точки замерзания жидкости.

Трубная обвязка на морских платформах часто включает многочисленные межпалубные переходы, что осложняет доступ к этим точкам. При проектировании системы обогрева необходимо учитывать сложности, связанные с установкой, эксплуатацией и обслуживанием системы в областях межпалубных переходов, особенно в подпалубном пространстве. Если трубопровод входит во внутренние помещения, следует выполнить оценку требуемого обогрева, достаточного для предотвращения обледенения системы.

При подготовке к работе в зимних условиях следует учесть образование атмосферного и морского обледенения, а также защиту персонала и оборудования от возможного падения льда с высоко расположенного оборудования, факельных стрел и телекоммуникационных вышек.

Системы производства пара, электроэнергии и подогрева нефти должны обладать требуемой производительностью с учетом возможных потерь, ухудшения характеристик системы (загрязнение внутренней поверхности и обрастание морскими организмами) и требований к подключению дополнительного оборудования.

При определении требований к обогреву на этапах пуска, эксплуатации и останова оборудования следует обратить особое внимание на приведенные ниже элементы. Эти и аналогичные не перечисленные здесь элементы должны быть рассмотрены отдельно для систем, которые в целом не требуют защитного обогрева:

- оборудование и трубная обвязка систем водораспределения, в которых из-за перерывов в работе или недостаточной величины расхода не поддерживается температура выше точки замерзания;
- гидравлические затворы;
- выпускные клапаны и связанные с ними линии сброса;
- выводы и штуцера систем КИП;
- приборы промышленной автоматики;
- автоматическое охлаждение контрольных клапанов и станций разбавления;
- трубная обвязка и оборудование, которые могут содержать значительное количество влаги при пуске или при сбое в работе;
- недренируемые низко расположенные точки в оборудовании и трубной обвязке, и глухие торцы труб или опор;
- дренаж выкидных линий, насосов, емкостей, гидравлических силовых систем и другого оборудования;
- системы смазки и масляных уплотнений;
- емкости закрытой системы водяного охлаждения для компрессоров сырого газа;
- емкости и трубопроводы систем топливной нефти и дизельного топлива;
- оборудование с дизельными двигателями, главным образом, пожарные насосы и аварийные генераторы;
- дренажные системы и затворы, расположенные в нижних точках линий подачи сжатого воздуха;
- ловушки дренажной системы топливного газа;
- система газа для КИПиА;
- входные патрубки воздушных турбин;
- воздушные или водяные теплообменники систем конденсации;
- трубчатые охладители природного газа при возможности гидратного режима;

- газ, используемый при холодном пуске;
- всасывающий трубопровод компрессора при работе с насыщенным газом;
- линии подачи пены системы пожаротушения;
- системы запуска средств очистки и диагностики трубопроводов;
- оборудование для операций покидания, эвакуации и спасения (см. раздел 18).

#### 15.1.1.2 Температура окружающей среды

Низкая температура окружающей среды может оказывать существенное влияние на выбор материала конструкции. Некоторые металлы могут становиться хрупкими при низких температурах и следует избегать их использования для трубопроводов и оборудования. Данные вопросы рассмотрены в стандарте ИСО 19901-3.

Некоторые виды полимеров становятся хрупкими и подвержены растрескиванию при низких температурах. Следует избегать использования этих полимеров для таких целей, как изоляция кабелей. Выбор конструкционных материалов должен основываться на требованиях 11.9 и учитывать значение минимальной ожидаемой температуры при эксплуатации (LAST).

#### 15.1.1.3 Действие на верхние строения морского льда и айсбергов

Оборудование верхних строений, палубы и рабочие поверхности должны проектироваться на ледовые нагрузки с годовой вероятностью значений EL и AL, как указано в 7.2.2.3 и 7.2.2.4. При отсутствии данных, требуемых для количественной оценки ледовых нагрузок, их необходимо оценить, используя обоснованную вероятность возникновения. В этом отношении следует рассмотреть все реалистичные сценарии взаимодействия и потенциальные неблагоприятные последствия. В 8.3.1.4 приведены описания движения льда под действием волн, в разделе 18 приведено описание оборудования для покидания, эвакуации и спасения.



Кроме того, при проектировании технологических систем верхних строений, опорных конструкций, трубной обвязки, оборудования и арматуры следует учитывать приведенные ниже факторы:

- ледовые нагрузки на опорную конструкцию, вызывающие аномальную вибрацию, сходную с вибрацией при землетрясениях;
- ледовые нагрузки на опорную конструкцию средней продолжительности, вызывающие кратковременную вибрацию;
- возникновение резонанса, вызванного воздействием ледовых нагрузок, собственной частотой сооружения и частотой вращения (вибрацией) вращающихся элементов технологического оборудования (таких как, компрессора, насосы, газотурбинные генераторы).

Следует уделять особое внимание вопросам усталостной прочности при низких температурах.

#### **15.1.1.4 Накопление льда**

Лед на верхних строениях может образовываться вследствие атмосферных осадков или морского обледенения. Накопление льда может происходить в результате выпадения на палубу града и снега. Соответственно при проектировании необходимо учитывать изменение веса конструкции вследствие указанных явлений. Нагрузки от веса снега или льда следует учитывать при проектировании оборудования, включая термоизоляцию на горячем технологическом оборудовании и трубопроводах. Некоторые виды термоизоляции (например, на основе пены) легко разрушаются или теряют эффективность под действием внешней нагрузки.

#### **15.1.2 Положения по эксплуатации**

Нагрузки от обледенения и скопления снега должны быть минимизированы за счет физического, химического или теплового воздействия на эти образования. Использование любых антиобледенительных реагентов должно согласовываться с национальными нормативными требованиями. Эвакуационные и технологические проходы должны быть свободны от льда и снега. Метеопрогнозы могут помочь

предупредить образование нового обледенения и накопления снега, что может быть использовано для смягчения воздействия на эксплуатацию добычных систем. Особое внимание должно быть обращено на эксплуатацию оборудования верхних строений на плавучих установках, где может происходить морское обледенение.

### **15.1.3 Принципы обеспечения материалами**

#### **15.1.3.1 Бестарные расходные материалы**

Вследствие большой удаленности морских установок в арктических регионах и регионах с холодным климатом должно быть обеспечено достаточное количество бестарных материалов для систем, жизненно важных в отношении здоровья, безопасности и воздействия на окружающую среду. Уровень возможности технического обслуживания в ледовых условиях (SLIE) следует учитывать при оценке вероятности отказа критичной системы, нарушение работы которой делает невозможным доступ к сооружению судов, вертолетов и пр. Продолжительность периода времени, в течение которого эта система может оставаться неработоспособной, может привести к неблагоприятным последствиям для здоровья или безопасности персонала, работающего в море.

#### **15.1.3.2 Запасные части для оборудования**

Не менее двух независимых телекоммуникационных систем должно быть предусмотрено на сооружении, чтобы обеспечить резервирование линий связи с берегом при неблагоприятных природных событиях в арктических регионах и регионах с холодным климатом. Телекоммуникационные технологии могут включать:

- волоконно-оптическую линию связи;
- СВЧ связь;
- УКВ (UHF) связь;
- ОВЧ (VHF) связь;
- спутниковую связь (VSAT).

Вследствие экстремальных температур в арктических регионах и регионах с холодным климатом должно быть обеспечено резервирование системы ОВКВ

(HVAC) на обогрев для жилого модуля для того, чтобы в случае выхода системы из строя была возможность обеспечить необходимый обогрев до того, как начнет выполняться план EER.

На всех сооружениях в холодных регионах должны быть предусмотрены резервные аварийные генераторы.

## **15.2 Требования к проектированию и эксплуатации**

### **15.2.1 Общие положения**

#### **15.2.1.1 Высота палубы**

При определении требуемой высоты палубы необходимо учитывать возможность напоязания льда на наклонные поверхности. образование нагромождений битого льда, воздействие на конструкцию ледяных образований, таких как айсберги, и морское обледенение, см. 5.3.2 и 15.1.1.3. Эти факторы являются дополнительными по отношению к гидрометеорологическим и океанографическим факторам.

#### **15.2.1.2 Внешняя защитная обшивка**

Следует рассмотреть целесообразность применения защитной обшивки и обогрева для технологического и бурового оборудования. Технологическое оборудование может быть закрыто полностью или частично с расположением некоторых агрегатов и технологических ёмкостей снаружи закрытого модуля. Вращающееся оборудование обычно располагается в обогреваемых закрытых модулях.

Контрольно-измерительные приборы расположенные снаружи емкостей, включая уровнемеры и передатчики, должны располагаться внутри обогреваемого модуля или быть изолированы и оборудованы системой подогрева.

Буровое оборудование должно быть полностью закрыто за исключением буровой вышки, которая может быть укрыты только на уровне пола буровой установки, трубного стеллажа и на уровне кронблока. Емкости хранения сухих компонентов бурового раствора и цемента, а также трубные стеллажи могут располагаться вне модулей. Должен быть предусмотрен обогреваемый трубный

склад, оборудованный наклонной площадкой для спуска труб. Размеры трубного склада должны обеспечивать хранение комплекта труб для самой протяженной обсадной колонны и запаса бурильных труб.

В закрытых помещениях должна быть предусмотрена вентиляция. Особое внимание следует уделить системе вентиляции в закрытых модулях, где возможна утечка газа или вредных химических реагентов, см. 15.2.9. Параметры системы вентиляции необходимо определить на стадии проектирования закрытых модулей.

#### 15.2.1.3 Программа специального обслуживания оборудования

Должна быть разработана программа действий для защиты оборудования и трубопроводов в случае нарушения работы систем обогрева или при останове платформы. Эта программа должна включать дренирование или продувку сосудов, резервуаров, оборудования и трубной обвязки для предотвращения повреждений, вызванных обледенением и расширением замерзающих жидкостей.

Для обслуживания наиболее важного оборудования, такого как, воздушные компрессоры и оборудование дренажных систем, может потребоваться использование резервных или аварийных систем энергообеспечения. Для некоторых видов оборудования или трубопроводов, дренирование которые нецелесообразно, может потребоваться использование системы обогрева, подключенной к аварийному или резервному источнику электроэнергии. Для предотвращения образования льда могут использоваться другие методы, такие как непрерывная циркуляции жидкости в трубопроводах или перемешивание жидкостей в емкостях.

#### 15.2.1.4 Требования к системам обогрева

Как правило, закрытые площадки, связанные с технологическими процессами без участия персонала и с бурением, должны обогреваться до температуры не ниже 5°C.

Для минимизации или исключения программ специального обслуживания оборудования и трубной обвязки, приведенных в 15.2.1.3 и 15.2.8.2, должно предусматриваться резервное оборудование систем обогрева.

Конструкция добычного сооружения должна обеспечивать продолжение добычи при нарушении работы систем обогрева в условиях отрицательных температур. Также, добыча не должна прекращаться в случае, когда продувочный воздух нельзя нагревать до температуры выше нуля, вследствие срабатывания системы обнаружения газа. В каждом из этих случаев теплоизоляция и конструктивные решения, связанные с обеспечением работы в зимних условиях, являются критичными для поддержания надлежащих температур в емкостях, трубопроводах и контрольно-измерительных приборах.

При температуре воздуха ниже 0°C резервное отопительное оборудование и системы не потребуется в том случае, если буровые операции приостанавливаются по причине выхода из строя основных систем отопления.

#### **15.2.2 Система ОВКВ и инженерные системы**

Входные и выпускные воздушные патрубки должны быть оснащены защитными колпаками для предотвращения накопления снега или льда.

Должна быть предусмотрена возможность остановки системы ОВКВ при обнаружении пожара или утечки газа на платформе.

Система производства пара должна обеспечивать процесс оттаивания и очистки трубной обвязки технологических и буровых систем и оборудования. Система ОВКВ должна предусматривать механизмы контроля влажности, особенно в местах с присутствием людей.

#### **15.2.3 Архитектурные решения**

Внешние надстройки и палубы должны быть изолированы во избежание образования конденсата или обледенения. Это, в частности, важно для пространства палуб, где скользкая поверхность может создавать опасность для персонала.

Установленное на открытых площадках оборудование, требующее периодического технического обслуживания, должно быть оборудовано временными или постоянными укрытиями от ветра. Площадки для складирования, внешние временные убежища и места погрузки в эвакуационные транспортные средства также должны быть оборудованы защитой от ветра.

Следует принять меры для уменьшения накопления льда или снега в проходах и на лестницах, например, за счет использования решеток.

#### **15.2.4 Электрооборудование**

Скобы, коробка, каналы и прочие конструкции, используемые для прокладки и хранения кабелей должны быть предназначены для применения в морских холодных климатических условиях.

Электродвигатели, подверженные большим и быстрым перепадам температуры должны быть оборудованы антиконденсационными обогревателями, которые включаются при отключении электродвигателя. Силовые панели, панели управления, расположенные на открытых площадках, должны быть оборудованы антиконденсационными обогревателями с термостатом.

Электродвигатели, установленные на открытых площадках в холодных климатических условиях, должны поставляться в «Арктическом» исполнении; они должны иметь стальные корпуса, рассчитанные на работу при низких температурах. Подшипники должны иметь низкотемпературную смазку. Аккумуляторы следует поддерживать в полностью заряженном состоянии и хранить в отапливаемых помещениях с целью снижения вероятности их замерзания в холодную погоду.

#### **15.2.5 Электрические изоляторы**

Материал, используемый для изготовления электроизоляторов, не должен становиться хрупким при экстремально уровне температуры окружающей среды (minimum EL). Электроизоляторы используются для разделения разнородных металлов.

#### **15.2.6 Контрольно-измерительные приборы и аппаратура управления**

Контрольно-измерительные приборы должны устанавливаться в обогреваемых помещениях или модулях. Там, где это нецелесообразно должна применяться термоизоляция с электрообогревом и предусматриваться соответствующие средства технического обслуживания.

В случае использования системы парового обогрева должны использоваться трубы из нержавеющей стали, при этом технологическая трубная обвязка и трубы системы обогрева объединяются в единый пучок:

- пучки труб с подогревом обеспечивают необходимый температурный режим в большинстве случаев (предотвращение замерзания и общий обогрев). Такие пучки включают нагревательную трубу с термозащитным покрытием, которое защищает технологический трубопроводы от локального и общего перегрева.

- пучки труб с интенсивным нагревом должны использоваться там, где технологическая жидкость становится слишком вязкой при температуре окружающей среды. Конструкция таких пучков обеспечивает плотный контакт между трубной обвязкой и трубой системы обогрева.

Технологические соединения и сопутствующая обвязка КИП должны обогреваться и изолироваться таким же образом (подогрев и интенсивный нагрев), как и технологические трубопроводы. Следует обеспечить обогрев и надежную изоляцию технологических кранов и расходомеров.

Электрический или гликолевый обогреватель труб должен использоваться там, где жидкости могут закипеть, при использовании пара в качестве теплоносителя.

Используемые в КИП жидкости не должны требовать специальной подготовки для работы в зимних условиях.

Для каждого контрольно-измерительного прибора необходимо использоваться независимый обогреватель, требования к резервированию обогревателя должны устанавливаться исходя из уровня ответственности КИП.

Технологические характеристики всех контрольно-измерительных приборов, которые должны обогреваться, следует определить до разработки мероприятий по их подготовке к работе в зимних условиях. Следует принять меры предосторожности от перегрева и нагрева до температуры испарения жидкости,

находящейся в контрольно-измерительных приборах и их трубной обвязке.

Перегрев может быть причиной неправильной работы приборов.

Для КИП импульсных линий необходимо установить, как линии будут изолироваться и обогреваться, в частности, линии, проложенные в лотке.

Закрытые корпуса передатчиков должны быть предназначены для работы в холодных климатических условиях. Линия электрообогрев не должна заканчиваться до того, как импульсная линия входит в корпус КИП. Обогреватели внутри корпуса предназначены только для поддержания температуры датчиков, поэтому непосредственно у входа в корпус имеется уязвимый участок импульсной линии. Электрообогреватель должен входить с импульсной линией в корпус, и также должен быть привязан к сенсору передатчика.

Конструкция оборудования должна включать механизмы, обеспечивающие наличие источников электроэнергии для того, чтобы КИП, (такие как. пневматические и газовые) надлежащим образом осушались, с достижением точки росы по воде или углеводородам на уровне по крайней мере на 10°C ниже расчетного минимума температуры окружающего воздуха (при рабочем давлении системы).

### **15.2.7 Механическое оборудование**

#### **15.2.7.1 Емкости**

В емкостях обычно необходимо обогревать только жидкости.

- Емкости для кислотных и других агрессивных коррозионных сред должны обогреваться только снаружи.
- Следует уделить особое внимание определению максимально допустимой температуры для емкостей с кислотами, поскольку эта температура зависит от используемого материала и концентрации кислоты.
- Установленный снаружи ёмкости контрольно-измерительный прибор типа «бридель» также следует оборудовать обогревом.

В емкостях для воды, обогрев, как правило, должен быть ограничен до лотка водозабора.



- Тепло необходимо подавать на все днище емкостей, когда существует вероятность охлаждения при расширении легких углеводородных жидкостей.

Сепаратор факельной установки представляет собой пример того, когда следует учитывать указанный эффект охлаждения.

#### 15.2.7.2 Топливо

Температура потери текучести топлива должна быть по крайней мере на 10°C ниже самой низкой температуры окружающего воздуха EL. Вязкость жидкости должна учитываться при проектировании системы распределения топлива.

#### 15.2.7.3 Осушка газа

Газ должен подвергаться осушке до температуры по крайней мере на 10°C ниже самой низкой температуры окружающего воздуха EL, для исключения возможности образования гидратов при нормальной эксплуатации.

#### 15.2.7.4 Система топливного газа

Системы топливного газа должны быть оборудованы подогревом от локальных барабанных сепараторов до выходного патрубка манифольдов факельной установки. Необходимо предотвращать выпадение пропана и более тяжелых компонентов при подаче топливного газа на двигатели и турбины. Если концентрация пропана или более тяжелые углеводородов в сжигаемой смеси превышает 50%, необходимо использование испарителей в сепараторе (дополнительно к обогревателям трубопроводов).

#### 15.2.7.5 Теплоизоляция

Выбор материала изоляции должен основываться на требованиях к диапазону рабочих температур и соответствия материала условиям эксплуатации. Материалы изоляции должны быть отнесены к классу по крайней мере на 10°C ниже экстремальной температуры (EL) окружающего воздуха. Подходящие материалы пароизоляции также должны быть предназначены для применения на открытом воздухе.

Изоляционные чехлы и применяемые материалы должны выдерживать нагрузки уровня EL и AL от действия снега, атмосферного и морского обледенения.

#### **15.2.7.6 Вибрации**

Следует рассмотреть антивибрационные опоры для чувствительного к вибрации вращающегося оборудования, такого как газовые турбины и оборудования, которое является источником вибрации, такое как поршневые компрессоры. Конструкция опор должна учитывать вес снега и обледенения. Необходимо учитывать вибрации, которые возникают в результате взаимодействием льда с сооружением.

#### **15.2.7.7 Испытание и обследование емкостей**

Все ёмкости, находящиеся под давлением, а также их опоры должны соответствовать минимальной экстремальной температуре (EL) окружающего воздуха. Может потребоваться проведение испытания на удар емкостей и их опор.

Для изолированных ёмкостей необходимо учитывать необходимость проведения обследований. Для этой цели может использоваться съемное изолирующее покрытие.

#### **15.2.7.8 Насосы**

Для насосов, расположенных снаружи или эксплуатирующихся при неработающей нагревательной системе, материал насосов, включая уплотнения и оболочки, должны соответствовать требованиям к минимальной экстремальной температуре (EL).

#### **15.2.7.9 Обогреватели двигателей**

Дежурные или аварийные двигатели должны находиться в обогреваемых помещениях или должны быть оборудованы обогревателями для двигателей, для обеспечения запуска при низкой температуре.

#### **15.2.7.10 Буровое оборудование**

Оборудование буровой площадки и буровой вышки должно быть классифицировано для работы при минимальной экстремальной температуре (EL).

Шланг ведущей бурильной трубы, если он не обогревается, должен быть обеспечен средством для продувки при отсутствии циркуляции.

Там где буровые райзеры и устья скважин подвержены воздействию низких температур, необходимо предусмотреть средства для предотвращения замерзания жидкости в райзере. Аналогично необходимо защищать от замерзания межтрубное пространство нагнетательных скважин для закачки в пласт бурового шлама.

**15.2.7.11 Жидкости для гидравлических систем, смазочные материалы и хладагенты**

Должны использоваться жидкости для гидравлических систем, смазочные материалы и охлаждающие жидкости, классифицированные на минимальную экстремальную рабочую температуру (EL).

**15.2.7.12 Уплотнения и прокладки**

Уплотнения и прокладки должны выполнять требуемые функции при низких температурах.

## **15.2.8 Трубная обвязка**

**15.2.8.1 Испытание и инспекция**

Трубная обвязка должна быть спроектирована таким образом, чтобы выдерживать одновременное воздействие низких температур и максимальных рабочих давлений, см. А.15.2.8.1 (Приложение А).

Для изолированных труб необходимо учитывать требования к инспекции. Могут использоваться съемные изолирующие покрытия.

**15.2.8.2 Обогрев и изоляция труб**

**1) Общие положения**

Обогрев и изоляция труб должны проводиться при возникновении любого из следующих условий:

— температура застывания или замерзания флюида в трубе выше минимальной экстремальной температуры окружающей среды (EL);

- в результате снижения давления влагосодержащего газа в трубе происходит образование льда или гидратов;
- при конденсации в трубе образуются коррозионные компоненты;
- в линиях топливного газа происходит конденсация;
- расход жидкости снижается до неприемлемого уровня из-за увеличения её вязкости;
- возможно засорение выпускных труб вследствие замерзания или сгущения вязких жидкостей;
- возможно замерзание жидкости в дренажных линиях емкостей.

Требуется оценить необходимость использования защиты от замерзания для труб, расположенных в нижней части модулей, где возможно скопление холодного воздуха.

Системы обогрева труб могут использовать электричество, пар, гликоль или горячее масло. Электрические системы являются предпочтительными там, где необходим точный контроль температуры, или там где использование гликоля или пара нецелесообразно.

Необходимо рассмотреть возможность использования резервирования системы обогрева или «двойного обогрева» для критичных линий, таких как выпускные линии или линии факельной установки.

## 2) Обогрев труб паром

Использование обогрева паром допустимо в системах, допускающих относительно широкий диапазон колебаний температуры. Он может использоваться в опасных зонах, а повреждения в его системе легко обнаруживаются и исправляются.

При прокладке системы парового обогрева необходимо учитывать возможность термического изменения длины труб. Должен быть обеспечен легкий доступ ко всем фланцам, муфтам, клапанам, сифонам, фильтрам и контрольно-измерительным приборам. Клапаны и фланцы, муфты или фитинги должны устанавливаться таким образом, чтобы их можно было испытывать и заменять.

На трубопроводе, питающем паровой обогреватель, и на возвратной линии для конденсата должны быть установлены клапаны.

Когда целесообразно, клапаны должны располагаться таким образом, чтобы к ним имелся легкий доступ с уровня пола или с постоянно установленных рабочих лесов. Когда это не целесообразно, клапаны должны располагаться таким образом, чтобы к ним был возможен доступ с использованием лестницы.

### 3) Электрообогрев трубопроводов

Электрический обогрев обеспечивает возможность более точного контроля температуры. Поскольку энергия, затрачиваемая на электрический обогрев зависит от потерь тепла, качество и состояние изоляции трубопровода является критичным аспектом, который следует учитывать. Излишние потери тепла при отсутствии изоляции или в плохо изолированных местах могут сделать электрический обогрев неэффективным. Некоторые типы электрообогрева не могут использоваться на классифицированных (считающихся опасными) участках, и обычно для таких систем трудно определить местонахождение дефектов.

Классифицированные площадки, на которых имеются системы электрообогрева, должны быть указаны на чертеже, определяющем границы каждой классификации.

Выбор и установку электрического обогрева в опасных зонах следует проводить в соответствии с международными или применимыми национальными правилами установки электрооборудования.

### 4) Горячее масло / гликоль

Системы, использующие горячее масло / гликоль, обеспечивают точный контроль температуры там, где требуются высокие значения температуры.

#### 15.2.8.3 Циркуляция жидкостей

Такие трубопроводы, как водопровод инженерных систем, трубопровод водяной системы охлаждения и пожарный трубопровод могут быть защищены от замерзания циркуляцией вместо использования систем обогрева. Кроме того, в выпускных линиях могут поддерживаться скорости потока достаточные, чтобы

предотвратить замерзание флюида. Трубопроводы водяной системы охлаждения, инженерных систем и пожарный трубопровод должны быть теплоизолированы для уменьшения образования конденсата.

#### **15.2.8.4 Дренирование и продувка систем**

Во всех низких точках трубопроводов, где требуется дренирование системы, должны быть установлены дренажные устройства. По возможности в трубопроводах следует избегать карманов, которые должны быть дренированы.

Там, где при работе в зимних условиях нецелесообразно осуществлять дренирование и откачивание, обогрев и теплоизоляцию трубопроводов, должны быть установлены соединения для продувки системы сжатым воздухом или газом.

#### **15.2.8.5 Палубные шпигаты**

Дренажные устройства наружной палубы и соответствующие трубопроводы должны обогреваться и быть теплоизолированными для предотвращения замерзания внутри дренажных линий.

### **15.2.9 Безопасность**

#### **15.2.9.1 Общие положения**

Следует принять во внимание возможное воздействие защитных устройств на аспекты безопасности, например, повышение вероятности скопления газов, увеличение избыточного давления взрыва, а также дополнительная классификация зон и необходимость профилактических мер.

#### **15.2.9.2 Защита от взрыва**

Расчетное избыточное давление взрыва, используемое для аварийных сценариев, должно приниматься с учетом ограничений, накладываемых при использовании отсеков с перегородками.

#### **15.2.9.3 Противопожарная защита**

При выборе систем подавления или тушения пожаров нужно учитывать потенциальную опасность для персонала, находящегося в закрытых сооружениях.

#### 15.2.9.4 Человеческие факторы / эргономика

Для транспортировки материальных средств следует предусмотреть использование подъемных кранов, стационарных шлюпбалок и монорельсов.

Из-за потенциальной возможности накопления снега и/или льда на производственных палубах следует избегать операций по транспортировке материальных средств, с помощью систем, использующих тележки. При экстремальных температурах следует избегать решений, требующих проведения сборочных работ (например, А-образных рам).

#### 15.2.9.5 Аварийный душ и средства для промывки глаз

Душевые кабинки и станции промывки глаз, предназначенные для работы при температурах ниже 0°C, должны располагаться в обогреваемых помещениях, а водопроводные линии к душу / станциям должны обогреваться низковольтными системами электрообогрева, оснащенными термостатами.

#### 15.2.9.6 Раздевалки и кладовые

Конструкция верхних строений, эксплуатируемых в арктических и других регионах с холодным климатом, должна предусматривать раздевалки и кладовые для хранения личных вещей, таких как дополнительная тёплая одежда или индивидуальное защитное снаряжение.

#### 15.2.9.7 Аварийно-спасательное оборудование

Мониторы, барабаны с рукавами и салазки дренчерных и спринклерных систем при необходимости должны быть оснащены соответствующим оборудованием для обогрева.

### **15.2.10 Система сброса и факельная установка**

Следует рассмотреть возможность подачи добавочного давления, на предохранительный клапан (PSV) выходного патрубка с дренажными отверстиями для воды и таким образом предотвратить его замерзание. Дренажные отверстия должны быть достаточно большими, чтобы стекала дождевая вода, накапливающаяся в конце патрубка. Дренажное отверстие должно быть в основании

изгиба выходного патрубка клапана PSV. Над дренажным отверстием следует установить козырек для защиты от атмосферного воздействия.

Параметры клапана PSV должны соответствовать холодным климатическим условиям экстремально низкого уровня (EL).

Обогрев или изоляцию трубопроводов следует предусматривать для предотвращения замерзания гофрированных мембран предохранительных клапанов (PSV).

Материал разрывной мембраны следует выбирать в соответствии с температурой окружающей среды и с учетом ее суточных колебаний.

Барабанный сепаратор головной части факельной установки должен быть изолирован и должен обогреваться. Следует рассмотреть возможность установки обогрева на барабанный сепаратор факельной установки / водяной затвор сепаратора.

Следует предусмотреть дренирование жидкостей из нижних точек трубопроводов и оборудования. Для уменьшения образования гидратов все низко расположенные точки на головке факельной установки или предохранительной системе, в которых может накапливаться жидкость, должны дренироваться.

Следует уделить внимание изоляции и обогреву трубопровода факельной системы в нижней части барабанного сепаратора головной части факельной установки для предотвращения потенциального накопления льда в трубопроводе факельной стрелы.

### **15.2.11 Хранилище**

Для минимизации отказов из-за замерзания в канале закрытого шарового клапана следует рассмотреть использование предварительно рассверленных шаровых клапанов для дренирования резервуаров-хранилищ .

Система предохранительных клапанов резервуаров-хранилищ должна быть сконструирована так, чтобы избежать потенциальной вероятности замерзания накопленной воды. Предохранительные клапаны для систем сброса избыточного атмосферного давления резервуаров-хранилищ и вакуумной защиты должны быть



сконструированы так, чтобы избежать накопления воды, что может привести к примерзанию седла клапана.

#### **15.2.12 Нагрузки на конструкцию**

Для многоопорных сооружений с палубой, жестко соединенной с сооружением, при проектировании палубы должны учитываться дифференциальные и разнонаправленные ледовые нагрузки, действующие на опоры сооружения. Обычно открытые части опоры испытывают большие нагрузки, чем нижние части опор.

В арктических и холодных климатических регионах накопления льда и снега могут быть существенными, и должны учитываться при разработке общей конструкции палубы.

Разница температуры между деталями отдельных конструкций (например, опоры палубы) может вызвать тепловое сжатие / расширение. Если конструкции взаимно ограничивают перемещение, то могут возникнуть существенные внутренние силы. На это следует обратить внимание при проектировании палубы и верхнего строения.

Для того чтобы определить значения температурного расширения (сжатия) в элементах верхних строений, следует использовать экстремально низкие температуры уровня EL для того, чтобы получить расчетные значения изменения температуры относительно уровня температуры сооружения.

Если верхние строения устанавливаются на искусственных островах или на многолетнемерзлых грунтах, то при проектировании сооружений следует учесть величину осадки грунта. Следует предусмотреть возможность регулировки в опорных точках для компенсации осадки в течение длительного времени.

#### **15.2.13 Обеспечение снабжения и перемещение грузов**

Из-за того, что в течение длительного времени к конструкции с какой либо стороны может отсутствовать доступ, следует обратить внимание на сезонные направления дрейфа льда в месте (местах) расположения стеллажей для труб и местах действия подъемных кранов.

Оператор должен по крайней мере в двух различных местах иметь в наличии независимые подъемные краны и площадки для хранения труб, чтобы, насколько это возможно, обеспечить снабжение в сложных ледовых и гидрометеорологических условиях.

Основные принципы механического перемещения грузов должны разрабатываться с учетом специфики холодных районов и должны определять необходимые приспособления и пути перемещения для всех единиц оборудования.

#### **15.2.14 Рабочие условия**

С целью противодействия экстремальным температурам окружающей среды для персонала верхних строений в местах его постоянного или регулярного пребывания должны быть созданы комфортные условия для работы. Для достижения данной цели следует, например, обеспечить фиксированную температуру в часто посещаемых местах.

В любых регионах, на которые распространяется действие данного стандарта на сооружениях следует предусматривать укрытия для защиты персонала от низких температур окружающего воздуха. Укрытия могут быть временными или постоянными в зависимости от ожидаемых минимальных значений и длительности воздействия температур, которые могут вызвать дискомфорт при работе на открытых участках. Вопросы охлаждения ветром рассматриваются в А.6.3.3 (Приложение А).

Следует оценить необходимость использования других средств защиты от погодных условий в случае необходимости выполнения кратковременных или аварийных работ.

Конструкция верхних строений, эксплуатируемых в Арктике и других районах с холодным климатом, должна предусматривать раздевалки и кладовые для хранения личных вещей, таких как дополнительная теплая одежда или индивидуальное защитное снаряжение.

## **15.3 Проектирование с учетом сейсмических воздействий**

### **15.3.1 Общие положения**

Для сооружений, расположенных в арктических и холодных климатических регионах, проектирование с учетом сейсмических воздействий, там где это необходимо, следует осуществлять в тех случаях, когда опорная конструкция сооружения устанавливается на морское дно. Положения 15.3 должны применяться ко всем конструкциям и системам верхних строений, включая основную рамную конструкцию сооружения, составные части палуб, установки и фитинги жилых модулей, стационарное буровое оборудование, добычные и вспомогательные распределенные системы, такие как трубопроводы, система ОВКВ, электрические системы, контрольно-измерительные приборы и блоки управления, опоры оборудования и систем, системы верхнего строения, такие как EER и аварийное энергоснабжение. Проектирование с учетом сейсмических воздействий проводится в соответствии со стандартом ИСО 19901-2.

### **15.3.2 Проектирование верхних строений**

Характеристики конструкционной стали для основных элементов верхних строений должны быть такими же, как и для нижней части сооружения. При сейсмическом воздействии экстремального уровня возможно образование незначительных повреждений, в то время как для сейсмического воздействия аномального уровня возникновение повреждений не допускается. Кроме того, не должно происходить чрезмерных деформаций, которые могли бы нанести ущерб функционированию жизненно важных систем или вызвать необходимость привести в действие систему EER. Для динамически чувствительных верхних строений или сооружений, использующих системы пассивной защиты, следует проводить анализ общих нагрузок.

Каркас сооружения должен иметь конфигурацию, максимально соответствующую стандартной модели и полным боковым нагрузкам. Колонны сооружения должны иметь прочность, превышающую прочность балок. Следует проявлять осторожность при попытке достичь этой цели использованием

материалов с различным пределом текучести; следует помнить, что должен быть учтен фактически ожидаемый или номинальный предел текучести, а не минимальный предел текучести.

Там где по технологическим соображениям требуется использование каркаса неправильной формы, каркас должен быть сконструирован и исследован таким образом, чтобы продемонстрировать характеристики устойчивости во всех направлениях.

Соединения конструкций должны быть спроектированы в соответствии с положениями стандарта ИСО 19902. Соединения должны быть рассчитаны на нагрузки в соответствии с прочностью элементов каркаса в соединении, если рассчитанные нагрузки не будут составлять меньше, чем 50% прочности элементов, и в этом случае соединение может быть спроектировано на максимальные рассчитанные нагрузки.

### **15.3.3 Проектирование оборудования и опор верхних строений**

Анкерные крепления, опоры, системы сооружения и устройства для крепления всего оборудования должны быть сконструированы и рассчитаны таким образом, чтобы предотвратить потерю формы, механическое повреждение и перечисленные ниже ситуации:

- смещение оборудования или его компонентов таким образом, что могло бы повлиять на безопасность персонала или на возникновение аварийной ситуации (например, опасность падения, соскальзывания и опрокидывания);
- смещение оборудования таким образом, что может повлиять на функционирование близлежащих важных систем (например, путем ударного воздействия);
- утечка содержащихся в емкостях материалов, что может создать серьезную пожарную опасность или иметь последствия, связанные с воздействием на здоровье, безопасность и окружающую среду.

Опоры трубопроводов и других аналогичных систем должны иметь такую конструкцию, чтобы разрушения не происходило ни при ELE, ни при ALE. Повреждение отдельных опор при ALE может быть допустимым.

Для определения сейсмических нагрузок на оборудование или узлы их опирания на верхнем строении, в рамках структурного анализа верхних строений, описанного в 15.3.2, необходимо использовать ускорения или частотные спектры внутренних элементов сооружения (вертикальные и горизонтальные). Для динамически чувствительного оборудования, такого как мачты антенн связи или буровые вышки, следует провести анализ изменений во времени.

Для распределенных систем, таких как различные модули, которые пересекаются с конструктивными элементами, должны учитываться нагрузки, возникшие вследствие дифференциальных смещений с различными фазами. Такие нагрузки включают нагрузки, действующие на саму распределенную систему, а также нагрузки, действующие на опорную систему. Они также применяются в отношении компонентов, которые должны содержать углеводороды или поддерживать работоспособность жизненно важных систем.

В трубопроводах, содержащих углеводороды или опасные материалы, после возникновения ALE давление должно поддерживаться на прежнем уровне. Пролеты трубопроводов между гибкими компонентами, модулями, салазками и пр. должны обладать надлежащей гибкостью, чтобы выдерживать перемещения в местах подсоединения. Кабельные лотки, направляющие устройства и другие подобные системы необходимы, чтобы обеспечивать сохранность положения элементов после землетрясения.

#### **15.3.4 Проектирование сопряжений компонентов**

Конструкции соединений морского сооружения с другими компонентами, такими как перекрытия или системы подводных трубопроводов, должны учитывать относительные движения между всеми этими компонентами, которые могут произойти во время землетрясения.

### 15.3.5 Проектирование систем пассивной защиты

В данном разделе дается руководство по проектированию и испытаниям систем пассивной сейсмической защиты. Положения параграфа должны применяться ко всем таким системам, независимо от того защищают ли они всю платформу или отдельные ее части. Рекомендации по проектированию систем защиты нацелены главным образом на системы сейсмической изоляции и системы демпфирования энергии.

При проектировании системы пассивной защиты и защитных конструкций при воздействии землетрясения уровня ELE необходимо использовать апробированные методики. Соответствующие методики включают одномодальный подход или метод эквивалентных статических нагрузок и анализ спектра отклика системы.

Для подтверждения характеристик сейсмостойкости при воздействии землетрясения уровня ALE на сооружение с пассивной системой защиты необходимо применять детальный нелинейный динамический анализ. Нелинейная модель должна учитывать нелинейное поведение всех пассивных элементов защиты, а также, в случае необходимости, нелинейное поведение самого сооружения.

Система пассивной защиты должна быть сконструирована с учетом и других условий, включая низкие температуры, ветра, скопления льдов, снега; эффект старения, оползание, усталость, рабочая температура и подверженность воздействию влаги или разрушающим загрязняющим веществам.

Должны быть предусмотрены средства доступа для проведения инспекции и замены всех компонентов системы пассивной защиты. Должен быть разработан план и график проведения инспекции, чтобы установить проведение периодического мониторинга, инспекции и программы технического обслуживания систем пассивной защиты.

Должны быть разработаны методика контроля качества изготовления и программа испытаний систем пассивной защиты.

Испытания прототипов должны проводиться для каждого типа и размера устройств, используемых в конструкции. Типичные образцы устройств каждого типа могут использоваться для испытания в качестве прототипов при условии, что аналогичность устройства в отношении к ранее испытанным устройствам может быть обоснована. Испытательные образцы не должны использоваться для строительства.

Устройства пассивной защиты должны быть заменены после любого сейсмического события, превышающего ELE, если структурный анализ или испытания не покажут, что этого можно не делать.

## **16 Дополнительные вопросы инженерной ледотехники**

### **16.1 Ледовые дороги и снабжение по льду**

#### **16.1.1 Общие положения**

Ледовые дороги обеспечивают временные и сезонные маршруты к местам, к которым отсутствует доступ по обычным дорогам, и оказывают при этом минимальное воздействие на окружающую среду в долгосрочном плане.

Ледовые дороги и мосты, сооруженные из природного льда и функционирующие «на плаву», обеспечивают временные переправы через водное пространство. Ледовые дороги, опирающиеся на грунт, на всем своем протяжении имеют контакт с сушей или морским дном. Расчетные и эксплуатационные требования к дорогам «на плаву» и к дорогам, опирающимся на грунт, различны.

Для корректного определения проектной толщины льда, выбора метода строительства и разработки регламента эксплуатации ледовых дорог следует привлекать специалистов соответствующего профиля.

#### **16.1.2 Расчетные критерии для плавучего льда**

Ледовые дороги «на плаву» должны быть спроектированы и эксплуатироваться таким образом, чтобы минимизировать риск для жизни людей, возможные перебои в системе снабжения и риск для окружающей среды.

Для обеспечения статической несущей способности ледяного покрова должны быть выполнены следующие критерии:

- ледяная пластина не должна разрушаться изгибом;
- поверхность льда должна оставаться выше уровня воды.

**Примечание** — Опускание поверхности льда ниже уровня воды приводит к заводнению ледяного покрова, его погружению под нагрузкой и быстрому снижению несущей способности льда.

Безопасность ледовой дороги «на плаву» в отношении предельного состояния по критерию потери несущей способности следует оценивать в рамках одного из двух подходов:

- могут быть применены положения разделов 7 и 8;
- могут быть использованы требования и значения параметров, приведенные в А.16.1 (Приложение А).

Методы расчета должны основываться на физических принципах и учитывать имеющийся практический опыт.

При необходимости толщина льда может быть искусственно увеличена, чтобы обеспечить безопасное восприятие нагрузок.

### **16.1.3 Оценка изгибной прочности льда при проектировании**

Несущая способность ледяного покрова определяется его прочностью на изгиб. Прочность на изгиб следует оценивать либо с помощью проведения испытаний ледяных балок на месте, либо на основе расчетов по результатам измерений физических свойств льда. Рекомендуемые нормативные значения приведены в разделах 7 и 8.

### **16.1.4 Динамическое поведение и коэффициент динамического усиления**

Динамические нагрузки, такие как нагрузки от передвигающихся автотранспортных средств, создают волны давления в воде подо льдом, что может увеличить деформации и нагрузки на лед. В местах, где наблюдались или вероятны перегрузка, избыточные динамические деформации или растрескивание льда, скорость транспорта, движущегося по льду, должна быть ограничена, чтобы



избежать возникновения динамических эффектов. Это требует особого внимания, если вес транспорта близок к максимальной статической нагрузке, допустимой для ледяного покрова данной толщины.

### **16.1.5 Вопросы безопасности при эксплуатации ледовых дорог.**

#### **Регламентные мероприятия**

Толщина ледовой дороги (ледового моста) должна измеряться через равные интервалы, вдоль и поперек дороги. Интервал должен быть достаточным, чтобы среднее значение наименьшей толщины льда могло быть определено с приемлемой достоверностью для оценки несущей способности, а также для надежного обнаружения тонких и слабых зон в ледяном покрове. Для интервала замеров обычно используется значение от 25 до 50 м.

Для дорог большей протяженности может оказаться необходимым разбить дорогу на участки и затем определить среднюю толщину для каждого участка. Интервал между точками замеров должен быть уменьшен там, где обнаружены или предполагаются аномалии.

Толщину льда следует определять бурением отверстий с использованием шнековых или тепловых устройств. Замеры следует производить с использованием рулетки, прута или стержня с нанесенной шкалой. Визуальная оценка толщины льда не допускается. Для построения непрерывного профиля толщины допускается также применение методов, использующих различные электронных приборы, однако, в этом случае необходимо проводить периодическую поверку устройств путем замеров толщины на регулярной сетке отверстий.

Плавучие ледяные пластины обладают определенной характерной скоростью распространения изгибных волн, которая зависит от толщины льда и глубины воды. Если скорость подвижной нагрузки приближается к значению характерной скорости, то прогибы под действием этой нагрузки будут превышать значения прогибов для статически приложенной нагрузки. В такой ситуации транспортные средства должны двигаться на скорости ниже критической максимальной скорости; кроме того, между грузовыми транспортными средствами следует обеспечивать

минимально возможную дистанцию. Упругие волны в ледяном покрове могут отражаться от береговой линии и интерферировать с новыми волнами, порождаемыми транспортными средствами. Следует избегать схем берегового примыкания с выходом ледовой дороги перпендикулярно береговой линии, при этом вблизи берега рекомендуется предусмотреть изгиб дороги.

Вес оборудования и транспортных средств, которые должны будут перемещаться по ледовой дороге, должен определяться в точном соответствии с существующими документами и достоверными сведениями. В противном случае, соответствующие значения должны быть получены при помощи весов для взвешивания автотранспорта или другими эквивалентными способами. Требования по весовым характеристикам должны соблюдаться также для оборудования и транспортных средств, используемых в работах по наращиванию толщины льда.

Ледовая дорога должна регулярно обследоваться на предмет появления мокрых сквозных трещин. В случае обнаружения таких трещин необходимо заново выполнить оценку несущей способности ледяного покрова и, при необходимости, осуществить корректирующие мероприятия с целью обеспечения безопасного проезда.

Если используются насосы, они должны быть способны работать при экстремально низкой расчетной температуре для площадки.

Во время процесса намораживания важно обеспечивать полное покрытие поверхности ледовой дороги, что требует применения соответствующего оборудования, привлечения квалифицированного персонала и реализации надежного логистического обеспечения. Заливка должна проводиться только тогда, когда температура окружающего воздуха существенно ниже точки замерзания. Интервалы времени между заливками должны быть достаточными, чтобы обеспечить полное замерзание предыдущего слоя, прежде чем будут произведена заливка следующего. Толщина каждого слоя намораживания обычно следует выбирать в пределах от 35 до 50 мм. Следует использовать свободную заливку, когда вода, поступающая из насосов, растекается без ограничений, чтобы избежать возникновения нежелательных концентраций напряжения. Обваловку из снега

следует использовать только в тех случаях, когда необходимо удерживать воду. При выполнении работ следует учитывать дополнительные нагрузки, например, от валов снега и вес отвалов снега.

#### **16.1.6 Ледовые дороги, опирающиеся на грунт**

Опирающиеся на грунт ледовые дороги обычно строят на мелководье, в тундре или в болотах. Ледовые дороги такого типа могут также использоваться при пересечении протоков или каналов. Обычно толщину льда постепенно увеличивают, и ледяной покров опускается вниз под действием собственного веса на находящийся под ним грунт. Ледовые дороги могут также строиться на суше, чтобы защитить естественный грунт, растительность или тундру от повреждения колесными и гусеничными транспортными средствами.

Грунт является более жесткой опорой или основанием для утолщенного ледяного покрова, чем вода. Лед должен иметь достаточную толщину, чтобы распределять нагрузки от колес и предотвращать перенапряжения земляного полотна тундры. Для дорог, опирающихся на донный грунт, жесткость и прочность грунта должны быть достаточно высокими, чтобы обеспечить отсутствие перегруженности льда.

#### **16.1.7 Посадка вертолетов на лед**

В некоторых случаях может потребоваться посадка вертолетов на лёд, например, при выполнении спасательных операций или для доставки персонала. В таких случаях могут применяться рекомендации по проектированию ледовых дорог, приведенные в 16.1.2. В тех случаях, когда применяются другие процедуры для снижения риска проламывания льда (например, поддержка вращения винта), критерии, рекомендуемые для ледовых дорог в 16.1.2, могут быть смягчены.

### **16.2 Искусственные ледовые острова**

Искусственные ледовые острова используются для проведения разведочного бурения и бурения разгрузочных скважин в регионах. Существует три основных типа ледовых островов:

– ледовые острова, опирающиеся на грунт, возведенные посредством налива, разбрызгивания или отсыпки битым льдом;

– плавучие или опирающиеся на грунт ледовые острова, построенные методом налива с наращиванием толщины льда на заданной площади до необходимой величины для обеспечения достаточной несущей способности;

– ледовые острова, создаваемые на основе взломанного ледяного покрова с применением техники налива и разбрызгивания или без таковых.

Критерии проектирования и рекомендации по поддержанию целостности искусственных ледовых островов приведены в А.16.2 (Приложение А).

### **16.3 Защитные барьеры**

#### **16.3.1 Общие положения**

Если расчетные ледовые нагрузки на сооружения назначаются с учетом применения каких-либо методов ледовой защиты или системы управления ледовой обстановкой, это должно быть определено в проектной документации и технических регламентах на эксплуатацию. Оператор ответственен за обеспечение надлежащего выполнения положений указанной документации в процессе эксплуатации сооружения в течение всего срока службы в части соответствия требованиям назначенных класса безопасности и класса ответственности сооружения.

#### **16.3.2 Ледяные защитные сооружения**

##### **16.3.2.1 Опирающийся на дно лед как защитное сооружение**

Если вокруг сооружения образуется опирающееся на дно нагромождение обломков льда, ледовая нагрузка на сооружение может оказаться сниженной вследствие изменения механизма разрушения льда, реализующегося на границах нагромождения, что приводит к уменьшению эффективного давления разрушающегося льда и, соответственно, к снижению глобальной ледовой нагрузки на сооружение. Кроме того, опирающееся на дно нагромождение способно само воспринимать часть или даже всю ледовую нагрузку. При анализе картины передачи

нагрузок на сооружение следует учитывать эффект возможного смерзания обломков в нагромождении вблизи сооружения с течением времени.

Оценка ледовых нагрузок на ледяные нагромождения должна выполняться на основе принципов, изложенных в разделе 8.

Сопротивление ледяных нагромождений сдвигу зависит от их пространственных размеров, массы и характеристик контактного взаимодействия между ледяными блоками и морским дном. Сила контактного взаимодействия может быть определена с достаточной точностью, если нагромождение опирается на песчаную берму. В случае, когда нагромождение опирается на естественное морское дно, характеристики контакта подвержены фактору значительной неопределенности, что требует проведения специальных исследований и изучения как геотехнических, так и ледотехнических аспектов.

Сопротивление ледяных нагромождений сдвигу должно выполняться на основе принципов, изложенных в разделе 9, аналогично оценке прочности фундаментов на сдвиг. Более детальная информация относительно механизмов разрушения льда представлена в 10.3.3.5.

Дополнительные рекомендации по рассмотрению ледяных нагромождений как защитных барьеров, а также по их дополнительному усилению посредством намораживания льда с помощью метода набрызгивания приведены в А.16.3 (Приложение А).

#### 16.3.2.2 Формирование ледяных нагромождений

Процесс самопроизвольного образования ледяного нагромождения в естественных условиях может быть дополнительно интенсифицирован с помощью активаторов дробления ледяного покрова, которые в общем случае представляют собой устанавливаемые на дне конструкции, стимулирующие формирование ледяного нагромождения и, тем самым, обеспечивающие защиту проектируемого сооружения от воздействия дрейфующего льда.

Прочность конструкций-активаторов и эффективность процесса формирования ледяного нагромождения должны обеспечиваться во всем предполагаемом диапазоне уровня моря.

Необходимо учитывать потенциальную возможность взаимовлияния между активаторами и самим сооружением, а также другими компонентами морской добычной системы.

Наличие активаторов дробления льда может приниматься во внимание при оценке ледовых нагрузок на проектируемое сооружение, если эффективность их применения подтверждена в контексте положений разделов 7 и 8.

При проектировании сооружений следует учитывать возможность реализации таких ледовых условий, которые негативно влияют на эффективность активаторов с точки зрения снижения ледового давления и глобальной нагрузки. Например, накопление масс битого льда вдоль грани широкого сооружения может принципиально изменить в худшую сторону характер разрушения надвигающихся ледяных полей и, соответственно, возникающие ледовые нагрузки.

#### 16.3.2.3 Ледяные барьеры

Ледяные нагромождения могут использовать в качестве ледяных защитных барьеров как в естественном виде, так и в варианте с дополнительно намороженным льдом с применением метода разбрызгивания. Если дно моря сложено грунтами с высоким коэффициентом внутреннего трения (например, песок), то ледяной барьер, имеющий небольшой поперечный размер и высокую надводную часть, способен минимизировать боковую ледовую нагрузку. Если дно моря сложено грунтами с высокой когезионной прочностью, то обеспечить достаточную сдвиговую устойчивость на грунте может ледяной барьер с большим поперечным размером и невысокой надводной частью, сооруженный из ледяного нагромождения с помощью метода разбрызгивания.

Если ледяной остров или барьер сооружаются на основе ровного ледяного поля с применением метода разбрызгивания, следует учитывать возможное снижение интенсивности процессов дренирования и консолидации связного грунта.

Поперечная ледовая нагрузка на ледяной барьер, сооруженный на основе ледяного нагромождения с помощью метода разбрызгивания, может разрушиться по одной из следующих схем:

- сдвиг вдоль слабой плоскости скольжения в теле барьера;
- сдвиг вдоль поверхности дна по контакту лед-грунт;
- сдвиг вдоль слабой плоскости скольжения в грунте;
- пассивное разрушение кромки ледяного барьера.

Опирающиеся на грунт ледяные острова или защитные барьеры должны проектироваться так, чтобы быть способными выдержать ледовую нагрузку, принимаемую в качестве расчетной для сооружения. Дополнительная информация о возможных механизмах разрушения льда приведена в 10.3.3.5.

#### 16.3.2.4 Ледовые нагрузки и взаимодействие системы «лед – барьер»

В случае если ледяное нагромождение, опирающееся на дно, принимается в качестве средства для снижения нагрузок на сооружение, в расчетах необходимо использовать характеристики грунта, определенные для данной площадки, и физические и геометрические параметры ледяного нагромождения, соответствующие проектируемому сооружению и локальным особенностям ледового режима. Необходимо принимать во внимание возможность разрушения ледяного нагромождения или его смещения после завершения формирования. Для обеспечения требований безопасности сооружения необходимо проанализировать возможные последствия утраты защитных свойств опирающегося на дно ледяного барьера после его формирования и оценить ледовые нагрузки, которые могут иметь место как в процессе сдвига ледяного нагромождения, так и после этого.

Информация о характеристиках ледяных нагромождений имеет большое значение. Для корректной оценки ледовых нагрузок, передаваемых на сооружение, необходима достоверная информация о физико-механических характеристиках ледяного нагромождения. В районах, где высота паруса невелика, а снежный покров минимален, потери тепла через ледяные обломки могут быть весьма значительными, поэтому консолидированный слой может иметь толщину, вдвое превышающую

толщину льда естественного нарастания для данного региона. Корректное описание параметров консолидированного слоя имеет важное значение с точки зрения определения нагрузок, передаваемых на сооружение.

Прочность льда и модуль упругости для консолидированного слоя необходимо определять на месте с помощью натурных измерений. Крупномасштабные испытания, выполняемые на месте, предоставляют наилучшую информацию о прочности. Измерение лишь солёности и температуры льда не может считаться надёжным средством определения прочности консолидированного слоя льда.

Характеристики ледяных килей, опирающихся на грунт, определяют ледовые нагрузки, передаваемые на донный грунт или на подводную берму – при ее наличии. В общем случае килевая часть ледяных нагромождений обладают прочностью и жесткостью, достаточной для передачи большей части ледовых нагрузок на дно моря или на берму.

При определенных обстоятельствах в качестве альтернативного метода для оценки ледовых нагрузок или в дополнение к вышеуказанным расчетам могут проводиться модельные испытания. Необходимо выполнить обоснование того, что в условиях данного опытового бассейна имеется возможность корректно моделировать поведение ледяных нагромождений.

### **16.3.3 Способы снижения ледовых нагрузок**

#### **16.3.3.1 Регулирование воздействия льдов и защитные мероприятия**

Для уменьшения величины ледовых нагрузок могут применяться пассивные методы регулирования воздействия льдов и специальные защитные мероприятия. В случае применения таковых, они должны удовлетворять следующим требованиям:

- являться эффективными с точки зрения своего предназначения;
- применяться на постоянной основе в течение всего периода воздействия льдов;
- не оказывать негативного воздействия на целостность сооружения каким-либо иным образом.



На практике может применяться широкий диапазон методов пассивного регулирования воздействия льдов и защиты от них, включая:

- создание траншеи или майны во льду вокруг острова или сооружения;
- возведение барьеров перед сооружением, чтобы инициировать формирование ледяных нагромождений;
- использование вспомогательных сооружений для снижения ледовой нагрузки на добычное сооружение;
- использование льда, замороженного путем разбрызгивания воды, для формирования защитного кольца или валов;
- размещение свай перед сооружением;
- конструирование внешнего контура сооружения таким образом, чтобы минимизировать локальные нагрузки.

#### 16.3.3.2 Смягчение последствий вторжения льда

Методы пассивного регулирования воздействия льдов и защитные мероприятия могут использоваться для защиты сооружения и размещающегося на нем оборудования от вторжения льда. Необходимо учитывать следующие механизмы вторжения льда: образование навалов льда на гранях сооружения и вторжение ледяной массы на верхнюю палубу сооружения.

### **16.4 Измерение давления льда и ледовых нагрузок**

#### **16.4.1 Общие положения**

Измерение давления льда и ледовых нагрузок рекомендуется осуществлять в следующих целях:

- для обеспечения безопасности или надежности существующего сооружения с учетом предварительно установленных тревожных уровней;
- для совершенствования критериев проектирования будущих сооружений, поскольку обработка натурных данных часто является наилучшим источником информации для определения расчетных ледовых нагрузок.

Если система измерения ледового давления используется для какой-либо из указанных целей, то совокупность фиксируемых данных должна отражать необходимую специфику и соответствовать поставленной цели.

Вопросы мониторинга ледовых воздействий и результирующих нагрузочных эффектов рассматриваются также в разделах 10 и 13.

#### **16.4.2 Методика измерений**

Методы измерения ледового давления подразделяются на две следующие группы:

- измерения давления или деформаций в массе льда, или
- измерения отклика в структурных элементах сооружения или фундамента.

Соответствующие примеры приведены в А.16.4 (Приложение А).

#### **16.4.3 Требования к измерительному оборудованию**

При проведении измерений напряженно-деформированного состояния льда следует обращать внимание на следующие аспекты:

- правильная установка датчиков;
- частотные и жесткостные характеристики датчиков;
- совместимость измерительной системы с процессами взаимодействия льда и сооружением по параметрам;
- влияние краевых эффектов на измерительную аппаратуру;
- ошибки считывания и обработки данных;
- надлежащая калибровка с учетом возможного ухода метрологической погрешность измерительных средств с течением времени или в результате изменения условий окружающей среды.

При использовании нескольких различных измерительных устройств полученные результаты следует подвергать перекрестной проверке для обеспечения согласованности данных, получаемых различными устройствами.

#### **16.4.4 Документирование состояния окружающей среды**

Совместно с регистрацией ледовой нагрузки и давления следует выполнять измерения физических параметров окружающей среды, таких как скорость ветра, скорость и направление дрейфа льдов, изменение уровня воды, размеры ледяных образований и др.

#### **16.4.5 Наблюдение за процессом взаимодействия ледяного покрова с сооружением**

При анализе конкретных событий взаимодействия ледяного покрова с сооружением фундаментальное значение для корректной интерпретации измеренных данных о ледовом давлении имеет правильное понимание ситуации.

Информация о характеристиках ледяного образования и о реализовавшемся механизме его разрушения должны быть задокументированы наибольшей возможной степенью детальности. Следует рассмотреть возможность использования видеозаписывающих устройств для создания соответствующих документов.

#### **16.4.6 Базы данных и справочные материалы по ледовым нагрузкам**

Для оценки ледовых нагрузок и интерпретации полученных локализованных данных в надлежащем контексте необходимо использовать существующие базы данных по ледовым нагрузкам и другие справочные материалы.

### **16.5 Моделирование в ледовом бассейне**

#### **16.5.1 Общие положения**

Определение расчетных значений ледовых воздействий может выполняться на основе данных, получаемых с помощью модельных испытаний морских сооружений в опытовых ледовых бассейнах, в сочетании с другими методами анализа взаимодействия льда и сооружения.

Обычно ледовые модельные испытания проводятся для оценки глобальных ледовых нагрузок на сооружение с целью верификации значений нагрузок, полученных теоретическим путем, или исследования определяющего механизма взаимодействия ледяного покрова с сооружением. Ледовые модельные испытания

также могут дать информацию о процессах дробления ледяного покрова, формирования нагромождений и заторов льда около сооружения и очищения ото льда.

Необходимо выполнить предварительный анализ на предмет того, может ли изучаемая проблема быть корректно исследована с помощью данной методики моделирования в ледовом бассейне.

Если результаты модельных испытаний выходят за пределы имеющихся натурных данных, то калибровка модельных результатов с помощью соответствующих натурных данных и наблюдений позволяет повысить степень надежности полученных результатов.

Любая программа испытаний должна иметь подтверждение того, что процессы разрушения ледяного покрова моделируются корректно.

### **16.5.2 Масштабирование**

При проведении ледовых модельных испытаний геометрические и механические параметры ледяного покрова должны быть масштабированы по законам соответствующей теорией подобия с максимальной точностью. Необходимо уделять особое внимание анализу погрешностей, порождаемых эффектами масштабирования, и их минимизации. В первую очередь, наиболее точно должны моделироваться те механические свойства льда, которые являются определяющими для ожидаемого механизма разрушения льда и с точки зрения цели эксперимента. Следует выполнить оценку влияния дефектов, присущих материалу, используемому для моделирования льда.

При выборе масштаба моделирования следует учитывать следующие факторы:

- тип и свойства модельного льда;
- габариты опытового ледового бассейна;
- габариты модели;
- особенности исследуемых процессов.

### **16.5.3 Методы проведения испытаний и используемое оборудование**

Следующие особенности схемы испытаний должны быть рассмотрены и корректно промоделированы с точки зрения влияния на ледовые нагрузки и другие результаты испытаний:

- граничные условия для ледяного покрова;
- геометрические параметры ледяных образований и их тип, например, ровный лед, битый лед, консолидированный слой торосов или торосистого льда;
- гидродинамические эффекты;
- эффект, обусловленный обращением задачи, когда модель проводится через неподвижный лед, а не ледяной покров надвигается на преграду.

Основные параметры ледяного покрова и условия проведения испытаний необходимо документировать до, во время и после завершения испытаний.

### **16.5.4 Свойства модельного льда**

Геометрические и механические параметры модельного льда (такие как прочность и толщина) должны быть масштабированы в соответствии со значениями, ожидаемыми в условиях эксплуатации.

При уточнении способа пересчета результатов моделирования на натуру могут применяться подходы, имеющие отклонения от требований теории подобия. Метод корректировки при этом должен быть надлежащим образом обоснован.

## **16.6 Отгрузка углеводородов в ледовых условиях**

### **16.6.1 Общие положения**

Использование транспортных танкеров является экономичным и надежным способом транспортировки жидких углеводородов (включая СПГ). В арктических регионах особое внимание должно быть уделено разгрузочным операциям, которые предусматривают перекачку углеводородов через погрузочное устройство на танкер

### **16.6.2 Надежность системы**

Надежность системы, реализующей принятую концепцию разгрузки в ледовых условиях, должна удовлетворять критериям, определенным в разделе 7.

Целостность всех компонентов системы разгрузки должна быть обеспечена в отношении всех ожидаемых ледовых воздействий как прямых, так и косвенных. Глобальные и локальные нагрузки, включая динамические, должны быть учтены в соответствии с требованиями раздела 8.

Могут быть рассмотрены пассивные и активные методы снижения глобальных или локальных расчетных ледовых нагрузок. При этом необходимо расчетное подтверждение, что с учетом несущей способности отдельных компонентов отгрузочной системы достигается уровень надежности,

Для обеспечения эксплуатационных требований к системе отгрузки должны быть разработаны соответствующие мероприятия системы УЛО (управления ледовой обстановкой, раздел 7). При оценке требований к системе УЛО должны быть рассмотрены такие операции, как подход танкера, его подсоединение, отгрузка, отсоединение и отход танкера.

### **16.6.3 Требования к отгрузочному терминалу**

Структурная целостность терминала должна быть обеспечена при всех ожидаемых условиях – как эксплуатационных, так и иных – в соответствии с положениями разделов 7 и 8.

Если терминал плавучий и имеет возможность свободного дрейфа, необходимо выполнить оценку риска его столкновения с другими сооружениями в районе (раздел 7).

Особое внимание должно быть уделено конструкции соединительного устройства между танкером и терминалом. Должны быть учтены прямые и косвенные нагрузки, связанные с низкими температурами, соударением с льдинами, давлением ледяного покрова, перемещением судна, перемещением терминала, а также явление обледенения. Соединительное устройство между танкером и

терминалом должно быть сконструировано таким образом, чтобы минимизировать риск утечки углеводородов в случае его разрушения.

#### **16.6.4 Требования к танкерам**

Танкеры, загружаемые в условиях морских льдов, должны отвечать следующим требованиям:

- иметь ледовый класс для эксплуатации в арктических условиях, присвоенный общепризнанным классификационным обществом;
- быть укомплектованными экипажем, обладающим достаточным опытом работы в ледовых условиях;
- иметь двойную защиту корпуса для всех грузовых и топливных отсеков.

Маневренность танкера должна соответствовать ледовым условиям и операционным сценариям, используемым для расчета ледовых нагрузок.

Ограничения на возможность проведения погрузочных операций должны быть установлены с учетом конфигурации терминала, выбранной стратегии УЛО и рабочих характеристик танкера.

Риск столкновения танкера с другими сооружениями в процессе загрузки должен соответствовать положениям раздела 7.

### **17 Управление ледовой обстановкой**

#### **17.1 Общие положения**

Управление ледовой обстановкой (УЛО) подразумевает различные оперативные мероприятия, которые могут выполняться для снижения глобальных и локальных ледовых нагрузок. УЛО обычно используется для обеспечения поддержки эксплуатации плавучих систем в условиях наличия морского льда и (или) айсбергов, при этом его применение может оказывать существенное влияние на выбор концепции проектирования. УЛО может также использоваться в целях снижения риска воздействия ледяных образований с большой осадкой на оборудование, устанавливаемое на дне моря. В некоторых случаях управление

ледовой обстановкой может применяться в целях изменения ледовых воздействий на стационарные сооружения, однако это не является общей практикой. УЛО также рассматривается в контексте оказания поддержки другим видам работ в ледовых условиях, например, таким как спасение и эвакуация или разгрузка танкеров.

В общем случае система УЛО может включать в себя обнаружение льда, наблюдение, прогнозирование, оценку опасности, действие ледоколов, очистку акватории от льда, буксировку айсбергов и действия при ледовой угрозе. Последние определяют необходимые оперативные действия, которые следует предпринимать для уменьшения опасности в условиях возникновения различных ледовых угроз или ухудшения ледовой обстановки. В зависимости от типа морской системы, применительно к которой выполняется управление ледовой обстановкой, оперативные действия могут включать в себя остановку добычи, отсоединение сооружения, отвод сооружения с точки, эвакуацию персонала.

## **17.2 Система управления ледовой обстановкой**

### **17.2.1 Общая надежность и расчетный срок эксплуатации**

Система УЛО, предназначенная для поддержки эксплуатации морской системы (плавучей, стационарной, подводной или какой-либо иной), должна быть построена таким образом, чтобы наряду с конструктивной устойчивостью системы был обеспечен приемлемый уровень ее общей надежности. Приемлемый уровень надежности системы должен быть определен в соответствии с положениями, изложенными в разделе 7, с учетом расчетного срока эксплуатации системы (систем), для поддержки которой применяется УЛО.

### **17.2.2 Управление ледовой обстановкой с целью снижения ледовых нагрузок**

Согласно 8.2.7 система УЛО может использоваться для снижения как частоты ледовых воздействий, так и уровня ледовых нагрузок на морские системы, эксплуатирующиеся в ледовых условиях, посредством изменения сценариев ледовых воздействий в рамках систематического плана УЛО.



На этапе концептуального проектирования морской системы, для поддержки которой предполагается использование УЛО, должны быть выполнены расчеты, подтверждающие, что планируемый показатель успешности мероприятий УЛО может быть обеспечен. Используемый для выполнения расчетов подход должен в максимальной степени основываться на документально подтвержденном опыте, а также учитывать факторы неопределенности.

### **17.2.3 Характеристика эффективности системы управления ледовой обстановкой**

В случае применения УЛО с целью снижения действующих на морскую установку ледовых нагрузок должны учитываться следующие требования:

1) Ожидаемая эффективность процедур по обнаружению льда, наблюдению и прогнозированию его дрейфа, а также соответствующие факторы неопределенности должны быть задокументированы. Указанная информация должна отражать фактическую эффективность систем и устройств именно того типа, который предполагается использовать в ожидаемых гидрометеорологических условиях, включая видимость, и в рамках конкретных морских работ.

2) Ожидаемая эффективность планируемых процедур активного воздействия на лед, а также соответствующие факторы неопределенности должны быть задокументированы. Указанная информация должна отражать фактическую эффективность судов и систем именно того типа, который предполагается использовать в ожидаемых гидрометеорологических условиях, включая условия видимости, и в рамках конкретных морских работ.

3) Общая надежность систем обнаружения льда и УЛО должна быть охарактеризована в терминах их способности снижать частоту или изменять характер неблагоприятной ледовой ситуации конкретного типа. При этом должно быть учтено влияние всех остальных аспектов ледовой обстановки и других природных факторов, сопутствующих данной ледовой ситуации. К числу параметров ледовой обстановки, влияющих на надежность, относятся:

- размеры и скорость дрейфа ледяных образований;

- физико-механические свойства ледяных образований;
- возникновение ледовых сжатий, присутствие пакового льда вокруг айсбергов;
- гидрометеорологические условия (например, плохая видимость, взволнованное состояние моря).

Эффективность системы УЛО может также рассматриваться (и оцениваться) в терминах ее способности расширять состав выполняемых морских работ, снижать длительность простоев, обеспечивать возможность отсоединения, облегчать отвод сооружения, обеспечивать безопасное и быстрое повторное подсоединение.

#### **17.2.4 Надежность системы управления ледовой обстановкой**

Оценка общей надежности системы УЛО должна осуществляться как на стадии проектирования, так и в процессе эксплуатации. Надежность системы УЛО должна быть обеспечена при всех рассматриваемых внешних воздействиях и во всех эксплуатационных режимах, ожидаемых в течение срока эксплуатации.

### **17.3 Возможности системы управления ледовой обстановкой**

#### **17.3.1 Требования**

Система УЛО должна иметь в своем составе специальные средства для:

- обнаружения ледяных образований, включая отслеживание и прогнозирование их дрейфа;
- оценки угрозы, включая процедуры по идентификации потенциально опасных ледяных образований или ледовой обстановки в целом;
- активного воздействия на лед, включая процедуры физического воздействия на представляющие опасность ледяные образования или на ледовую обстановку в целом (например, применение ледоколов, очистка акватории от льдов, буксировка айсбергов), выполняемые по мере необходимости;
- выполнения аварийных процедур, регламентирующих своевременный переход к оперативным действиям при ледовой опасности или неблагоприятной

ледовой обстановке в ситуации, когда процедуры активного воздействия на лед оказались неэффективными;

– отсоединения сооружения и его отвода (если такая возможность предусмотрена проектом).

Для всех компонентов системы УЛО должна быть продемонстрирована возможность их функционирования применительно ко всем выполняемым морским операциям и ожидаемым (расчетным) природным условиям (в частности, при любой погоде, в дневных и ночных условиях, при штормовом волнении и пр.).

Весь специализированный персонал, принимающий участие в управлении ледовой обстановкой, должен пройти соответствующую подготовку в части гидрометеорологических и ледовых условий, рабочих характеристик и проектных ограничений конкретного сооружения (или системы), для которого применяется УЛО, производственных операций, выполняемых на сооружении, рабочих характеристик и проектных ограничений вспомогательного судна (судов) обеспечения УЛО, а также факторов взаимозависимости внутри системы УЛО.

### **17.3.2 Обнаружение льдов**

Система обнаружения льда должна обладать способностью идентифицировать и отслеживать все потенциально опасные ледовые образования и ситуации. Техническое оснащение сооружения, устройства и система интеграции данных, используемые для обнаружения льдов, должны:

– обеспечивать необходимую и подтверждаемую расчетом эффективность системы обнаружения ледяных образований во всем диапазоне ожидаемых внешних условий, в т.ч. условий видимости;

– обеспечивать достаточный объем информации для характеристики потенциальной опасности со стороны отдельных ледяных образований или ледовой обстановки в целом, которая может включать такие факторы, как интенсивность гидрометеорологических воздействий, морфологическую информацию, тип ледяных образований и их кинематические параметры;

- обеспечивать достаточный объем информации для непрерывного слежения за потенциально опасными ледяными образованиями;

- обеспечивать возможность дальнейшего обнаружения и слежения за ледяными образованиями с достаточной надежностью и, при необходимости, с достаточной точностью прогнозировать их дрейф;

- учитывать риски, порождаемые возможными ледовыми опасностями, вероятность их трансформирования в угрозы, а также время реагирования в различных ситуациях.

Требования к эксплуатационным показателям интегрированной системы обнаружения ледяных образований в целом должны быть оценены и подтверждены, причем следует должным образом рассмотреть все ограничения по техническим характеристикам отдельных компонентов.

### **17.3.3 Оценка угрозы**

Потенциально неблагоприятные ледовые сценарии, которые способны привести к превышению расчетных или эксплуатационных параметров (таких, как смещение, натяжение якорных линий, сопротивление воздействию льда) должна быть определены заранее. Полевые методы, используемые для оценки угроз, должны:

- учитывать информацию, предоставляемую системой обнаружения ледяных образований;

- предоставлять прогноз траекторий ледяных образований, предсказывать изменения в характере ледовой угрозы, а также ожидаемое время ее реализации;

- предоставлять характеристику ледовых явлений в терминах возможных последствий для сооружения с учетом выполняемых морских операций и текущей стадии освоения месторождения;

- определять совокупность условий, при которых требуется активное вмешательство в ситуацию в форме физического воздействия на ледовую обстановку;

— определять критический порог, при достижении которого необходимо начинать выполнение определяемых типом сооружения оперативных действий (например, остановка добычи, отсоединение, эвакуация персонала), а также момент времени начала соответствующих процедур с учетом времени, требуемого для их выполнения.

#### **17.3.4 Физическое управление ледовой обстановкой**

Ресурсы, используемые системой физического воздействия на ледовую обстановку, должны быть доступны в любое время и соответствовать возможностям системы обнаружения ледяных образований, параметрам систем оценки угроз и эксплуатационным требованиям. Ресурсы должны включать квалифицированный персонал и суда соответствующего типа. Системы, используемые для физического воздействия на ледовую обстановку, должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть в состоянии готовности в случае необходимости;
- быть способными функционировать во всем диапазоне расчетных внешних условий;
- обеспечивать подтверждаемый расчетом уровень эффективности;
- уровень эффективности системы должен соответствовать требованиям по надежности системы УЛО в целом.

### **17.4 Планирование УЛО и необходимые процедуры**

#### **17.4.1 Состав плана УЛО**

Управление ледовой обстановкой должно осуществляться посредством плана УЛО, который, помимо прочего, включает в себя руководство по реализации мероприятий в случае ледовой опасности. План УЛО должен:

- быть в наличии на всех морских сооружениях, судах системы УЛО, а также во всех других местах, где присутствует персонал, принимающий участие в морских операциях;

- определять область применимости и предполагаемый перечень процедур УЛО;
- содержать спецификации оборудования, используемого в процедурах УЛО, и рекомендации по его применению;
- содержать перечень производственных операций, которые могут выполняться на сооружении при наличии льда на акватории;
- содержать перечень ледовых ситуаций, которые требуют выполнения процедур УЛО и, в случае необходимости, соответствующих превентивных мер на сооружении;
- определять последовательность действий, а также лиц, ответственных за их выполнение, в случае опасных ледовых ситуаций.

#### **17.4.2 Ледовые явления, оценка угрозы и принятие решений**

План УЛО должен содержать документацию о действиях, предпринимаемых в случае опасной ледовой обстановки, в которой определены критические пороги развития опасных ледовых ситуаций, порядок активации системы УЛО, требования к последующим процедурам принятия решений и соответствующим срокам, а также характеристика результатов выполняемых действий.

Ледовые угрозы, требующие активных действий, должны быть определены в контексте ледовых событий и производственных операций, выполняемых на сооружении. Отдельные рекомендации по оценке

разработаны для условий воздействия атмосферных осадков применительно ко всем системам, описанных в 17.3.1.

План УЛО должен устанавливать необходимые уровни ответственности, схему подчиненности и состав действий для всех участников УЛО, а также однозначно идентифицируемые уровни угрозы.

Мониторинг состояния системы УЛО и системы мероприятий в случае ледовой опасности должен выполняться непрерывно в течение всего ледового сезона.

### **17.4.3 Требования к вспомогательным судам**

Все суда, задействованные в системе УЛО, должны

- быть зарегистрированы в классификационном обществе для выполнения работ в условиях ледового режима в районе установки сооружения, а также во всех акваториях, посещаемых судном в рамках операций УЛО и в целях дозаправки и бункеровки;
- отвечать требованиям по своевременному выполнению штатных процедур УЛО (последние во многих случаях включают в себя активные ледокольные работы, вследствие чего технические характеристики судна поддержки УЛО оказываются выше таковых, необходимых только для обеспечения плавания судна в ледовых условиях);
- быть укомплектованными персоналом, прошедшим подготовку по выполнению различных задач в рамках УЛО и обученным действиям в условиях реализации плана УЛО;
- быть оборудованными в соответствии с требованиями плана УЛО.

### **17.4.4 Непрерывность осуществления плана УЛО**

Мероприятия УЛО должны осуществляться в соответствии с планом УЛО на протяжении всего срока эксплуатации сооружения.

### **17.4.5 Обновление плана УЛО**

План УЛО должен периодически подвергаться обновлению в процессе эксплуатации сооружения в целях:

- учета уточненной информации о ледовом режиме;
- внедрения приобретенного опыта работы в ледовых условиях;
- учета возможных изменений в технологических процессах, выполняемых на сооружении;
- обеспечения соответствия эффективности системы УЛО расчетным и эксплуатационным требованиям к сооружению.

## **18 Покидание, эвакуация и спасение**

### **18.1 Общие положения**

Положения по покиданию, эвакуации и спасению (EER) настоящего стандарта предназначены для обеспечения успешного покидания персонала от места аварийной ситуации, последующей эвакуации и спасения персонала морского сооружения. Положения EER должны использоваться как часть постоянного совершенствования процесса управления рисками и обеспечения безопасности персонала, работающего в море в арктических и холодных климатических регионах.

Положения EER основаны на показателях эксплуатации, для которых необходимо выбрать проверяемые цели или свойства и характеризующие их качественные или количественные критерии, которые должны быть достигнуты. Ключевым принципом стандарта, основанного на показателях эксплуатации, является большее внимание к тому, что именно должно быть выполнено.

Одним из критериев, используемых в системе EER, должно являться отсутствие несчастных случаев со смертельным исходом. Критерии должны быть разработаны в рамках системы охраны труда, безопасности и окружающей среды (HSE).

Положения настоящего раздела должны использоваться всеми участниками проекта, включая проектировщиков и собственников.

### **18.2 Основные принципы покидания, эвакуации и спасения**

#### **18.2.1 Общие положения**

Элементы системы покидания, эвакуации и спасения должны быть разработаны с учетом окружающей среды (раздел 6), надежности (раздел 7) и постоянного проведения оценки (см. 18.6).

#### **18.2.2 Руководящие принципы системы EER**

Положения, применяемые для системы EER, должны разрабатываться, оцениваться и внедряться с учетом проектируемого оборудования, квалификации персонала, а также процедур и инструментов контроля системы EER. План действий



в чрезвычайных ситуациях, разрабатываемый на основе указанных данных, должен учитывать все вероятные сценарии опасных ситуаций.

Система EER должна постоянно проходить мониторинг, поддерживаться и совершенствоваться или корректироваться в соответствии с заданными критериями.

### **18.3 Стратегия системы EER**

Стратегия EER должна разрабатываться в соответствии с 18.2.2 для интеграции проекта сооружения по мере хода проектирования и эксплуатационных характеристик для ожидаемого диапазона природных условий и сценариев развития аварийных ситуаций.

### **18.4 Окружающая среда**

#### **18.4.1 Общие положения**

Физические природные условия должны учитываться на этапах проектирования, внедрения и проведения оценки системы EER, включая выявление опасностей и анализ рисков (см. 18.5).

#### **18.4.2 Природные условия**

Система EER должна быть спроектирована для достижения постоянного уровня безопасности и эффективной эксплуатации в полном диапазоне физических природных (т.е. климатических, океанологических и ледовых) условий, ожидаемых для данной местности в течение срока эксплуатации установки. В условия должны входить, без ограничений, следующие природные факторы и любые сопутствующие явления, оказывающие влияние на показатели и надежность системы EER:

- температура воздуха, включая ветровое охлаждение;
- ожидаемое природное освещение;
- ветер;
- морское и атмосферное обледенение;
- видимость;
- холодная открытая вода;
- комбинации льдов - волн;

- состояние моря;
- локальные остаточные, ветровые и приливные течения;
- ледовые и снежные условия.

**Примечание** – Состояние моря является ключевой характеристикой окружающей среды, которая будет оказывать влияние на поверхностные морские системы EER, кроме случаев, когда водная толща полностью замерзает или покрывается льдом,

На морской установке должно быть обеспечено прогнозирование и мониторинг физического состояния окружающей среды, влияющего на надежность и показатели системы EER.

Оператор морской установки должен обладать квалификацией для оценки риска, связанного с физическими природными условиями, действующими на систему EER.

## **18.5 Анализ опасностей и риска**

### **18.5.1 Общие положения**

Формальная идентификация опасностей (HAZID) и анализ рисков должны проводиться и документироваться (обычно в рамках системы охраны труда, безопасности и окружающей среды HSE) для системы EER. Эти анализы должны проводиться для этапов эксплуатации морских установок, при которых персонал может подвергнуться опасному воздействию.

Для персонала платформы должны быть установлены критерии допустимого риска, которые также используются для системы EER при действиях в чрезвычайных ситуациях. Соответствие этим критериям должно быть обеспечено в течение всего срока эксплуатации платформы.

Собственник должен обеспечить определение стандартов системы EER для срока эксплуатации установки на самой ранней стадии проектирования, координацию таких стандартов с другими взаимосвязанными стандартами при действиях в чрезвычайных ситуациях и их надлежащее внедрение.

Соответствие стандартам системы EER должно быть подтверждено документально для обеспечения принципа ALARP в рамках системы HSE до начала проведения работ.

Ответственное лицо должно обеспечить, чтобы:

а) оборудование, предназначенное для защиты персонала во время выполнения процедуры EER, соответствовало стандартам и поддерживалось в состоянии готовности;

б) внедренные меры системы EER, соответствующие проектным решениям и процедура принятия решений были задокументированы для проверки (компетентной и независимой организацией) системы, включающей:

покидание рабочего места персонала;

эвакуацию персонала с места сбора / временного убежища;

спасение и перемещение в безопасное место.

#### **18.5.2 Идентификация опасностей**

Техника формальной идентификации опасностей (HAZID) должна применяться к каждому компоненту системы EER и всей системе в целом.

Исследования EER HAZID должны:

- определить и составить перечень основных опасностей при аварийных ситуациях и их последствий в той степени, в которой они определяют проектирование, компоненты, вспомогательные работы и процедуры системы EER;

- определить природные факторы, которые могут влиять на проектирование, технические требования к компонентам и вспомогательные работы системы EER или влиять на соответствующие процедуры;

- определить критично важные для безопасности системы и их элементы, на которых основываются стандарты системы EER;

- установить уровни рисков (приемлемые, ALARP или неприемлемые) для применения при классификации различных проектных вариантов системы для достижения или улучшения целевых показателей;

— предоставить основные исходные данные для анализа режима и последствий рисков и разрушений, после проведения которого необходимо подтвердить, что риски в отношении персонала в системе EER соответствуют критериям ALARP.

### **18.5.3 Анализ риска**

Анализ системы EER должен проводиться для подтверждения соответствия критериям ALARP, требуемого для определения случая (случаев) HSE. Эти анализы подтверждают соответствие критериям ALARP для рассматриваемого перечня принципиально различных вариантов и документируемого выбора варианта с минимальным уровнем риска.

Каждый компонент системы EER должен быть проанализирован с учетом соответствующих опасностей, механизмов разрушений, управляющих решений и решений по безопасности, предусмотренных для соответствия стандартам по эксплуатации.

### **18.6 Регулярная оценка**

Система EER и ее различные компоненты должны регулярно оцениваться в течение проектного срока эксплуатации морских установок.

Для обеспечения поддержания целостности системы EER анализ рисков должен быть откорректирован в соответствии с изменениями, влияющими на случай HSE, или в соответствии с предполагаемыми или фактическими внешними ресурсами системы EER.

### **18.7 Проектирование системы EER**

Система EER должна обеспечивать защиту персонала и его перемещение в безопасное место в случае возможной или произошедшей чрезвычайной ситуации.

Проект системы EER должен являться неотъемлемой частью общей системы действий в чрезвычайных ситуациях в соответствии с руководящими принципами, описанными в 18.2.2.

Выбранные компоненты и процедуры системы EER для любой морской установки, размещенной в ледовых условиях, должны быть определены в ходе формальной оценки, а путь принятия решения должен быть задокументирован и при необходимости представлен на аудит.

На установке должна быть установлена, испытана и эксплуатироваться специальная система EER на основании установленных стандартов показателей эксплуатации.

В проекте системы EER должна учитываться необходимость проведения регулярных инспекций, технического обслуживания, испытаний, включая оценку функциональной готовности.

Система электроснабжения должна обеспечить работу критически важного для безопасности оборудования в чрезвычайных ситуациях в течение необходимого периода времени.

Проект систем спасения должен быть согласован с проектом системы эвакуации для условий арктических и холодных климатических регионов.

Спасательное снаряжение, подвергающееся воздействию холодной окружающей среды, должно быть защищено и регулярно инспектироваться.

## **18.8 Организация действий в чрезвычайных ситуациях**

Организация действий при возникновении на установке чрезвычайной ситуации должна быть задокументирована, кратко изложена (например, в морском расписании) и размещена во всех важных точках установки.

## **18.9 Обеспечение компетентности**

Оператор должен обеспечить весь персонал, находящийся на сооружении, информацией о системе управления безопасностью, включая планы покидания, эвакуации и спасения и применяемое оборудование, а также прохождение персоналом обучения для обеспечения квалификации, требуемой в соответствии с их ответственностью и обязанностями в области безопасности.

Персонал должен пройти надлежащее обучение, тренировки и учения по системе EER установки, квалификация персонала должна поддерживаться и

регулярно проверяться. В ходе обучения необходимо учесть работу в условиях льда и открытой воды.

Проект установки должен предусматривать испытания системы EER по систематической программе учений по сценариям возникновения аварийной ситуации для изучения предварительно запланированных задач в реальной обстановке.

Система EER не должна создавать угроз безопасности персонала, участвующего в учениях.

### **18.10 Системы связи и оповещения**

Системы связи и оповещения должны работать в любых чрезвычайных ситуациях, учитывая географическое положение, расстояния и природные условия (служебные сети на морских и береговых объектах, судах обеспечения, платформе).

Во временном убежище должна быть обеспечена возможность использования системы громкой связи, визуальной и звуковой связи, включая систему внешней связи.

Во временном убежище также должны быть доступны информация о состоянии установки, средства управления и мониторинга технологического процесса.

В местах сбора должна быть обеспечена связь с действующим руководителем после объявления общей тревоги или подачи сигнала об эвакуации.

Информация и сигналы о чрезвычайных ситуациях должны соответствовать различиям в языке и уровне развития и располагаться во всех важных точках системы EER.

Соответствующие части системы EER, определенные в результате анализа (например, пути отхода, эвакуационные посадочные площадки), должны иметь освещение на протяжении периода, требуемого для выполнения EER.

### **18.11 Средства индивидуальной защиты**

При анализе системы EER должна быть определена потребность в средствах индивидуальной защиты (СИЗ), а также их количество, типы и места хранения.

СИЗ, определенные по результатам анализа системы EER, должны быть в наличии в достаточном количестве. Местами хранения должны быть жилые помещения и другие важные точки.

Если в стратегии системы EER предусмотрена возможность эвакуации на лед, эвакуируемые должны иметь соответствующую одежду, обувь и устройства перемещения, обеспечивающие защиту и мобильность персонала до его спасения.

СИЗ, хранимые на открытых площадках, должны соответствовать экстремально низким температурам с учетом возможного скопления льда и снега. Следует оценить необходимость обогрева мест хранения.

## **18.12 Спасание человека за бортом**

На сооружении должны быть предусмотрены средства для подъема человека, упавшего за борт, включая травмированный персонал, находящийся в ожидаемых аварийных и природных условиях.

## **18.13 Проектирование системы покидания**

### **18.13.1 Общие требования к системе покидания**

При проектировании системы покидания необходимо учитывать системы связи и сигнализации, пути отхода, временное убежище, место сбора и места размещения СИЗ, а также взаимодействие этих компонентов в процессе покидания рабочих мест.

### **18.13.2 Пути отхода**

Путь (пути) отхода должен быть спроектирован для обеспечения безопасного перемещения всего персонала из любой части установки ко временному убежищу или точке сбора в возможных условиях аварийной ситуации, природных и эксплуатационных условиях.

Размеры путей отхода, лестниц (включая вертикальные) должны быть выбраны с учетом максимального потока персонала в аварийных ситуациях и громоздкой одежды и СИЗ для холодного климата.

Необходимо обеспечить надлежащее освещение путей отхода, ведущих к ВУ с учетом возможного обледенения и (или) скоплений снега и направления перемещения персонала.

Выходы, лестницы (включая вертикальные) должны быть спроектированы надлежащим образом и содержаться свободными для прохода, учитывая возможное обледенение и (или) скопление снега и направление перемещения персонала.

### **18.13.3 Временное убежище**

Необходимо предусмотреть ВУ кроме случаев, когда анализ системы EER или оценка рисков подтверждают отсутствие необходимости в одном (или нескольких) ВУ.

ВУ должно защищать персонал от влияний любой аварии и физических природных воздействий в течение времени, достаточного для обеспечения контроля аварийной ситуации или до принятия решения об эвакуации.

Необходимо провести анализ повреждений ВУ в рамках анализа системы EER, учитывая возможные повреждения и принимая во внимание ледовые и другие физические условия, которые могут задержать проведение эвакуации.

Необязательно обеспечивать использование ВУ во всех аварийных сценариях, если планы действий в чрезвычайных ситуациях позволяют обеспечить безопасность персонала без ВУ.

### **18.13.4 Пункт сбора**

В результате анализа системы EER должны быть определены места расположения пунктов сбора персонала, размер пространства которых позволит вместить весь находящийся на борту персонал с учетом природных условий.

## **18.14 Проектирование системы эвакуации**

### **18.14.1 Общие положения**

Персонал, перемещающийся от ВУ или пунктов сбора к основным площадкам эвакуации, должен быть защищен от опасностей, возникших на установке, и природных опасностей.



Количество независимых систем эвакуации и их конфигураций не ограничивается и должно соответствовать результатам анализа системы EER.

Методы эвакуации (с помощью средств размещенных на установке или за ее пределами) должны пройти оценку в анализе системы EER с учетом количества, мест расположения и ориентацией используемых средств.

Проектирование и выбор метода (методов) должны включать оценку рисков минимальной вероятности несчастного случая со смертельным исходом, учитывая возможные физические природные условия при аварийной, организованной и учебной эвакуации.

Необходимо спроектировать надежные методы эвакуации (в т.ч. посадка на шлюпки, организация безопасности, развертывание средств, очистка опасной зоны и пр.) для возможных сочетаний природных, эксплуатационных и аварийных условий, определенных в результате анализа EER.

Система эвакуации должна быть наглядной и интуитивно понимаемой, должна быть представлена информация для поиска и проведения восстановительных работ на платформе, находящейся в опасных эксплуатационных и природных условиях.

Методы организованной или аварийной эвакуации должны разрабатываться и использоваться в соответствии с критериями риска, установленными в п. 18.5, а также должны удовлетворять требованиям сертификации, национальных и международных стандартов и правил.

#### **18.14.2 Проектирование методов эвакуации**

Каждый независимый метод эвакуации должен быть рассчитан на полную численность находящегося на борту персонала (включая посетителей) при любом сценарии, требующем эвакуации.

Необходимо оценить расчетную надежность каждого независимого метода эвакуации с учетом влияния на другие методы эвакуации, эксплуатационных и природных условий, включая ледовый покров и использование спасательных судов.

При проектировании методов эвакуации должно быть сведено к минимуму влияние ледового покрова на разворачивание средств эвакуации и перемещение за пределы опасной аварийной зоны.

При проектировании мест для сбора персонала должны учитываться громоздкость СИЗ для холодных регионов, распределение людей, их масса, а также динамика процессов, происходящих при перемещении персонала.

При проектировании компоновок эвакуационных площадок, методов и оборудования для спуска необходимо учитывать безопасность персонала в аварийной ситуации, а также во время учений и технического обслуживания.

Метод эвакуации должен подходить для персонала в респираторах для защиты дыхания в токсичной атмосфере (например, дым,  $H_2S$ ) для случаев, когда не обеспечивается герметичность путей эвакуации, если это потребуется по результатам анализа системы EER.

Методы эвакуации должны предусматривать защиту персонала от влияния аварийной ситуации и условий арктического или холодного климатического района до его подъема на спасательную платформу.

Система эвакуации должна обеспечить возможность возвращения персонала, включая травмированных, с поверхности моря или со льда.

### **18.15 Проектирование системы спасания**

Расчетная надежность системы спасания должна обеспечивать спасение эвакуированного персонала в вероятных физических окружающих условиях.

Система спасания должна быть спроектирована для обеспечения спасения эвакуированного персонала в случае, когда опасная зона не была локализована.

Необходимо предусмотреть средства подъема эвакуируемых с поверхности моря, со льда или из эвакуационных устройств на спасательную платформу.

На спасательных платформах должно быть обеспечено оборудование и ресурсы для обнаружения и подъема на борт эвакуируемых.