

**МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА  
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

СВОД ПРАВИЛ

СП \_\_\_\_\_

**ПЛАТФОРМЫ МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ  
ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

**Первая редакция**

**Москва 2016**

## Предисловие

### Сведения о своде правил

- 1 ИСПОЛНИТЕЛЬ – АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»
- 2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство»
- 3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России)
- 4 УТВЕРЖДЕН приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от \_\_\_\_\_ 2017 г. № \_\_\_\_\_ и введен в действие с \_\_\_\_\_
- 5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)
- 6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в установленном порядке. Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте разработчика (Минстрой России) в сети Интернет.*

© Минстрой России, 2017

Настоящий нормативный документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания на территории Российской Федерации без разрешения Минстроя России

## Содержание

1 Область применения .....	6
2 Нормативные ссылки .....	6
3 Термины, определения и обозначения.....	9
4 Общие положения .....	14
4.1 Основные требования.....	14
4.2 Требования к исходным данным для проектирования .....	18
4.3 Методы проектирования .....	19
4.4 Учет условий места эксплуатации .....	21
4.5 Общие требования к изготовлению, транспортировке и установке	23
5 Основные требования к конструкциям.....	23
5.1 Общие положения .....	23
5.2 Железобетонные конструкции.....	24
5.3 Стальные конструкции .....	25
6 Основные расчетные положения.....	26
7 Нагрузки и их сочетания .....	29
7.1 Общие положения .....	29
7.2 Ветровые нагрузки .....	31
7.3 Нагрузки от волн и течений.....	32
7.4 Ледовые нагрузки.....	35
7.5 Гололедные нагрузки.....	37
7.6 Сейсмические нагрузки .....	38
7.7 Нагрузки от ВСП.....	40
7.8 Нагрузки от судов .....	40
7.9 Сочетания нагрузок .....	41
8 Характеристика грунтового основания .....	41
9 Основное критериальное условие .....	43
10 Железобетонные конструкции.....	45

10.1 Общие положения .....	45
10.2 Материалы для железобетонных конструкций.....	47
10.3 Основные расчетные положения.....	49
11 Стальные конструкции .....	50
11.1 Общие положения .....	51
11.2 Материалы для стальных конструкций .....	53
11.3 Основные расчетные положения.....	54
12 Фундаменты .....	55
12.1 Свайные фундаменты .....	55
12.2 Фундаменты гравитационного типа.....	60
12.3 Защита дна от размывов .....	64
Библиография .....	65

## **Введение**

Настоящий свод правил разработан с учетом обязательных требований, установленных в Федеральном законе от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», Федеральном законе от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации», Федеральном законе от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и содержит основные требования, которые следует соблюдать при проектировании железобетонных и стальных конструкций морских стационарных платформ как для нового строительства, так и при реконструкции, капитальном ремонте и техническом перевооружении.

Свод правил выполнен авторским коллективом АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» (канд. техн. наук *А.П. Пак* – руководитель разработки; д-р техн. наук проф. *М.Е. Миронов* – отв. исполнитель; д-р техн. наук *В.Б. Глазовский*; д-р физ.мат. наук *В.И. Климович*; канд. техн. наук *С.М. Гинзбург*; канд. техн. наук *С.А. Соснина*; инженеры: *Т.Ю. Векшина*, *В.В. Мякишев*).

## СВОД ПРАВИЛ

---

### ПЛАТФОРМЫ МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ

### ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Fixed offshore platforms. Design principles

---

Дата введения \_\_\_\_\_

#### **1 Область применения**

Настоящий свод правил распространяется на проектирование морских стационарных платформ (в том числе, ледостойких), устанавливаемых на континентальном шельфе, в территориальном море и внутренних морских водах Российской Федерации для нового строительства (далее – платформы).

Свод правил должен также использоваться при оценке состояния эксплуатируемых платформ, в том числе при их реконструкции, капитальном ремонте и техническом перевооружении.

Свод правил не распространяется на проектирование морских плавучих платформ полупогружных и на натяжных связях, а также плавучих буровых установок и буровых судов, используемых для бурения поисково-разведочных и эксплуатационных нефтегазовых скважин.

#### **2 Нормативные ссылки**

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 535-2005 Прокат сортовой и фасонный из стали углеродистой обыкновенного качества. Общие технические условия

ГОСТ 10705-80 Трубы стальные электросварные. Технические условия

ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия

ГОСТ 14637-89 Прокат толстолистовой из углеродистой стали  
обыкновенного качества. Технические условия

ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки

ГОСТ 22266 Цементы сульфатостойкие. Технические условия

ГОСТ 23118-2012 Конструкции стальные строительные. Общие  
технические условия

ГОСТ 25100-2011 Грунты. Классификация

ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические  
требования

ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические  
условия

ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований.  
Основные положения

ГОСТ 27772-88 Прокат для строительных стальных конструкций.  
Общие технические условия

ГОСТ 30515 Цементы. Общие технические условия

ГОСТ 31108 Цементы общестроительные. Технические условия

ГОСТ 31384-2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от  
коррозии. Общие технические требования

ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и  
мониторинга технического состояния

ГОСТ 4.212-80 Система показателей качества продукции.  
Строительство. Бетоны. Номенклатура показателей

ОК (МК/ИСО/ИНФКО МКС) 001-96) 001 Общероссийский  
классификатор стандартов

ГОСТ Р 52544-2006 Прокат арматурный свариваемый периодического  
профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных  
конструкций. Технические условия

ГОСТ Р 53772-2010 Канаты стальные арматурные семипроволочные стабилизированные. Технические условия

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

СП 16.13330.2011 «СНиП II-23-81\* Стальные конструкции» (с изменением № 1)

СП 20.13330.2011 «СНиП 2.01.07-85\* Нагрузки и воздействия»

СП 23.13330.2011 «СНиП 2.02.02-85 Основания гидротехнических сооружений»

СП 24.13330.2011 «СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты»

СП 28.13330.2012 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии» (с изменением № 1)

СП 38.13330.2012 «СНиП 2.06.04-82\* Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)»

СП 41.13330.2010 «СНиП 2.06.08-87 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»

СП 47.13330 «СНиП 11-02-96 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»

СП 58.13330.2012 «СНиП 33-01-2003 Гидротехнические сооружения. Основные положения»

СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» (с изменениями № 1, № 2)

СП 101.13330.2012 «СНиП 2.06.07-87 Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения»

Примечание – При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и сводов правил в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего



года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего свода правил в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

### **3 Термины, определения и обозначения**

3.1 В настоящем своде правил применены термины с соответствующими определениями, приведенные ниже, а также в ГОСТ Р 54483, ГОСТ Р 55311, СП 23.13330, СП 38.13330:

**3.1.1 балластировка:** Заполнение отсеков платформы или ее опорной части твердыми или жидкими материалами, используемыми для обеспечения устойчивости на плаву и поддержания заданной осадки.

**3.1.2 буксировка:** Перемещение платформы или ее отдельных частей на плаву тягой буксирных судов по воде.

**3.1.3 внутренние морские воды:** Воды, расположенные в сторону берега от исходных линий, от которых отмеряется ширина территориального моря.

**3.1.4 грунтовое основание:** Донные грунты в естественном залегании или насыпные материалы, воспринимающие нагрузку от установленной платформы.

**3.1.5 изготовление:** Процессы изготовления конструкций платформы или ее отдельных частей в заводских условиях и выполнения транспортных операций (подъем и монтаж крупных секций и блоков или их перекачка).

**3.1.6 катодная защита:** Электрохимическая защита для обеспечения непрерывной во времени катодной поляризации по всей поверхности защищаемых конструктивных или других элементов платформы в течение всего срока эксплуатации.

**3.1.7 комингс:** Конструкция из стальных листов или деревянных брусьев, окаймляющая по периметру вырез в палубе и стенах платформы.

**3.1.8 континентальный шельф:** Зона вокруг материков, простирающаяся от береговой линии (при низком стоянии уровня воды во время отлива) до бровки континентального склона, где отмечается резкое увеличение глубин моря.

**3.1.9 многолетнемерзлый грунт:** Грунт, в том числе скальный, находящийся при температуре 0°C или ниже на протяжении трех и более лет подряд.

**3.1.10 нагромождение льда:** Образование у платформы торосистого образования преимущественно площадной формы, сформированного обломками льда.

**3.1.11 обледенение:** Образование плотного льда на конструктивных или других элементах платформы при замерзании на них дождя, брызг морской воды или тумана.

**3.1.12 перемычка:** Временное водоподпорное сооружение, ограждающее строительный док для изготовления платформы или ее отдельных частей от затопления поверхностными водами.

**3.1.13 плакированный лист стали:** Стальной лист с внешним слоем, для которого связь между основанием (листом) и материалом плакирования – металлургическая.

**3.1.14 признанное классификационное общество:** Член международной ассоциации классификационных обществ с признанным уровнем компетентности и опыта, обеспечивающий на основе устоявшихся правил и процедур проведение классификационного освидетельствования и сертификации платформы или ее отдельных частей.

**3.1.15 постнапряжение:** Предварительное напряжение пучков стальных тросов в железобетонных конструкциях опорной части платформы.

**3.1.16 припуск на коррозию/абразию:** Дополнительная толщина стального листа, добавляемая при проектировании для компенсации какого-либо уменьшения толщины листа за счет коррозии/абразии (внутренней или наружной) в ходе эксплуатации платформы.

**3.1.17 строительный док:** Строительно-спусковое сооружение для изготовления платформы или ее отдельных частей, представляющее собой котлован, дно которого расположено ниже уровня воды. Примыкающая к акватории часть строительного дока закрывается перемычкой и/или специальными воротами.

**3.1.18 сценарий ледового воздействия:** Совокупность факторов, характеризующих ледовые условия и возникающие ледовые нагрузки и воздействия на платформу или ее отдельные части, в том числе в составе сочетаний нагрузок и воздействий.

**3.1.19 территориальное море:** Морской пояс, расположенный вдоль берега, а также за пределами внутренних морских вод.

**3.1.20 транспортировка:** Процессы перемещения платформы или ее отдельных частей от места изготовления к месту эксплуатации от места изготовления к месту сборки, а также от места эксплуатации к месту утилизации.

**3.1.21 управление ледовой обстановкой:** Совокупность активных действий, направленных на изменение текущих ледовых условий с целью

снижения частоты, степени серьезности и неопределенности ледовых нагрузок и воздействий на платформу.

**3.1.22 установка на место эксплуатации:** Погружение на морское дно платформы или ее опорной части, их удержание на месте до завершения операций по закреплению, балластировке, созданию конструкции защиты от размыва, установке и забивке свай, закреплению свай в опорной части и др.

**3.1.23 отдельные части платформы:** Основные самостоятельные, но соединенные между собой части платформы, и именно опорная часть (в виде фундамента, промежуточной опорной части той или иной конструкции, например, из одной или нескольких колонн) и верхнее строение.

**3.1.24 юбка:** Пересекающиеся стенки, закрепленные в нижней плите опорной части платформы и погружаемые в грунт дна с целью увеличения устойчивости опорной части на действие сдвигающих нагрузок и защиты дна от размывов.

**3.1.25 J-труба:** Установленная на платформе J-образная труба, которая образует морской райзер путем протягивания через нее трубы.

Примечание – J-труба спускается с палубы платформы, доходя и входя в криволинейный участок (колена) на морском дне.

## 3.2 Обозначения

В настоящем своде правил применены обозначения и сокращения, приведенные в п. 3.2.1 – 3.2.4.

### 3.2.1 Коэффициенты надежности

$\gamma_f$  – по нагрузке;

$\gamma_m$  – по материалу;

$\gamma_g$  – по грунту;

$\gamma_n$  – по ответственности сооружений;

$\gamma_k$  – по свае.

### 3.2.2 Характеристики грунтов

$c_u$  – недренированная прочность;

$p'_c$  – давление предуплотнения;

$p'_0$  – эффективное природное давление;

$OCR$  – коэффициент переуплотнения;

$K_0$  – коэффициент бокового давления в массиве;

$I_D$  – природная степень плотности песчаных грунтов;

$v_p$  – скорость продольных волн;

$v_{sv}$  – скорость поперечных волн со смещением в вертикальной плоскости;

$v_{sh}$  – скорость поперечных волн со смещением в горизонтальной плоскости.

### 3.2.3 Геометрические характеристики, нагрузки и сопротивления

$A_s$  – площадь боковой поверхности сваи;

$A_p$  – площадь брутто нижнего конца сваи;

$e_{np}$  – предельно допустимое значение эксцентриситета равнодействующей силы от нагрузок относительно центра тяжести площади подошвы;

$f$  – сопротивление на единицу площади боковой поверхности сваи;

$N$  – продольное усилие в свае от действия нагрузок;

$Q_r$  – предельная несущая способность сваи на сжимающую нагрузку;

$Q_f$  – сопротивление по боковой поверхности сваи;

$Q_p$  – сопротивление по нижнему концу сваи;

$q$  – сопротивление на единицу площади брутто нижнего конца сваи;

$R_b, R_{bt,ser}$  – расчетные сопротивления бетона осевому сжатию для предельных состояний соответственно первой и второй групп;

$R_s, R_{s,ser}$  – расчетные сопротивления арматуры растяжению для предельных состояний соответственно первой и второй групп;

$R_{sc}$  – расчетное сопротивление арматуры сжатию для предельных состояний первой группы;

$R_{yn}$  – нормативный предел текучести стали;

$R_b$  – расчетная сила сопротивления грунта вдавливаю юбки;

$S_u$  – предельное значение совместной деформации основания сваи, свайного фундамента и платформы;

$w_d$  – допустимая ширина раскрытия трещин.

### 3.2.4 Сокращения

ВСП – верхнее строение платформы;

ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли;

МКЭ – метод конечных элементов;

МРЗ – максимальное расчетное землетрясение;

НДС – напряженно-деформированное состояние;

ОЧП – опорная часть платформы;

ПКО – признанное классификационное общество;

ПЗ – проектное землетрясение;

РГЭ – расчётный грунтовый элемент;

СМР – сейсмическое микрорайонирование;

ТЭО – технико-экономическое обоснование;

УЛО – управление ледовой обстановкой.

## 4 Общие положения

### 4.1 Основные требования

4.1.1 Настоящий свод правил предназначен для применения совместно с ГОСТ 27751 и СП 58.13330 при решении вопросов, связанных с требованиями к прочности, устойчивости, пригодности к эксплуатации и долговечности платформ, их отдельных частей и грунтовых оснований. Другие требования, например, архитектурно-планировочные,

технологические, термической и звуковой изоляции, пожарной безопасности, в настоящем своде правил не рассматриваются.

4.1.2 Платформы следует проектировать таким образом, чтобы был обеспечен необходимый уровень их надежности для всех предельных состояний при действии наиболее неблагоприятных сочетаний нормальных (эксплуатационных), экстремальных и аномальных (аварийных) нагрузок и воздействий. При этом необходимо рассматривать все этапы планового срока службы платформ.

Примечание – далее по тексту, где это возможно, термин "воздействие" опущен и заменен термином "нагрузка".

4.1.3 Настоящий свод правил обобщает требования, содержащиеся в нормативных документах в области проектирования строительных конструкций, гидротехнических сооружений, оснований и фундаментов.

4.1.4 Платформы вне зависимости от конструкции и условий эксплуатации согласно требованиям ГОСТ 27751 следует относить к классу КС-3, а согласно требованиям СП 58.13330 – к I классу. Понижение классов платформ не допускается.

4.1.5 Плановый срок службы платформ определяется заданием на проектирование, но должен составлять не менее 30 лет. При проектировании необходимо предусматривать конструктивные мероприятия, обеспечивающие возможность вывода из эксплуатации платформ после окончания срока службы.

4.1.6 При проектировании необходимо учитывать все требования к технологическому оборудованию платформ в течение всего планового срока службы. При этом следует учитывать, что платформы могут использоваться для бурения, производства, хранения продукции, размещения персонала и других функций или их комбинаций.

4.1.7 Проектирование платформ необходимо осуществлять на основе анализа природных условий и опыта применения платформ в аналогичных условиях, а также с учетом результатов сравнения ТЭО вариантов конструктивных решений, учитывающих требования по бурению, эксплуатации и ремонту скважин, по эксплуатации, монтажу и демонтажу всего комплекса технологического оборудования, используемого на платформах.

4.1.8 При проектировании платформ необходимо учитывать долгосрочные изменения уровня воды, частоты и интенсивности штормов, толщины и прочности льда, скорости и направления течений, температуры воздуха, распределений многолетнемерзлых грунтов и пр.

4.1.9 Основными требованиями к платформам являются:

- техническая надежность, безопасность и долговечность платформ на уровне, определяемом ГОСТ 27751 и СП 58.13330, а именно, безотказная работа платформ или их отдельных частей, в том числе, при изготовлении, транспортировке и установке на место и эксплуатации;

- экологическая безопасность эксплуатации платформ с соблюдением требований действующих законов и актов Российской Федерации, международных соглашений и конвенций, природоохранных норм и правил;

- эффективность и экономичность платформ в соответствии с их функциональным назначением при оптимальных технико-экономических и эксплуатационных показателях;

- эстетичность и эргономичность платформ;

- прочность, устойчивость и транспортабельность платформ или их отдельных частей, включая остойчивость и непотопляемость при буксировке на плаву;



- использование в платформах наиболее долговечных прочных и коррозионностойких конструкционных материалов с учетом повышенной агрессивности окружающей морской среды;
- технологичность изготовления платформ с применением наиболее совершенных технологий на базе существующих возможностей изготовления, транспортировки и установки в море;
- максимальное сокращение объема строительно-монтажных работ, выполняемых в условиях открытого моря и короткого навигационного периода, путем доставки платформ или их отдельных частей на место эксплуатации в максимальной степени готовности;
- унификация компоновки платформ, оборудования и методов производства работ;
- возможность полного или частичного демонтажа платформ после вывода из эксплуатации.

4.1.10 При проектировании платформ необходимо обеспечивать их ремонтпригодность, с возможностью осуществления мониторинга состояния в течение планового срока службы. Мониторинг состояния платформ следует осуществлять в соответствии со специальным проектом натуральных наблюдений, разрабатываемым в соответствии с СП 58.13330.

4.1.11 Внутреннее пространство платформ или их опорных частей, доставляемых к месту эксплуатации на плаву, необходимо разделять водонепроницаемыми стенами на отсеки, обеспечивающие плавучесть и остойчивость при буксировке от места изготовления к месту эксплуатации и для обеспечения контролируемой балластировки при установке на морское дно.

## **4.2 Требования к исходным данным для проектирования**

4.2.1 Проектирование платформ необходимо осуществлять на основании задания на проектирование, включающего следующие основные исходные данные:

- характеристики природной среды на месте изготовления, транспортировки, установки и эксплуатации платформ или их отдельных частей;
- плановый срок службы платформ;
- имеющиеся заводы-изготовители и/или строительные доки для изготовления платформ или их отдельных частей (их местоположение, степень технической оснащенности и пр.);
- условия транспортировки платформ или их отдельных частей на место эксплуатации (на плаву, на специальных транспортно-монтажных судах, специальных понтонах, баржах или других плавучих средствах – их технические характеристики);
- условия установки платформ или их отдельных частей на место эксплуатации (путем балластировки, методом надвига, с помощью кранов – их технические характеристики).

4.2.2 Исходные данные по характеристикам природной среды необходимо получать в результате выполнения и обработки материалов инженерно-гидрометеорологических, инженерно-геодезических, инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий.

4.2.3 Состав и объем изысканий необходимо отражать в программе инженерных изысканий, разрабатываемой в соответствии с [1, 2]. Эту программу следует пересматривать по мере поступления новой информации в процессе проведения изысканий. К согласованию программы инженерно-геологических и инженерно-геотехнических изысканий необходимо

привлекать специалистов, ответственных за геотехнические разделы проектной документации.

4.2.4 Исходные данные для проектирования должны быть актуальными на момент разработки проектной документации.

Результаты инженерных изысканий необходимо актуализировать при сроке давности их выполнения, превышающим три года.

Результаты технического обследования платформ или их отдельных частей следует актуализировать при сроке давности обследования:

- превышающим три года при категории технического состояния I (нормальное или нормативное) или II (удовлетворительное или работоспособное);

- превышающим два года при категории технического состояния III (неудовлетворительное или ограниченно-работоспособное) или IV (предаварийное или аварийное).

Для актуализации ранее выполненных результатов обследований следует повторно определять категорию технического состояния платформ или их отдельных частей.

Примечание – Категории технического состояния платформ или их отдельных частей следует назначать в соответствии с указаниями ГОСТ 31937.

### **4.3 Методы проектирования**

4.3.1 При проектировании платформ или их отдельных частей необходимо использовать регламентированную ГОСТ 27751 и СП 58.13330 концепцию предельных состояний, предусматривающую проведение расчетов по двум группам предельных состояний и, в том числе, особым предельным состояниям. При этом проектирование следует выполнять на основе расчетных моделей путем использования расчетных значений нагрузок, расчетных характеристик материалов и грунтов, определяемых с

помощью соответствующих коэффициентов надежности по нагрузкам, материалам и грунтам, а также по ответственности платформ.

4.3.2 В случаях, когда расчетные модели отсутствуют, недостаточно достоверны или не подтверждаются местным сопоставимым опытом, при проектировании следует применять результаты экспериментальных исследований – модельных или натурных испытаний.

4.3.3 При оценке результатов экспериментальных исследований необходимо учитывать следующие факторы:

- различие естественных условий при испытаниях и на месте изготовления, транспортировки и установки платформ или их отдельных частей;

- эффекты кратковременности испытаний по отношению к продолжительности реального нагружения конструкций;

- масштабные эффекты, особенно в случае использования малых моделей.

4.3.4 Состав и объем испытаний необходимо отражать в программе испытаний. Эту программу следует пересматривать по мере поступления новой информации в процессе проведения испытаний. К согласованию программы испытаний следует привлекать специалистов, ответственных за конструктивные разделы проектной документации.

4.3.5 Экспериментальные исследования следует проводить на образцах или фрагментах реальных конструкций, полномасштабных или маломасштабных моделях таким образом, чтобы условия экспериментов были подобны условиям работы платформ или их отдельных частей (соблюдались критерии подобия).

4.3.6 При проектировании платформ или их отдельных частей необходимо учитывать данные по ледовым и волновым нагрузкам, полученные с помощью измерений, выполненных в натуральных условиях.

4.3.7 Для оценки поведения платформ или их отдельных частей при действии ледовых и волновых нагрузок в сочетании с нагрузками от течений и ветра следует применять апробированные расчетно-теоретические методы на основе современных программно-вычислительных комплексов с последующей их верификацией (проверкой) по имеющимся данным натурных наблюдений и калибровкой (при необходимости).

#### **4.4 Учет условий места эксплуатации**

4.4.1 При размещении платформ на месте эксплуатации необходимо учитывать их влияние на окружающую среду, а также влияние на условия эксплуатации и работы конструкций близлежащих сооружений.

4.4.2 При проектировании необходимо выявлять все естественные природные условия, которые могут оказать влияние на выполнение функциональных и эксплуатационных требований к платформам.

4.4.3 При определении местоположения и ориентации платформ по сторонам света необходимо учитывать направления господствующих ветров, волнения, течения и льда и др. При этом следует избегать расположения платформ вблизи геологических разломов и участков с залеганием скоплений придонного газа.

4.4.4 Форму и ориентацию платформ по частям света необходимо принимать такими, чтобы платформы воспринимали наименьшие климатические нагрузки. При расположении ВСП на ОЧП следует учитывать функциональные и эксплуатационные требования к системам снабжения материалами, отгрузки продукции, факельного хозяйства, покидания, эвакуации и спасения персонала, принимая во внимание ветровые, волновые, ледовые нагрузки и др.

4.4.5 При проектировании ВСП необходимо обеспечивать достаточность их возвышения над гребнями волн и/или нагромождениями

льда. Также следует учитывать нагрузки от течений, волн и/или льда на части ВСП, не имеющие достаточного клиренса.

4.4.6 Возвышения ВСП и клиренсы необходимо определять с учетом следующих основных параметров:

- глубины воды;
- возвышения гребней волн;
- возвышения нагромождений льда;
- начальные и долговременные осадки и крены платформ;
- понижения уровня дна в связи с выработкой месторождений.

4.4.7 При проектировании платформ следует устанавливать размеры зоны периодического смачивания с учетом возвышения ВСП, параметров движения судов, приливо-отливных колебаний уровня, возвышений гребней и понижений ложбин волн.

4.4.8 Участок дна на месте эксплуатации платформ должен иметь уклон, не превышающий 0,01.

4.4.9 При проектировании платформ следует предусматривать все необходимые мероприятия по обеспечению надежной работы всех систем и оборудования в зимних условиях, в том числе с учетом безопасности персонала. Необходимо рассматривать такие мероприятия, которые обеспечивают возможность выполнения персоналом своих производственных обязанностей наиболее эргономическим и эффективным способом, с учетом ограничений, вызванных природными факторами, а также связанных с использованием средств индивидуальной защиты. Указанные мероприятия не должны оказывать негативного воздействия на окружающую среду.

## **4.5 Общие требования к изготовлению, транспортировке и установке**

4.5.1 Изготовление, транспортировку и установку платформ или их отдельных частей следует планировать и осуществлять таким образом, чтобы минимизировать риски для персонала, связанные с неблагоприятными погодными условиями.

4.5.2 При планировании и осуществлении морских операций по транспортировке и установке платформ или их отдельных частей необходимо учитывать ограничения по минимальной осадке на акваториях.

4.5.3 Морские операции, связанные с транспортировкой и установкой платформ или их отдельных частей на место эксплуатации, следует планировать и осуществлять в соответствии с требованиями признанных классификационных обществ с учетом требований международных конвенций и соглашений в области безопасности судоходства и морской индустрии.

## **5 Основные требования к конструкциям**

### **5.1 Общие положения**

5.1.1 Платформы и их отдельные части следует рассматривать как сооружения строительного профиля. При транспортировке на место эксплуатации или при перемещении для вывода из эксплуатации на плаву платформы и их отдельные части могут рассматриваться как плавучие объекты.

5.1.2 При выборе конструкции платформ необходимо учитывать:

- необходимость размещения, крепления и защиты направлений, морских райзеров, J-труб, колодцев и резервуаров хранения;
- концепцию хранения, подготовки и транспорта продукции скважин;

- схему расположения технологического оборудования и расстояния от источников опасности;
- возможность установки дополнительного технологического оборудования на последующих стадиях освоения месторождения;
- необходимость вывода из эксплуатации и утилизации платформ или их отдельных частей после завершения эксплуатации;
- наличие местных строительных материалов и оборудования;
- продолжительность навигационного периода и др.

5.1.3 При проектировании платформ необходимо предусматривать размещение внутри ОЧП постоянного и временного технологического оборудования, используемого для нужд ОЧП и ВСП.

5.1.4 При проектировании ОЧП следует рассматривать следующие основные типы конструкции:

- из железобетона;
- из стали.

5.1.5 Выбор типа конструкции ОЧП (железобетонных или стальных) должен производиться исходя из сопоставления ТЭО вариантов с учетом оптимального использования трудовых ресурсов, материалов, стимулирования энергосбережения, снижения стоимости строительства.

## **5.2 Железобетонные конструкции**

5.2.1 При проектировании ОЧП из железобетона необходимо учитывать соответствующие требования СП 41.13330 и СП 63.13330 с дополнениями, приведенными ниже.

5.2.2 При проектировании железобетонных конструкций необходимо принимать конструктивные схемы и технические решения, обеспечивающие требуемую прочность, устойчивость и пространственную жесткость ОЧП в целом и ее отдельных конструкций на всех этапах срока службы, а также



плавучесть и остойчивость ОЧП при буксировке на плаву и установке на место эксплуатации.

5.2.3 При выборе конструктивных схем ОЧП из железобетона следует учитывать необходимость применения постнапряженных конструкций с унифицированными размерами, позволяющими использовать инвентарную и скользящую опалубку.

5.2.4 Для обеспечения требуемой плавучести и морозостойкости железобетонных конструкций ОЧП необходимо предусматривать следующие мероприятия:

- укладку бетона соответствующих марок по водонепроницаемости и морозостойкости в наружных элементах ОЧП (особенно в зонах переменного уровня воды);

- применение поверхностно-активных добавок к бетону (воздухововлекающих, пластифицирующих и др.);

- устройство противодиффузионных элементов (уплотнений) в строительных швах ОЧП;

- устройство систем водоотлива, обогрева и циркуляции воды в отсеках ОЧП.

### **5.3 Стальные конструкции**

5.3.1 При проектировании платформ или их отдельных частей из стальных конструкций необходимо учитывать соответствующие требования СП 16.13330 с дополнениями, приведенными ниже.

5.3.2 Возможность применения стальных конструкций для изготовления несущих элементов платформ или их отдельных частей следует подтверждать ТЭО с учетом общих требований к проектированию платформ и местных условий.

5.3.3 При проектировании платформ или их отдельных частей из стальных конструкций необходимо принимать такие конструктивные схемы и технические решения, которые обеспечивают:

- прочность, устойчивость и пространственную неизменяемость конструкций на всех этапах планового срока службы, а также их плавучесть и остойчивость при буксировке на плаву и установке на место эксплуатации;
- защиту от коррозии и огнестойкость конструкций;
- технологичность и наименьшую трудоемкость изготовления, транспортировки и установки платформ или их отдельных частей на место эксплуатации;
- учет производственных возможностей и мощности технологического и кранового оборудования предприятий-изготовителей конструкций;
- учет допускаемых отклонений от проектных размеров и геометрической формы элементов конструкций при изготовлении и монтаже.

5.3.4 Стальные конструкции следует проектировать так, чтобы они были доступными для наблюдения, оценки технического состояния, выполнения профилактических и ремонтных работ, не задерживали влагу и не затрудняли проветривание. Замкнутые профили должны быть герметизированы.

## **6 Основные расчетные положения**

6.1.1 Платформы в соответствии с требованиями ГОСТ 27751 и СП 58.13330 необходимо проектировать так, чтобы они удовлетворяли следующим требованиям:

- противостояли всем нагрузкам, возможным как при эксплуатации, так и при изготовлении, транспортировке и установке (первая группа предельных состояний);
- обеспечивали соответствующие эксплуатационные характеристики при всех возможных нагрузках (вторая группа предельных состояний);

- не теряли конструктивной целостности или эксплуатационных характеристик из-за местных повреждений или затоплений при аварийных или аномальных нагрузках (особые предельные состояния).

6.1.2 Предельные состояния первой группы следует рассматривать для исключения разрушения платформ или появления на них больших неупругих осадок или деформаций разрушительного характера.

В состав предельных состояний первой группы необходимо включать:

- потерю статического равновесия платформ или их отдельных частей, рассматриваемых как твердое тело (например, опрокидывание);

- отказы отдельных конструктивных элементов платформ, вызванные превышением предельной прочности (в некоторых случаях, уменьшенной из-за повторных нагрузок) или предельной деформации элементов;

- преобразование платформ или их отдельных частей в механизм (полное разрушение или чрезмерная деформация);

- потерю устойчивости отдельными конструктивными элементами платформ;

- неконтролируемое затопление платформ или их отдельных частей при буксировке.

6.1.3 Предельные состояния второй группы следует рассматривать для исключения достижения таких характеристик деформаций и/или трещин, которые могут воспрепятствовать нормальной эксплуатации или снизить долговечность платформ.

В состав предельных состояний второй группы необходимо включать:

- местные повреждения (включая трещины), которые уменьшают долговечность платформ или оказывающие влияние на ее конструктивные или другие элементы;

- коррозию, которая уменьшает долговечность платформ, а также оказывает влияние на свойства и геометрические параметры ее конструктивных или других элементов;

- деформации или движения платформ, которые оказывают влияние на эффективное использование их конструктивных или других элементов;

- чрезмерные вибрации, приводящие к дискомфорту для персонала или затрагивающие неконструктивные элементы и/или технологическое оборудование платформ (особенно при резонансе);

- смещения, которые превышают ограничения для технологического оборудования платформ.

Предельные состояния второй группы следует контролировать по одному или нескольким критериям, например, приемлемым деформациям, ускорениям, ширинам раскрытия трещин и т.д.

6.1.4 Особые предельные состояния следует рассматривать для исключения полного разрушения, свободного дрейфа, опрокидывания или затопления платформ, или их отдельных частей, при аномальных климатических или аварийных нагрузках. Местные разрушения несущих конструкций не должны приводить к прогрессирующему обрушению сооружений, и при этом платформы должны обладать необходимой прочностью и устойчивостью в течение достаточного времени, позволяющего безопасно эвакуировать персонал.

При анализе особых предельных состояний следует обеспечивать достаточность сопротивления несущих конструкций платформ при наличии местных повреждений для особых сочетаний нагрузок, включающих аномальные климатические или аварийные нагрузки.

В расчетах следует учитывать только одну аномальную или аварийную нагрузку, если другие подобные нагрузки с ними не связаны.

## **7 Нагрузки и их сочетания**

### **7.1 Общие положения**

7.1.1 При определении нагрузок, действующих на платформы или их отдельные части, необходимо применять соответствующие требования СП 58.13330, СП 20.13330, СП 38.13330 и СП 14.13330 с дополнениями, приведенными ниже.

7.1.2 При определении нагрузок на платформы или их отдельные части к постоянным следует относить нагрузки по СП 20.13330 и СП 58.13330 со следующими дополнениями:

- вес балласта;
- гидростатическое давление;
- усилия от постнапряжения и пр.

К временным длительным следует относить нагрузки по СП 20.13330 и СП 58.13330 со следующими дополнениями:

- нагрузки от буксировки платформ или их отдельных частей;
- перепады гидростатического давления в отсеках ОЧП;
- нагрузки на ВСП от стоянки вертолетов.

К кратковременным следует относить нагрузки по СП 20.13330 и СП 58.13330 со следующими дополнениями:

- нагрузки, возникающие при изготовлении платформ или их отдельных частей;
- нагрузки от проверки герметичности отсеков ОЧП;
- транспортные нагрузки в пределах платформ или их отдельных частей;
- давление растворов при цементации;
- нагрузки от удерживающих связей при установке платформ или их отдельных частей;
- нагрузки от посадки и взлета вертолетов и др.

К особым следует относить нагрузки по СП 20.13330 и СП 58.13330 со следующими дополнениями:

- от аварийного затопления отсеков ОЧП при буксировке;
- нагрузки от падения объектов;
- нагрузки от стамух и айсбергов или их частей.

7.1.3 При определении нагрузок на платформы или их отдельные части следует учитывать следующие расчетные условия, связанные с повторяемостью нагрузок:

- нормальные (эксплуатационные), требующие учета нормальных нагрузок (например, в качестве сопутствующих нагрузок, а также в расчетах по второй группе предельных состояний);

- экстремальные, требующие учета экстремальных нагрузок (например, для оценки устойчивости, прочности конструкции и грунтового основания на основе расчетов с использованием коэффициентов надежности);

- особые, требующие учета аномальных климатических и/или аварийных нагрузок при рассмотрении особых предельных состояний.

7.1.4 По относительным размерам зоны своего влияния нагрузки каждой из указанных категорий расчетных условий следует подразделять на глобальные (общие) и локальные (местные).

7.1.5 Климатические нагрузки необходимо определять для наиболее неблагоприятного угла распространения природных явлений (льда, волн, течений, ветра и др.).

7.1.6 Расчетные значения климатических нагрузок необходимо назначать в установленном порядке на основе анализа соответствующих характеристик природных условий на месте изготовления, транспортировки, установки и эксплуатации платформ или их отдельных частей.

7.1.7 Для особых предельных состояний коэффициенты надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для аномальных климатических и/или аварийных нагрузок следует принимать равными единице.

## 7.2 Ветровые нагрузки

7.2.1 Нормативные ветровые нагрузки на платформ или их отдельные части следует определять с учетом соответствующих положений СП 20.13330 (раздел 11) и дополнений, приведенных ниже.

7.2.2 Нормативное значение ветрового давления  $w_0$  необходимо определять на основе данных репрезентативных станций наблюдательной сети в соответствии со скоростью ветра на уровне 10 м, определяемой с 10-минутным интервалом осреднения и принимаемой:

- для нормальных ветровых нагрузок – превышаемой в среднем один раз в 10 лет;
- для экстремальных ветровых нагрузок – превышаемой в среднем один раз в 100 лет;
- для аномальных ветровых нагрузок – превышаемой в среднем один раз в 10000 лет.

7.2.3 В качестве репрезентативных следует принимать станции Росгидромета или станции других ведомств, на которых ведутся соответствующие наблюдения, и удовлетворяющие следующим условиям:

- удалены не более, чем на 100 км южнее, 200 км западнее или восточнее и 300 км севернее от места установки платформ;
- имеют гидрометеорологические и ледовые условия, соответствующие району расположения платформ.

7.2.4 Значения коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для ветровых нагрузок следует принимать равными единице.

### **7.3 Нагрузки от волн и течений**

7.3.1 Нормативные нагрузки от волн и течений на платформы или их отдельные части следует определять с учетом соответствующих положений СП 38.13330 (разделы 5, 6) и дополнений, приведенных ниже.

7.3.2 Исходные данные для расчета нагрузок от волн и течений на платформ или их отдельные части необходимо определять путем статистической обработки материалов длительных рядов натуральных наблюдений и результатов гидрометеорологических изысканий в районе расположения платформ для периода времени с наибольшими нагрузками от волн и течений. Ссылки на правила выполнения указанных изысканий приведены в СП 38.13330.

7.3.3 При отсутствии и/или недостаточности длительных рядов наблюдений исходные данные по ветру для расчета элементов ветровых волн следует определять расчётным путём, а именно, на основе данных многолетних измерений скорости и направления ветра на репрезентативных станциях наблюдательной сети (см. пункт 7.2.3), длительностью не менее 30 лет.

7.3.4 К нормальным волновым нагрузкам необходимо относить нагрузки от ветровых волн с обеспеченностью высот 13% в системе расчетного шторма с периодом повторяемости 10 лет. Нормальные волновые нагрузки следует учитывать в сочетаниях как сопутствующие нагрузки, а также в расчетах по второй группе предельных состояний.

7.3.5 К экстремальным волновым нагрузкам необходимо относить нагрузки от ветровых волн с обеспеченностью высот 0,1% в системе расчетного шторма с периодом повторяемости 100 лет. Эти нагрузки следует учитывать при рассмотрении основных сочетаний первой группы предельных состояний, а также в необходимых случаях в расчетах по второй группе предельных состояний.



7.3.6 К аномальным волновым нагрузкам необходимо относить нагрузки от ветровых волн с обеспеченностью высот 0,1% в системе расчетного шторма с периодом повторяемости 10000 лет. Эти нагрузки следует учитывать при рассмотрении особых предельных состояний.

7.3.7 Экстремальные и аномальные волновые нагрузки на платформы или их отдельные части в мелководной зоне необходимо определять по детерминистической модели расчетного шторма, а нормальные волновые нагрузки – по спектральной модели для периода расчетного шторма с наибольшей силой и стационарными статистическими характеристиками.

7.3.8 Для глубоководной зоны нормальные, экстремальные и аномальные волновые нагрузки на платформ или их отдельные части следует определять по спектральной модели.

7.3.9 Для различных расчетных ситуаций следует определять:

- горизонтальные и вертикальные волновые силы, действующие на платформ или их отдельные части, и моменты этих сил;
- локальные волновые давления на поверхности конструкций платформ и грунтовое основание в пределах призмы выпора грунта;
- возвышения волновой поверхности у платформ;
- волновые вертикальные фильтрационные нагрузки на подошвы ОЧП;
- местные размывы дна и волновые нагрузки на конструкции защиты дна от размывов.

7.3.10 Волновые нагрузки на платформ или их отдельные части необходимо определять с учетом положения уровня воды, действия ветра и течения. При этом следует принимать наиболее неблагоприятные, но реальные сочетания интенсивности волнения, уровня воды, скорости ветра и течения.

7.3.11 Для детерминистической модели расчетного шторма волновые нагрузки на платформ или их отдельные части (горизонтальные и

вертикальные волновые силы, моменты и давления) следует определять на основе нелинейной (не ниже 3-го приближения) теории регулярных волн конечной высоты с учетом трансформации элементов волн на попутном и встречном течении.

7.3.12 Для спектральной модели волновые нагрузки на платформ или их отдельные части следует определять на основе линейной теории нерегулярных волн малой высоты с учетом трансформации спектра волн на течении.

7.3.13 При проверке динамической прочности несущих конструкций и грунтового основания с учетом циклического действия волн необходимо распределять волновые нагрузки по группам с различными амплитудами (высотами) волн. Для каждой из таких групп следует определять количество волновых циклов и их длительность, а также амплитуду циклической нагрузки и ее частота.

7.3.14 При проверке динамической прочности конструкций с учетом циклического действия волн и течений необходимо учитывать возникновение вибраций из-за периодического срыва вихрей с соответствующими резонансными явлениями.

7.3.15 К нормальным нагрузкам от течений необходимо относить нагрузки при течении со скоростью при периоде повторяемости 10 лет с осреднением по глубине. Нормальные нагрузки от течений следует учитывать в сочетаниях как сопутствующие нагрузки, а также в расчетах по второй группе предельных состояний.

7.3.16 К экстремальным нагрузкам от течений необходимо относить нагрузки при течении со скоростью при периоде повторяемости 100 лет с осреднением по глубине. Эти нагрузки следует учитывать при рассмотрении основных сочетаний первой группы предельных состояний, а также в необходимых случаях в расчетах по второй группе предельных состояний.

7.3.17 К аномальным нагрузкам от течений необходимо относить нагрузки при течении со скоростью при периоде повторяемости 10000 лет с осреднением по глубине. Эти нагрузки следует учитывать при рассмотрении особых предельных состояний.

7.3.18 Значения коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для нагрузок волновых и от течений необходимо принимать равными единице.

#### **7.4 Ледовые нагрузки**

7.4.1 Нормативные ледовые нагрузки на платформы или их отдельные части необходимо определять с учетом соответствующих положений СП 38.13330 (раздел 7) и дополнений, приведенных ниже.

7.4.2 Исходные данные для расчета ледовых нагрузок следует определять путем статистической обработки материалов длительных рядов натурных наблюдений и результатов гидрометеорологических изысканий в районе расположения платформ для периода времени с наибольшими ледовыми нагрузками, а также путем анализа данных ДЗЗ (космических снимков). Ссылки на правила выполнения указанных изысканий приведены в СП 38.13330.

7.4.3 При отсутствии длительных рядов наблюдений исходные данные по толщине и прочности льда для расчета ледовых нагрузок следует определять расчётным путём, а именно, на основе данных многолетних измерений температуры воздуха, скорости ветра и толщины снегового покрова на репрезентативных станциях наблюдательной сети (см. пункт 7.2.3), длительностью не менее 30 лет.

7.4.4 Ледовые нагрузки необходимо определять с учетом положения уровня воды, температуры воздуха, скорости ветра и течения. При этом следует принимать наиболее неблагоприятные, но реальные сочетания толщин и прочности льда, уровня воды, температуры воздуха, скорости ветра и течения.

7.4.5 К нормальным ледовым нагрузкам необходимо относить нагрузки ото льда при его средней многолетней толщине для зимнего периода с осреднением по ширине преград. Нормальные ледовые нагрузки следует учитывать в сочетаниях как сопутствующие нагрузки, а также в расчетах по второй группе предельных состояний.

7.4.6 К экстремальным ледовым нагрузкам необходимо относить нагрузки ото льда для следующих основных случаев:

- при экстремальной толщине льда с годовой вероятностью 0,01 (1% обеспеченности) с осреднением по ширине преград в сочетании со средней многолетней прочностью льда для этого периода;

- при экстремальной прочности льда с годовой вероятностью 0,01 (1% обеспеченности) в сочетании со средней многолетней толщиной льда для этого периода с осреднением по ширине преград (при условии возможности подвижек льда в этот период).

Эти ледовые нагрузки следует учитывать при рассмотрении основных сочетаний первой группы предельных состояний, а также в необходимых случаях в расчетах по второй группе предельных состояний.

7.4.7 К аномальным ледовым нагрузкам необходимо относить нагрузки ото льда для следующих основных случаев:

- при аномальной толщине льда с годовой вероятностью 0,0001 (0,01% обеспеченности) с осреднением по ширине преград в сочетании со средней многолетней прочностью льда для этого периода;

- при аномальной прочности льда с годовой вероятностью 0,0001 (0,01% обеспеченности) в сочетании со средней многолетней толщиной льда для этого периода с осреднением по ширине преград (при условии возможности подвижек льда в этот период).

Эти ледовые нагрузки следует учитывать при рассмотрении особых предельных состояний.

7.4.8 Нормальные, экстремальные и аномальные ледовые нагрузки необходимо определять по детерминистической модели с учетом всех возможных сценариев ледового воздействия.

7.4.9 Для различных сценариев ледового воздействия следует определять:

- горизонтальные и вертикальные ледовые силы, действующие на платформы или их отдельные части, и моменты этих сил;
- локальные ледовые давления на поверхности конструкций платформ и грунтовое основание в пределах призмы выпора грунта;
- возвышения нагромождений льда у платформ;
- размеры местных пропахиваний льдом дна и ледовые нагрузки на конструкции защиты дна от размывов.

7.4.10 Значения коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для ледовых нагрузок следует принимать равными 1,1.

## **7.5 Гололедные нагрузки**

7.5.1 Нормативные гололедные нагрузки на платформы или их отдельные части следует определять с учетом соответствующих положений СП 20.13330 (раздел 12) и дополнений, приведенных ниже.

7.5.2 При проектировании необходимо учитывать гололедные нагрузки от обледенений сооружений при воздействии брызг и осадков (ледяного дождя или измороси, ледяного тумана или капель). Обледенение приводит к увеличению диаметра конструктивных элементов платформ или их отдельных частей и, соответственно, к увеличению нагрузок, вызываемых собственным весом, а также ветровых нагрузок.

7.5.3 Гололедные нагрузки необходимо учитывать при проектировании узлов соединения ВСП с ОЧП, верхних палуб ВСП и других необогреваемых наружных конструкций.

Толщины стенок гололеда и плотности льда для вертикальных необогреваемых поверхностей платформ или их отдельных частей следует принимать по табл. 1.

Таблица 1

**Толщины стенок гололеда и плотность льда на вертикальных  
необогреваемых поверхностях**

Возвышение центра поверхности над средним уровнем моря, м	Толщина стенки гололеда от брызг, м	Плотность льда, т/м <sup>3</sup>	Толщина стенки гололеда от осадков, м	Плотность льда, т/м <sup>3</sup>
5-10	0,15	0,85	0,10	0,90
10-25	Уменьшается линейно от 0,15 до 0	0,85	0,10	0,90

7.5.4 Значения коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для гололедных нагрузок следует принимать равными 1,3.

## 7.6 Сейсмические нагрузки

7.6.1 Нормативные сейсмические нагрузки на платформы или их отдельные части необходимо определять с учетом соответствующих положений СП 14.13330 (раздел 8) и дополнений, приведенных ниже.

7.6.2 В соответствии с СП 14.13330 при оценке сейсмической опасности следует исходить из двухуровневого подхода:

- нижний уровень – для проектных землетрясений (ПЗ), которые платформ или их отдельные части должны воспринимать без угрозы для безопасности людей и с сохранением собственной ремонтпригодности. При этом допускаются остаточные смещения, деформации, трещины и иные повреждения, не приводящие к разрушению с катастрофическими последствиями и не нарушающие нормальную эксплуатацию платформы;

- верхний уровень – для максимальных расчетных землетрясений (МРЗ), которые платформы или их отдельные части должны воспринимать без угрозы собственного разрушения и без угрозы повреждений, приводящих

к выбросу в окружающую среду углеводородов. При этом допускаются любые иные повреждения конструкции и грунтового основания, включая повреждения, нарушающие нормальную эксплуатацию платформ.

7.6.3 Исходную сейсмичность площадки расположения платформ для ПЗ и МРЗ следует определять по результатам детального сейсмического районирования или уточнения исходной сейсмичности. При этом также необходимо составлять сеймотектоническую модель сейсмического района расположения платформ, включающую в себя карту и характеристики основных зон возможных очагов землетрясений, в также сведения о наличии или отсутствии активных разломов и возможности склоновых смещений большого объема и их параметрах.

7.6.4 Расчетную сейсмичность площадки расположения платформ для ПЗ и МРЗ необходимо устанавливать исходя из исходной сейсмичности и с учетом данных СМР. Для платформ исследования СМР следует выполнять инструментальными и расчетными методами, и при этом глубина слоя исследования сейсмических свойств грунта определяется, исходя из особенностей геологического строения площадок, но не менее 40 м от подошвы ОЧП.

7.6.5 Расчеты платформ или их отдельных частей на сейсмические нагрузки уровня ПЗ необходимо производить как по линейно-спектральной теории на квазистатические нагрузки, определяемые согласно СП 14.13330, так и по динамической теории на сейсмические нагрузки.

7.6.6 Расчеты платформ или их отдельных частей на сейсмические нагрузки уровня МРЗ следует производить по динамической теории.

7.6.7 Для повышения сейсмостойкости платформ или их отдельных частей (например, для ослабления горизонтальных колебаний конструкций ВСП) необходимо между ОЧП и ВСП устанавливать фрикционные маятниковые подшипники, изолирующие ВСП от ОЧП.

7.6.8 Значения коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для сейсмических нагрузок необходимо принимать равными единице.

## **7.7 Нагрузки от ВСП**

7.7.1 Нормативные нагрузки от ВСП на ОЧП, включая нагрузки от собственного веса, людей, складироваемых грузов и стационарного технологического оборудования, снеговые и ветровые нагрузки и пр., необходимо устанавливать при проектировании ВСП с учетом соответствующих положений СП 20.13330.

7.7.2 Значения коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для нагрузок от ВСП следует принимать в соответствии с СП 58.13330.

## **7.8 Нагрузки от судов**

7.8.1 Нормативные нормальные и экстремальные нагрузки от судов на платформы или их отдельные части следует определять с учетом соответствующих положений СП 38.13330 (раздел 6) и дополнений, приведенных ниже.

Значения коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для нормальных и экстремальных нагрузок от судов следует принимать в соответствии с СП 58.13330.

7.8.2 Нормативные аварийные нагрузки от удара судна при подходе к платформам следует определять по рекомендациям пункта 6.9 СП 38.13330, и при этом расчетное водоизмещение (массу) судна необходимо принимать в зависимости от типа расчетных судов (танкеров, судов обслуживания, спасательных, управления ледовой обстановкой и т.д.), но не менее 5000 т, а нормальную составляющую скорости подхода судна – не менее 2,0 м/с.

7.8.3 Значения коэффициента надежности по нагрузке  $\gamma_f$  для аварийных нагрузок от судов следует принимать равными единице.



## **7.9 Сочетания нагрузок**

7.9.1 Сочетания нагрузок на платформ или их отдельные части необходимо определять в зависимости от рассматриваемых предельных состояний в соответствии с требованиями ГОСТ 27751, СП 20.13330 и СП 58.13330.

7.9.2 При проектировании платформ или их отдельных частей следует рассматривать все возможные наихудшие сочетания нагрузок, при которых имеют место наибольшие реакции в конструкциях сооружений.

7.9.3 Необходимо учитывать, что при анализе предельных состояний одни и те же нагрузки могут оказывать как неблагоприятное, так и благоприятное влияние. В случаях, когда нагрузки оказывают благоприятное влияние, коэффициент надежности по нагрузке следует принимать меньшим единицы.

## **8 Характеристика грунтового основания**

8.1 Оценку состояния и свойств грунтового основания следует выполнять по результатам инженерно-геологических изысканий, выполненных на площадке размещения платформ, и специальных лабораторных исследований. Общие технические требования к инженерно-геологическим изысканиям, касающиеся применяемого оборудования, состава, объёмов и методов полевых и лабораторных исследований, а также требования к содержанию инженерно-геологического отчёта, приведены в СП 47.13330 и СП 11-114 [2].

8.2 Состав необходимых для проектирования характеристик грунтов и методы их определения следует назначать в программе полевых и/или лабораторных исследований, руководствуясь требованиями СП 23.13330 и СП 11-114 [2].

8.3 При подготовке программы и в ходе выполнения специальных лабораторных исследований по определению деформационных и

прочностных характеристик грунтов следует учитывать показатели их природного напряженного состояния – давление предуплотнения  $p'_c$ , коэффициент переуплотнения  $OCR$ , коэффициент бокового давления в массиве грунта  $K_0$ , природную степень плотности песчаных грунтов  $I_D$ .

8.4 Лабораторные испытания грунтов следует проводить в соответствии с требованиями СП 11-114, СП 23.13330 и ГОСТ по испытаниям грунтов. При выполнении изысканий совместно с иностранными партнерами или в случае, когда для отдельных испытаний российские стандарты отсутствуют, следует использовать методы лабораторных испытаний, не регламентированных ГОСТ по испытаниям грунтов.

8.5 Нормативные и расчётные значения физических и статических механических параметров, определяемых лабораторными методами, следует устанавливать согласно СП 23.13330 и ГОСТ 20522 путём статистической обработки частных значений, полученных в одноименных опытах. Классификацию грунтов выполнять в соответствии с требованиями ГОСТ 25100.

8.6 Для определения показателей физико-механических свойств грунтов наряду с результатами лабораторных испытаний необходимо использовать результаты статического зондирования. Интерпретацию данных статического зондирования следует выполнять на основании известных теоретико-эмпирических и корреляционных зависимостей, руководствуясь СП 23.13330.

8.7 В тех случаях, когда для определения одноименных характеристик грунтов были использованы различные полевые и лабораторные методы, геотехническое обоснование расчётных значений для целей проектирования необходимо выполнять путём обобщения и анализа всех полученных согласно ГОСТ 20522 расчётных величин, с учётом данных статического зондирования, технических параметров сооружения и особенностей его

взаимодействия с грунтовым основанием при различных расчётных ситуациях.

8.8 Определение прочностных и деформационных характеристик грунтов при динамических нагрузках необходимо выполнять с учётом указаний СП 23.13330.

8.9 Оценку динамических деформационных характеристик в условиях природного сложения (без учета веса сооружения) следует выполнять на основе результатов полевых геофизических исследований (путем прямого измерения скоростей продольных и поперечных волн  $v_p$  и  $v_{sv}$ ,  $v_{sh}$ , соответственно).

8.10 За нормативные значения динамической прочности следует принимать предельные амплитудные значения циклической составляющей осевых напряжений в условиях недренированного нагружения. Расчетные значения прочности следует определять с учетом рассматриваемых моделей внешних нагрузок и, при необходимости, условий диссипации порового давления, а также коэффициента надёжности по грунту  $\gamma_g$ , полученного для статических характеристик прочности.

8.11 Инженерно-геологическую и расчётную схематизации оснований следует выполнять в соответствии с требованиями СП 23.13330. Расчетные геомеханические схемы (модели) основания разрабатывают применительно к конкретному методу расчета с наделением каждого РГЭ комплексом характеристик, необходимых для возможности использования этого метода.

## **9 Основное критериальное условие**

9.1 При расчетах платформ или их отдельных частей надлежит соблюдать условие, установленное СП 58.13330 (пункт 8.16) и обеспечивающее недопущение наступления предельных состояний для каждого из элементов конструкции при всех возможных сочетаниях нагрузок (левая часть условия), с учетом следующих коэффициентов надёжности:

$\gamma_n$  – по ответственности сооружения, принимаемый:

- при расчетах по предельным состояниям первой группы – 1,25;

- при расчетах по предельным состояниям второй группы и особым предельным состояниям – 1,1;

$\gamma_f$  – по нагрузке, определяемый в соответствии с разделом 7;

$\gamma_m$  – по материалу конструкций, принимаемый в соответствии с СП 58.13330;

$\gamma_g$  – по грунту, определяемый в соответствии с СП 23.13330.

Коэффициент условий работы  $\gamma_c$  принимается равным единице.

9.2 Расчетные значения обобщенных нагрузок  $F_d$  следует определять в зависимости от их нормативных значений  $F_n$  по формуле

$$F_d = \gamma_f (\psi F_n), \quad (9.1)$$

где  $\psi$  – коэффициент сочетаний нагрузок, определяемый в соответствии с ГОСТ 27751, СП 20.13330 и СП 58.13330.

9.3 При назначении коэффициентов сочетаний нагрузок следует учитывать возможность совместимости тех или иных нагрузок, в особенности, для кратковременных ситуаций в период изготовления, транспортировки и установки платформ или их отдельных частей.

## **10 Железобетонные конструкции**

### **10.1 Общие положения**

10.1.1 При проектировании железобетонных конструкций ОЧП необходимо учитывать соответствующие положения СП 41.13330 и СП 63.13330 и дополнения, приведенные ниже.

10.1.2 Защиту железобетонных конструкций ОЧП от коррозии следует обеспечивать методами первичной и вторичной защиты и специальными мерами в соответствии с ГОСТ 31384 и СП 28.13330.

10.1.3 При проектировании конструкций ОЧП следует выделять три основные зоны, отличающиеся степенью агрессивного воздействия на железобетонные конструкции:

- зона 1 – наружная поверхность железобетонных конструкций, подвергающаяся воздействию переменного замораживания-оттаивания в условиях эпизодического водонасыщения в результате воздействия брызг, расположенная над зоной воздействия льда и зоной переменного уровня воды;

- зона 2 (ледовый пояс) – наружная поверхность железобетонных конструкций, подвергающаяся воздействию переменного замораживания-оттаивания в условиях постоянного водонасыщения в результате воздействия волн, а также абразивному воздействию льда;

- зона 3 – наружная поверхность железобетонных конструкций, расположенная ниже уровня абразивного воздействия льда, постоянно находящаяся под водой.

В зонах 1 и 2 среду необходимо считать сильноагрессивной (класс среды XS3 по СП 28.13330), а в зоне 3 – среднеагрессивной (класс среды XS2 по СП 28.13330).

10.1.4 Для ледового пояса в зоне 2 следует рассматривать два варианта защиты железобетона от абразивного воздействия льда:

- обеспечение особо плотной структуры бетона в наружном слое конструкций и достаточного дополнительного защитного слоя бетона с учетом его износа в условиях абразивного воздействия льда (например, путем добавления защитного слоя бетона поверх расчетного бетонного покрытия);

- применение облицовок из плакированных листов стали с нержавеющей сталью для защиты бетона от абразивного воздействия льда.

Окончательный вариант защиты железобетона от абразивного воздействия льда следует определять при проектировании с учетом данных модельных испытаний абразии бетона.

10.1.5 Ледовый пояс в виде облицовок из нержавеющей стали необходимо проектировать с учетом коррозионно-абразивного износа его внешней поверхности. Протяженность сварных стыков в зоне воздействия льда следует сводить к минимуму.

10.1.6 Элементы ледового пояса, подверженные коррозии и/или ледовой абразии, необходимо проектировать с припуском на коррозию и/или абразию.

10.1.7 Толщину защитного слоя бетона для ненапрягаемой рабочей стержневой арматуры следует принимать:

- в зоне 1 – не менее 65 мм;

- в зоне 2 – не менее 65 мм при использовании стальной облицовки. В случае использования дополнительного защитного слоя бетона – не менее 80 мм;

- в зоне 3 – не менее 55 мм.

10.1.8 Толщину защитного слоя бетона для постнатянутой арматуры следует принимать для всех зон не менее 80 мм.

10.1.9 Каналы системы постнапряжения, отверстия для скользящей опалубки и другие относительно небольшие отверстия в железобетонных конструкциях необходимо заполнять цементным раствором на основе портландцемента. Физико-механические характеристики используемых растворов должны быть не ниже характеристик основного бетона.

## **10.2 Материалы для железобетонных конструкций**

10.2.1 Для железобетонных конструкций ОЧП необходимо предусматривать конструкционный бетон, тяжелый, высокопрочный, высокой морозостойкости, высокой водонепроницаемости.

10.2.2 При проектировании железобетонных конструкций ОЧП следует устанавливать нормируемые показатели качества бетона, контролируемые на производстве в соответствии с ГОСТ 25192 и ГОСТ 4.212.

10.2.3 Класс бетона по прочности на сжатие следует устанавливать при проектировании железобетонных конструкций в соответствии с расчетом, но не ниже В60.

10.2.4 Расчетные сопротивления бетона сжатию  $R_b$  для предельных состояний первой группы и расчетные сопротивления бетона растяжению  $R_{bt,ser}$  для предельных состояний второй группы необходимо принимать в соответствии с СП 63.13330.

10.2.5 Марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости следует назначать согласно ГОСТ 31384 и СП 28.13330.

10.2.6 При проектировании железобетонных конструкций ОЧП следует устанавливать вид арматуры, ее нормируемые и контролируемые показатели качества.

10.2.7 Для армирования железобетонных конструкций следует применять отвечающую требованиям соответствующих стандартов или утвержденных в установленном порядке технических условий арматуру следующих видов:

- в качестве ненапрягаемой – стержневую горячекатаную гладкую и периодического профиля с постоянной и переменной высотой выступов (кольцевой и серповидный профиль соответственно) без последующей обработки или термомеханически упрочненную периодического профиля диаметром класса А500С по ГОСТ Р 52544 диаметром 6 - 40 мм;

- в качестве напрягаемой – арматурные канаты по ГОСТ Р 53772 или зарубежные аналоги канатной арматуры с механическими характеристиками не ниже требований ГОСТ Р 53772.

10.2.8 Расчетные сопротивления арматуры растяжению  $R_s$  и расчетные сопротивления арматуры сжатию  $R_{sc}$  для предельных состояний первой группы, а также расчетные сопротивления арматуры растяжению  $R_{s,ser}$  для предельных состояний второй группы необходимо принимать в соответствии с СП 63.13330.

10.2.9 Материалы и составы бетона необходимо выбирать таким образом, чтобы удовлетворялись все требования, предписанные для бетонной смеси и затвердевшего бетона, включая удобоукладываемость, плотность, тепловыделение, прочность, долговечность, защиту закладных деталей и металлической арматуры от коррозии, принимая во внимание технологию приготовления и доставки смеси на строительную площадку, используемые методы выполнения бетонных работ.

10.2.10 Требования к методам по обеспечению долговечности железобетонных конструкций следует определять по установленным нормируемым характеристикам бетона и предельным значениям для составов бетона в соответствии с ГОСТ 31384.

10.2.11 В качестве вяжущих для приготовления бетонов следует применять низкотермичные и низкоалюминатные цементы – портландцемент, портландцемент с минеральными добавками,



шлакопортландцемент и сульфатостойкий цемент по ГОСТ 10178, ГОСТ 30515, ГОСТ 31108 и ГОСТ 22266.

10.2.12 Для улучшения технологических свойств бетонной смеси и придания бетону заданных свойств следует использовать специальные добавки в соответствии с ГОСТ 31384.

10.2.13 Применение добавок к бетону не должно приводить к снижению физико-механических характеристик бетона, коррозии арматуры и закладных деталей, выделению токсичных и взрывоопасных газовых смесей, увеличению газовыделения (по водороду).

### **10.3 Основные расчетные положения**

10.3.1 Расчет железобетонных конструкций ОЧП по предельным состояниям следует производить по напряжениям и деформациям, вычисленным от внешних нагрузок в конструкциях и образуемых ими системах.

10.3.2 Расчеты НДС железобетонных конструкций следует производить по МКЭ как для пространственных статически неопределимых систем в соответствии с последовательностью изготовления.

10.3.3 В расчетах по предельным состояниям первой и второй групп напряжения и деформации в конструкциях необходимо определять в предположении упругой работы железобетонных элементов. Для выявления зон, в которых локальные напряжения могут превысить пределы упругости, следует выполнять локальные нелинейные расчеты по МКЭ на мелкой сетке. Для особых предельных состояний необходимо учитывать перераспределение напряжений и деформаций в элементах вследствие образования трещин и развития неупругих деформаций в бетоне и арматуре вплоть до возникновения предельного состояния в элементе.

10.3.4 При расчетах конструкций следует учитывать особенности свойств бетона и арматуры, влияния на них характера нагрузки и

окружающей среды, способов армирования, совместность работы арматуры и бетона (при наличии и отсутствии сцепления арматуры с бетоном), технологию изготовления железобетонных элементов.

10.3.5 Расчет постнапряженных конструкций следует производить с учетом начальных (предварительных) напряжений и деформаций в арматуре и бетоне, потерь постнапряжения и особенностей передачи предварительного напряжения на бетон.

10.3.6 При проектировании конструкций необходимо учитывать перепады давлений в отсеках ОЧП и временные потери этих перепадов в период эксплуатации.

10.3.7 Предельно допустимую ширину раскрытия трещин в железобетонных конструкциях следует назначать по СП 28.13330 в зависимости от степени опасности коррозионного повреждения применяемой арматурной стали в зависимости от степени агрессивности внешней среды.

Предельно допустимые ширины раскрытия трещин  $w_d$  следует принимать:

- для железобетонных конструкций с арматурой группы I по степени опасности коррозионного повреждения в зонах 1 и 2 –  $w_d < 0,3$  мм, в зоне 3 –  $w_d < 0,4$  мм;

- для железобетонных конструкций с арматурой группы II по степени опасности коррозионного повреждения в зонах 1, 2 и 3 –  $w_d < 0,2$  мм.

10.3.8 Для относительно непродолжительных стадий изготовления, транспортировки и установки ОЧП на место эксплуатации предельно допустимые ширины раскрытия трещин могут быть увеличены на 100%, но без превышения 0,6 мм.

## 11 Стальные конструкции

## 11.1 Общие положения

11.1.1 При проектировании стальных конструкций платформ или их отдельных частей необходимо учитывать соответствующие положения СП 16.13330 и дополнения, приведенные ниже.

11.1.2 Стальные конструкции платформ или их отдельных частей следует классифицировать как несущие, вторичные и третичные. Указания по классификации стальных конструкций приведены в табл. 2.

Таблица 2

### Классификация стальных конструкций

Несущие	Вторичные	Третичные
<ul style="list-style-type: none"> <li>- внешние стены, верхние и нижние плиты ОЧП;</li> <li>- внутренние стены ОЧП, участвующие в обеспечении общей прочности и плавучести;</li> <li>- юбки;</li> <li>- опоры палуб ВСП;</li> <li>- основные палубные фермы ВСП;</li> <li>- составные двутавровые балки ВСП;</li> <li>- промежуточные фермы ВСП;</li> <li>- соединения ферм ВСП;</li> <li>- подъемные крюки/цапфы;</li> <li>- опоры административно-бытовых помещений;</li> <li>- опоры вертолетной площадки;</li> <li>- рельсовые балки буровой установки;</li> <li>- опоры крана;</li> <li>- комплект оборудования вышки;</li> <li>- основание буровой установки;</li> <li>- факельная установка и ее основание;</li> <li>- опоры спасательных шлюпок.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- внутренние стены ОЧП, не участвующие в обеспечении общей прочности и плавучести;</li> <li>- поперечные палубные балки ВСП;</li> <li>- настил палуб ВСП;</li> <li>- местные элементы жесткости палуб ВСП;</li> <li>- опоры стрелы крана;</li> <li>- опоры для среднегабаритного оборудования;</li> <li>- тали и мостовые краны, проушины;</li> <li>- трубопроводные эстакады и составные трубные опоры;</li> <li>- опоры для установки/амортизаторы;</li> <li>- лестничные шахты</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- площадки ВСП, на которых не располагается оборудование;</li> <li>- решетчатый настил палуб ВСП;</li> <li>- переходы;</li> <li>- ограждения;</li> <li>- опоры трубопроводов и электропроводов;</li> <li>- комингсы палуб;</li> <li>- лестницы и лестничные клетки</li> </ul>

11.1.3 Защиту стальных конструкций платформ или их отдельных частей от коррозии следует обеспечивать методами первичной и вторичной защиты и специальными мерами в соответствии с СП 28.13330.

11.1.4 При проектировании стальных конструкций МСП или ее отдельных частей следует выделять три основные зоны, отличающиеся степенью агрессивного воздействия на стальные конструкции:

- зона 1 – наружная поверхность стальных конструкций, подвергающаяся воздействию брызг, расположенная над зоной воздействия льда и зоной переменного уровня воды;

- зона 2 (ледовый пояс) – наружная поверхность стальных конструкций, подвергающаяся абразивному воздействию льда;

- зона 3 – наружная поверхность стальных конструкций, расположенная ниже уровня абразивного воздействия льда, постоянно находящаяся под водой.

В зонах 1 и 2 среду необходимо считать сильноагрессивной, а в зоне 3 – среднеагрессивной.

11.1.5 При проектировании стальных конструкций платформ или их отдельных частей в зонах 1 и 2 не допускается:

- размещение элементов связей (распорок, раскосов, сварных швов);
- присоединение связей к опорам хомутами;
- размещение пролетных строений.

11.1.6 Для ледового пояса в зоне 2 следует предусматривать применение облицовок из плакированной стали с нержавеющей сталью для защиты от абразивного воздействия льда.

11.1.7 Ледовый пояс необходимо проектировать с учетом коррозионно-абразивного износа его внешней поверхности. Протяженность сварных стыков в зоне воздействия льда следует сводить к минимуму.

11.1.8 Конструктивные элементы и/или элементы стального ледового пояса, подверженные коррозии и/или ледовой абразии необходимо проектировать с учетом надбавки на коррозионный износ и/или на истирание поверхности льдом.

11.1.9 Для защиты от коррозии стальных конструкций платформ или их отдельных частей следует использовать катодную защиту с использованием «жертвенных» анодов, обеспечивающую защиту от коррозии всех стальных конструкций в течение планового срока службы платформ.

11.1.10 При проектировании катодной защиты следует учитывать то, что стальные конструкции ОЧП электрически соединяются с ВСП и трубопроводами, а также имеют электрические контакты с ненапрягаемой и напрягаемой арматурой в железобетонных конструкциях.

## **11.2 Материалы для стальных конструкций**

11.2.1 Для стальных конструкций платформ или их отдельных частей следует использовать фасонный (двутавры, швеллеры), листовой, широкополосный универсальный прокат с техническими требованиями по ГОСТ 27772, ГОСТ 14637, ГОСТ 535, сортовой прокат (круг, квадрат, полоса) по ГОСТ 535, электросварные трубы по ГОСТ 10705, а также другие материалы, имеющие сертификат соответствия установленной формы, при условии выполнения требований СП 16.13330 (приложение В) к механическим свойствам и химическому составу.

11.2.2 При проектировании стальных конструкций необходимо устанавливать нормируемые показатели качества стали, контролируемые на производстве в соответствии с ГОСТ 23118.

11.2.3 Нормативные пределы текучести  $R_{yn}$  стали проката и труб следует принимать не ниже:

- для несущих конструкций – 400 МПа;
- для вторичных конструкций – 280 МПа;

- для третичных конструкций – 220 МПа.

11.2.4 Применяемые сварочные материалы и технология сварки должны обеспечивать значение временного сопротивления металла шва не ниже нормативного значения предела текучести  $R_{yn}$  основного металла.

### **11.3 Основные расчетные положения**

11.3.1 Расчет стальных конструкций платформ или их отдельных частей по предельным состояниям следует производить по напряжениям и деформациям, вычисленным от внешних нагрузок в конструкциях и образуемых ими системах.

11.3.2 Расчеты напряженно-деформированного состояния стальных конструкций следует производить по МКЭ как пространственных статически неопределимых систем в соответствии с последовательностью изготовления.

11.3.3 В расчетах по предельным состояниям первой и второй групп напряжения и деформации в конструкциях необходимо определять в предположении упругой работы стальных элементов. Для выявления зон, в которых локальные напряжения могут превысить пределы упругости, следует выполнять локальные нелинейные расчеты по МКЭ на мелкой сетке. Для особых предельных состояний необходимо учитывать перераспределение напряжений и деформаций в элементах вследствие развития неупругих деформаций в металле вплоть до возникновения предельного состояния в элементе.

11.3.4 При проектировании сварных конструкций следует снижать вредное влияние остаточных деформаций и напряжений, в том числе сварочных, а также концентрации напряжений, предусматривая соответствующие конструктивные решения (с наиболее равномерным распределением напряжений в элементах и деталях, без входящих углов, резких перепадов сечения и других концентраторов напряжений) и технологические мероприятия (порядок сборки и сварки, предварительный

выгиб, механическую обработку соответствующих зон путем строжки, фрезерования, зачистки абразивным кругом и др.).

## **12 Фундаменты**

При проектировании фундаментов платформ необходимо учитывать соответствующие положения СП 58.13330, СП 23.13330 и СП 24.13330, а также дополнения, приведенные ниже.

### **12.1 Свайные фундаменты**

#### ***Принципы проектирования***

12.1.1 При проектировании фундаментов платформ из забивных стальных трубчатых свай с открытым нижним концом необходимо определять: диаметр свай, глубину их погружения, толщину стенки сваи, тип нижнего конца, расстояние между сваями, количество свай и схему их размещения, характер сопряжения с конструкцией, прочность материала, способ установки.

12.1.2 Для обоснования надежности конструкции сопряжения платформ с грунтовым основанием необходимо выполнять следующие расчеты:

- несущей способности грунтового основания;
- прочности материала свай и других элементов конструкции фундамента;
- осадок и перемещений свайного фундамента;
- деформаций свай (перемещений, углов поворота) совместно с грунтовым основанием от действия расчетных нагрузок;
- возможности разжижения несвязных грунтов при динамических нагрузках;
- возможности установки свай на проектную глубину.

Расчеты следует производить с учетом взаимного влияния свай в кусте, характера приложения нагрузки, способа установки свай, размывов морского дна вблизи опор и др.

### **Основные расчетные положения**

12.1.3 Одиночные сваи необходимо рассчитывать по несущей способности грунтового основания исходя из условия:

$$N \leq \frac{Q_r}{\gamma_k} \quad (12.1)$$

где  $Q_r$  – предельная несущая способность сваи на сжимающую нагрузку;  
 $N$  – продольное усилие в свае от действия нагрузок;  
 $\gamma_k$  – коэффициент надежности по свае, принимаемый равным:  
-  $\gamma_k = 1,25$  – для особого сочетания нагрузок;  
-  $\gamma_k = 1,4$  – для основного сочетания нагрузок.

Продольные усилия, возникающие в сваях от действия нагрузок, следует определять с учетом собственного веса свай и взвешивающего действия воды.

12.1.4 Предельную несущую способность свай на сжимающую нагрузку  $Q_r$  следует определять по формуле:

$$Q_r = Q_f + Q_p = fA_s + qA_p, \quad (12.2)$$

где  $Q_f$  – сопротивление по боковой поверхности сваи;  
 $Q_p$  – сопротивление по нижнему концу сваи;  
 $f$  – сопротивление на единицу площади боковой поверхности сваи;  
 $A_s$  – площадь боковой поверхности сваи;  
 $q$  – сопротивление на единицу площади брутто нижнего конца сваи;  
 $A_p$  – площадь брутто нижнего конца сваи.

Несущая способность нижнего конца сваи не должна превышать несущую способность внутренней грунтовой пробки.



12.1.5 Сопротивление по боковой поверхности свай в точках по длине сваи определяется по формуле:

- для связных грунтов

$$f = \alpha c_u, \quad (12.3)$$

где  $\alpha$  – безразмерный коэффициент,  $\alpha \leq 1,0$ ;

$c_u$  – недренированная прочность грунта на глубине рассматриваемой точки;

$$\alpha = 0,5\psi^{-0,5} \quad \text{при } \psi \leq 1,0;$$

$$\alpha = 0,5\psi^{-0,25} \quad \text{при } \psi > 1,0;$$

$$\psi = c_u / p'_0;$$

$p'_0$  – эффективное природное давление грунта в рассматриваемой точке;

- для несвязных грунтов

$$f = \beta p'_0, \quad (12.4)$$

где  $\beta$  – безразмерный коэффициент сопротивления грунта по боковой поверхности сваи, принимаемый по экспериментальным данным; при их отсутствии коэффициент  $\beta$  допускается принимать по табл. 3. Для свай, работающих с грунтовой пробкой как единое целое, значение  $\beta$  необходимо увеличивать на 25% по сравнению со значением, приведенным в табл. 3.

Примечание - Для длинных свай  $f$  не может неограниченно расти по линейному закону с ростом природного давления, как это следует из формулы (12.4). Поэтому величину  $f$  следует ограничить значениями  $f_{max}$ , приведенными в табл. 3.

Таблица 3

### Расчетные параметры для несвязных грунтов

Плотность	Тип грунта	Коэффициент сопротивления грунта по боковой	Предельные значения трения грунта по боковой	Коэффициент несущей способ-	Предельные значения сопротивления грунта под
-----------	------------	---	--	-----------------------------	--

		поверхности свай $\beta$	поверхности, $f_{max}$ , кПа	ности грунта $N_q$	нижним концом свай, $q_{max}$ , МПа
средней плотности	песок-ил	0,29	67	12	3
средней плотности плотный	песок песок-ил	0,37	81	20	5
плотный очень плотный	песок песок-ил	0,46	96	40	10
очень плотный	песок	0,56	115	50	12

Примечания – 1. Под понятием «песок – ил» подразумеваются грунты со значительным содержанием фракций песка и ила.  
2. Для рыхлых песков и песков-илов расчетные параметры для несвязных грунтов следует определять на основе результатов статического зондирования.

12.1.6 Сопротивление по нижнему концу свай следует определять по формулам:

- для связных грунтов

$$q = 9c_u, \quad (12.5)$$

- для несвязных грунтов

$$q = N_q p'_0, \quad (12.6)$$

где  $N_q$  – безразмерный коэффициент несущей способности грунта, определяемый по табл. 3.

Примечание - Для длинных свай  $q$  не может неограниченно расти по линейному закону с ростом природного давления, как это следует из формулы (12.6). Поэтому величину  $q$  следует ограничить значениями  $q_{max}$ , приведенными в табл. 3.

12.1.7 Предельная несущая способность свай на выдерживающую нагрузку не должна превышать полного сопротивления по боковой поверхности. Трение по боковой поверхности свай учитывается в соответствии с пунктом 12.1.5.

При определении выдергивающей нагрузки на сваю следует учитывать вес сваи с учетом взвешивания, а также вес грунтовой пробки, если результаты расчета показывают, что выдергивание будет происходить с захватом грунтовой пробки (при весе грунтовой пробки меньше силы трения пробки по внутренней поверхности сваи).

12.1.8 В случае близкого расположения соседних свай необходимо учитывать их взаимное влияние при определении несущей способности. Изменение несущей способности сваи в кусте по отношению к одиночной свае следует определять по расчету с уточнением на основе экспериментальных исследований. При этом необходимо учитывать то, что куст свай может работать как единое целое с частичным или полным захватом грунта, заключенного между сваями.

12.1.9 При проектировании свайных фундаментов необходимо учитывать уменьшение несущей способности свай за счет снижения прочностных характеристик грунта по длине свай под действием циклических и динамических нагрузок.

12.1.10 При проектировании свайных фундаментов необходимо учитывать совместные деформации грунтового основания и платформы по условию:

$$S \leq S_u, \quad (12.7)$$

где  $S$  – совместная деформация сваи, свайного фундамента и платформы (осадка, перемещение, угол поворота, относительная разность осадок свай, свайного фундамента и т.п.);

$S_u$  – предельное значение совместной деформации основания сваи, свайного фундамента и платформы, устанавливаемое по правилам технической эксплуатации технологического оборудования.

12.1.11 Расчеты свайных фундаментов следует выполнять путем математического моделирования системы «грунт – свая – конструкция». В

расчетах необходимо учитывать нелинейный характер поведения грунта, совместную работу свай и сопрягающих элементов конструкции ОЧП с грунтовым основанием.

12.1.12 При определении НДС свай при совместном действии нагрузок с учетом кривых нелинейного деформирования, отражающих мобилизацию сопротивления грунта по мере развития смещений, следует использовать графики зависимости «нагрузка – перемещение», полученные расчетными методами с уточнением на основе результатов натурных испытаний свай в аналогичных геологических условиях и лабораторных исследований грунта.

12.1.13 При совместном действии на сваи горизонтальной и вертикальной сил и моментов для оценки НДС одиночных свай и кустов свай следует применять расчеты по МКЭ.

12.1.14 При проектировании свайных фундаментов необходимо оценивать возможность забивки свай на проектную глубину с учетом поведения грунтов, применяемых свай и используемого сваебойного оборудования. При назначении толщин стенки свай и длин секций свайных фундаментов следует учитывать напряжения, возникающие в процессе забивки свай от статических и динамических нагрузок.

## **12.2 Фундаменты гравитационного типа**

### ***Принципы проектирования***

12.2.1 При проектировании фундаментов платформ гравитационного типа необходимо выполнять следующие расчеты:

- устойчивости (несущей способности) системы «платформа – основание»;
- вертикальных и горизонтальных перемещений и кренов платформ;
- напряжений, передаваемых от грунтового основания на юбку и днище ОЧП (результаты этих расчетов следует использовать при проектировании элементов подземного контура);

- недопущения отрыва подошвы ОЧП от грунтового основания;
- размывов грунтов дна вблизи платформ с разработкой соответствующих конструктивных мероприятий;
- разжижения примыкающего к подошве ОЧП песчаного слоя грунта при динамических нагрузках с разработкой соответствующих конструктивных мероприятий;
- установки платформ при вдавливании в грунтовое основание юбки.

12.2.2 При проектировании фундаментов платформ гравитационного типа необходимо обеспечивать:

- достаточную площадь опирания подошвы ОЧП;
- требуемую вертикальную нагрузку, передаваемую от платформы на грунтовое основание;
- требуемый коэффициент трения подошвы ОЧП по контакту с грунтовым основанием;
- оптимальные геометрические параметры юбки (ее периметр, высоту и площадь сечения);
- устройство вокруг ОЧП пригрузки в виде слоя камня с необходимой толщиной и гранулометрическим составом для предотвращения размывов и повышения устойчивости;
- дренирование основания;
- подбор конструкционных материалов требуемой прочности для всех элементов подземного контура.

#### ***Основные расчетные положения***

12.2.3 При проектировании платформ с юбкой следует учитывать необходимость вдавливания юбки в грунтовое основание на всю высоту юбки. Критерий обеспечения условий вдавливания имеет вид:

$$P \geq R_b, \quad (12.8)$$

где  $P$  – расчетная вертикальная сила, передаваемой от платформы или ее отдельных частей на грунтовое основание в момент установки;

$R_b$  – расчетная сила сопротивления грунта вдавливанию юбки, определяемая расчетными методами с учетом трения по боковой поверхности и сопротивления под нижним концом юбки на основе данных статического зондирования; при их отсутствии допускается использовать табл. 7.2 и 7.3 в СП 24.13330 с учетом повышающего коэффициента 2,0. Силы сопротивления грунта, полученные расчетными методами, необходимо уточнять на основе натуральных и лабораторных исследований путем вдавливания фрагментов ребристой конструкции в грунт основания на площадке предполагаемой установки платформ.

12.2.4 Для исключения опрокидывания платформ при больших эксцентриситетах в приложении нагрузок относительно центра подошвы ОЧП, при проектировании необходимо обеспечивать отсутствие отрыва части подошвы от основания. Критерий предельного эксцентриситета имеет вид:

$$e \leq e_{np}, \quad (12.9)$$

где  $e$  – эксцентриситет приложения равнодействующей силы от нагрузок (за исключением бокового давления грунта), действующих на платформы;

$e_{np}$  – предельно допустимое значение эксцентриситета равнодействующей силы от нагрузок относительно центра тяжести площади подошвы ОЧП; допускается принимать  $e_{np} = b/6$ , где  $b$  – размер подошвы ОЧП в направлении приложения сдвигающей силы.

12.2.5 Расчеты устойчивости (несущей способности) фундаментов гравитационного типа следует выполнять в соответствии с СП 23.13330. Целью расчетов несущей способности системы «платформа – основание» является определение коэффициента устойчивости  $k_s$ , показывающего во

сколько раз должны измениться те или иные условия, чтобы эти изменения стали причиной перехода системы в предельное состояние. В качестве таких изменяющихся условий могут использоваться величины удерживающих сил или моментов, а также внешних сил (или моментов).

12.2.6 Расчеты устойчивости (несущей способности) фундаментов гравитационного типа следует выполнять как инженерными методами, использующими различные допущения при определении сил предельного сопротивления, так и численными методами расчета, основанными на анализе НДС системы «платформа – основание» и численном моделировании разрушения. Выполнение условия обеспечения несущей способности оценивается путем анализа результатов расчетов по различным методам.

12.2.7 При расчете устойчивости (несущей способности) фундаментов платформ гравитационного типа инженерными методами следует рассматривать различные схемы разрушения согласно СП 23.13330. Типичными схемами разрушения грунтового основания платформ являются:

**схемы плоского сдвига**

- скольжение вдоль нижнего края юбки;
- скольжение по слабому слою ниже юбки;
- скольжение по подошве с локальным разрушением около краев юбки.

**схемы глубинного сдвига**

- глубинная потеря несущей способности грунта;
- глубинное разрушение в грунте, зависящее от равновесия моментов с центром вращения ниже или выше основания фундамента.

12.2.8 Для поверхностей сдвига, проходящих в пределах расположения юбки, потенциально опасной поверхностью сдвига является поверхность, проходящая на большей своей части по подошве ОЧП с образованием в пределах юбки с верховых сторон призм активного, а с низовых – пассивного давлений. При этом сила сопротивления  $R$  обуславливается суммой сил

сопротивления на участках поверхности сдвига, проходящих по подошве и суммой сил пассивного отпора  $E_{p,tw}$ , действующих в пределах юбки. Силы активного давления  $E_{a,hw}$ , действующие в пределах юбки, учитываются при определении сдвигающей силы  $F$ . Величины  $E_{a,hw}$  и  $E_{p,tw}$  определяются по СП 101.13330. При определении  $E_{a,hw}$  и  $E_{p,tw}$  следует учитывать неравномерность распределения напряжений, передаваемых от платформ на основание, но в том случае, если она понижает степень надежности системы «платформа – основание».

12.2.9 При численном моделировании разрушения в расчетах НДС системы следует пропорционально увеличивать действующие на платформу нагрузки. В таких расчетах свидетельствами наступления разрушения являются:

- резкий рост расчетных смещений платформы или отсутствие сходимости итерационного процесса;
- формирование пластической области (зоны, перешедшей в предельное состояние) в грунтовом основании, полностью отделяющей фундамент ОЧП от основания в результате слияния отдельных зон разрушения в единую область по мере роста сдвигающей нагрузки.

### **12.3 Защита дна от размывов**

12.3.1 При проектировании грунтового основания платформ следует оценивать возможность размывов грунтов дна вблизи платформ в соответствии с требованиями СП 38.13330.

12.3.2 Необходимость защиты дна от размывов следует определять расчетными методами с уточнением на основе исследований на участках с аналогичными грунтами, по данным натурных и лабораторных исследований.



### **Библиография**

[1] СП 11-103-97 Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства

[2] СП 11-114-2004 Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений

---

УДК 625(083.13)

ОКС 93.160

Ключевые слова: платформы морские стационарные, проектирование, расчет, опорная часть, верхнее строение

---

Руководитель организации-разработчика

ЗАО «ПРОМТРАНСНИИПРОЕКТ»

	Директор	В.А. Сидяков
Руководитель разработки	Зам. директора по науке	Л.А. Андреева
Исполнитель	Начальник отдела Комплексных исследований, стандартизации и логистического сопровождения проектов	И.П. Потапов

СОИСПОЛНИТЕЛЬ:

АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»

Руководитель организации-разработчика

И.о. первого заместителя  
генерального директора  
-научный руководитель

В.Б. Глаговский

Руководитель  
разработки

советник  
генерального директора

А.П. Пак

Ответственный исполнитель  
Главный специалист отдела «Шельф»

М. Е. Миронов