МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ **СП 369.1325800.2017**

ПЛАТФОРМЫ МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ

Правила проектирования

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2018

gost.e-ecolog.ru

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 14 декабря 2017 г. № 1670/пр и введен в действие с 15 июня 2018 г.

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
© Стандартинформ, оформление, 2018

Настоящий свод правил 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 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины, определения, обозначения и сокращения 3
4 Общие положения 5
4.1 Основные требования 5
4.2 Требования к исходным данным для проектирования 6
4.3 Методы проектирования 7
4.4 Учет условий места эксплуатации 7
4.5 Общие требования к изготовлению, транспортированию и установке 8
5 Основные требования к конструкциям 8
5.1 Общие положения 8
5.2 Железобетонные и сталежелезобетонные конструкции 9
5.3 Стальные конструкции 9
6 Основные расчетные положения 10
7 Нагрузки и их сочетания 10
7.1 Общие положения 10
7.2 Ветровые нагрузки 11
7.3 Нагрузки от волн и течений 11
7.4 Ледовые нагрузки 12
7.5 Гололедные и снеговые нагрузки 13
7.6 Сейсмические нагрузки 13
7.7 Нагрузки от верхнего строения платформ 14
7.8 Нагрузки от судов 14
7.9 Нагрузки от волн цунами 14
7.10 Сочетания нагрузок 14
8 Характеристика грунтового основания 14
9 Основной критерий проектирования 15
10 Железобетонные и сталежелезобетонные конструкции 16
10.1 Общие положения 16
10.2 Материалы для железобетонных и сталежелезобетонных конструкций 17
10.3 Основные расчетные положения 18
11 Стальные конструкции 18
11.1 Общие положения 18
11.2 Материалы для стальных конструкций 20
11.3 Основные расчетные положения 20
12 Фундаменты 20
12.1 Свайные фундаменты 20
12.2 Фундаменты гравитационного типа 23
12.3 Защита дна от размывов 25
Библиография 26

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.

Настоящий свод правил выполнен авторским коллективом АО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» (руководитель темы — канд. техн. наук *А.П. Пак*; д-р техн. наук *М.Е. Миронов*; д-р техн. наук *В.Б. Глаговский*; д-р физ.-мат. наук *В.И. Климович*; канд. техн. наук *С.М. Гинзбург*; канд. техн. наук *С.А. Соснина*; инженеры: *Л.Э. Беллендир, Т.Ю. Векшина, В.В. Мякишев, А.Е. Скворцова, О.А. Турчина*).

С В О Д П Р А В И Л

ПЛАТФОРМЫ МОРСКИЕ СТАЦИОНАРНЫЕ

Правила проектирования

Fixed offshore platforms. Design principles

Дата введения — 2018—06—15

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).

Настоящий свод правил предназначен для разработки проектов реконструкции, капитального ремонта и технического перевооружения эксплуатируемых платформ.

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

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

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

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

ГОСТ 5180—2015 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик

ГОСТ 5521—93 Прокат стальной для судостроения. Технические условия

ГОСТ 10705—80 Трубы стальные электросварные. Технические условия

ГОСТ 10178—85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия

ГОСТ 12071—2014 Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов

ГОСТ 12248—2010 Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости

ГОСТ 12536—2014 Грунты. Методы определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава

ГОСТ 14637—89 (ИСО 4995—78) Прокат толстолистовой из углеродистой стали обыкновенного качества. Технические условия

ГОСТ 20522—2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний

ГОСТ 22266—2013 Цементы сульфатостойкие. Технические условия

ГОСТ 22733—2002 Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности

ГОСТ 23118—2012 Конструкции стальные строительные. Общие технические условия

ГОСТ 25100—2011 Грунты. Классификация

ГОСТ 25192—2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования

ГОСТ 25584—1990 Грунты. Методы лабораторного определения коэффициента фильтрации

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

ГОСТ 27772—2015 Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия

ГОСТ 30416—2012 Грунты. Лабораторные испытания. Общие положения

Издание официальное

ГОСТ 30515—2013 Цементы. Общие технические условия

ГОСТ 31108—2016 Цементы общестроительные. Технические условия

ГОСТ 31384—2017 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования

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

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

ГОСТ Р 52927—2015 Прокат для судостроения из стали нормальной, повышенной и высокой прочности. Технические условия

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

ГОСТ Р 54483—2011 (ИСО 19900:2002) Нефтяная и газовая промышленность. Платформы морские для нефтегазодобычи. Общие требования

ГОСТ Р 55311—2012 Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Термины и определения

ГОСТ Р 56353—2015 Грунты. Методы лабораторного определения динамических свойств дисперсных грунтов

ГОСТ Р 57123—2016 (ИСО 19901-2:2004) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Проектирование с учетом сейсмических условий

ГОСТ Р 57148—2016 (ИСО 19901-1:2015) Нефтяная и газовая промышленность. Сооружения нефтегазопромысловые морские. Проектирование и эксплуатация с учетом гидрометеорологических условий

ГОСТ Р 57351—2016 Конструкции стальные строительные. Общие технические условия

СП 14.13330.2014 «СНиП II-7-81* Строительство в сейсмических районах» (с изменением № 1)

СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции» (с изменением № 1)

СП 20.13330.2016 «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 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии»

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

СП 41.13330.2012 «СНиП 2.06.08-87 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»

СП 47.13330.2016 «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, № 3)

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

СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования

ОК (МК (ИСО/ИНФКО МКС) 001-96) 001-2000 Общероссийский классификатор стандартов (ОКС)

Примечание — При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных документов 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 стандартов.

3 Термины, определения, обозначения и сокращения

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

3.1.1 **балластировка:** Заполнение отсеков платформы или ее опорной части твердыми или жидкими материалами для придания платформе устойчивости на грунтовом основании.

3.1.2 **буксировка:** Транспортирование находящегося на плаву объекта или его частей.

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 перекатка).

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

3.1.7 **комингс:** Конструкция из стальных листов или деревянных брусьев, ограждающая вырезы в палубах, переборках и бортах.

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 **максимальная высота волны:** Наибольшая (в среднем) высота в течение шторма.

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

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

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

3.1.15 **постнапряжение арматуры:** Применение технологии предварительного напряжения железобетонных конструкций путем натяжения на бетон пучков стальных тросов, уложенных в специальные каналы и установленных в теле конструкции.

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

3.1.17 **расчетный срок службы:** Планируемая продолжительность безотказного функционирования при условии правильной эксплуатации.

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

3.1.19 **сценарий ледового воздействия:** Совокупность факторов, характеризующих ледовые условия при определении ледового воздействия на платформу или ее отдельные части, в том числе в составе сочетаний нагрузок.

3.1.20 **территориальное море:** Морской пояс шириной 12 морских миль, расположенный вдоль берега, а также за пределами внутренних морских вод.

3.1.21 **транспортирование:** 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.

3.1.22 **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 **юбка**: Пересекающиеся стенки или конструкции, закрепленные в нижней плите опорной части платформы и погружаемые в грунт дна с целью увеличения устойчивости опорной части на действие сдвигающих нагрузок, а также для повышения защищенности от размывов дна под основанием платформы.

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

Примечание — *J*-трубу спускают с палубы платформы таким образом, чтобы она доходила и входила в криволинейный участок (колено) на морском дне.

3.2 Обозначения и сокращения

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

3.2.1 Коэффициенты надежности:

γ_f — по нагрузке;

γ_g — по грунту;

γ_k — по свае;

γ_m — по материалу;

γ_n — по ответственности сооружений.

3.2.2 Характеристики грунтов:

C_D — коэффициент сопротивления;

c_u — недренированная прочность;

I_D — природная степень плотности песчаных грунтов;

K_0 — коэффициент бокового давления в массиве;

OCR — коэффициент переуплотнения;

p'_0 — эффективное природное давление;

p'_c — давление предуплотнения;

v_p — скорость продольных волн;

v_{sh} — скорость поперечных волн со смещением в горизонтальной плоскости;

v_{sv} — скорость поперечных волн со смещением в вертикальной плоскости.

3.2.3 Геометрические характеристики, нагрузки и сопротивления:

A_n — площадь проекции единицы длины обтекаемого элемента;

A_p — площадь брутто нижнего конца сваи;

A_s — площадь боковой поверхности сваи;

c_u — недренированная прочность грунта;

D — диаметр основания платформы;

e — эксцентриситет приложения равнодействующей силы от нагрузок;

$E_{a,hw}$ — сила активного давления;

$E_{p,tw}$ — сила пассивного давления;

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

F — сдвигающая сила;

f — сопротивление на единицу площади боковой поверхности сваи;

f_l — частота пульсации нагрузок;

L — длина по оси элемента подводной части;

N — продольное усилие в свае от действия нагрузок;

N_q — безразмерный коэффициент несущей способности грунта;

P — расчетная вертикальная сила;

p'_0 — вертикальное напряжение;

q — сопротивление на единицу площади брутто нижнего конца сваи;

Q_r — предельная несущая способность сваи на сжимающую нагрузку;

R_b — расчетная сила сопротивления грунта вдавливанию юбки;

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

R_f — сопротивление по боковой поверхности сваи;

R_p — сопротивление по нижнему концу сваи;

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;

S — совместная деформация сваи;

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

V — проекция вектора скорости течения на плоскость;

w_d — допустимая ширина раскрытия трещин;

α — безразмерный коэффициент;

β — безразмерный коэффициент сопротивления грунта по боковой поверхности сваи;

ρ — плотность воды.

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;

ПЗ — проектное землетрясение;

РГЭ — расчетный грунтовый элемент;

СМР — сейсмическое микрорайонирование;

ТЭО — технико-экономическое обоснование.

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.

4.1.2 Платформы следует проектировать таким образом, чтобы была обеспечена их надежность при действии наиболее неблагоприятных основных и особых сочетаний нагрузок и воздействий. При этом необходимо рассматривать все этапы строительства и эксплуатации платформ.

4.1.3 Настоящий свод правил содержит положения и правила по проектированию морских стационарных платформ.

4.1.4 Для учета уровня ответственности платформы как строительного объекта, вне зависимости от конструкции и условий эксплуатации, согласно требованиям ГОСТ 27751 ее следует относить к классу КС-3. При использовании при проектировании платформы положений, относящихся к проектированию гидротехнических сооружений, ее следует дополнительно относить к I классу согласно требованиям СП 58.13330.

4.1.5 Расчетный срок службы платформ определен заданием на проектирование. При проектировании необходимо предусматривать проведение конструктивных мероприятий, обеспечивающих возможность вывода из эксплуатации платформ после окончания срока службы.

4.1.6 При проектировании следует учитывать все требования, предъявляемые к технологическому оборудованию платформ в течение всего расчетного срока службы, а также возможность их использования для бурения, производства, хранения продукции, размещения персонала.

4.1.7 Проектирование платформ необходимо осуществлять на основе результатов сравнения ТЭО вариантов конструктивных решений, анализа природных условий и имеющегося опыта применения платформ в аналогичных условиях.

4.1.8 При проектировании платформ необходимо учитывать долгосрочные изменения уровня воды, повторяемость штормов и обеспеченность характеристик волнения, толщины и прочности льда, скорости и направления течений в зависимости от глубины, температуры воздуха, распределения и характеристики грунтов дна.

4.1.9 Основными требованиями к платформам являются:

- техническая надежность, безопасность и долговечность платформ в соответствии с положениями ГОСТ 27751 и СП 58.13330, а именно:
- безотказная работа платформ или их отдельных частей, в том числе при изготовлении, транспортировании и установке на место и эксплуатации;
- экологическая безопасность 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;
- прочность, устойчивость и транспортабельность платформ или их отдельных частей, включая остойчивость и непотопляемость при буксировке на плаву и транспортировании на специализированном плавсредстве;
- использование в платформах долговечных, прочных и коррозионно-стойких конструкционных материалов с учетом повышенной агрессивности окружающей морской среды;
- технологичность изготовления платформ с применением современных технологий на базе существующих возможностей изготовления, транспортирования 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 ремонтопригодность с возможностью осуществления мониторинга состояния в течение расчетного срока службы. Мониторинг состояния платформ следует осуществлять в соответствии со специальным проектом натурных наблюдений, разрабатываемым в соответствии с СП 58.13330.

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, транспортирования, установки и эксплуатации платформ или их отдельных частей;
- расчетный 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 транспортирования платформ или их отдельных частей на место эксплуатации (на плаву, на специальных транспортно-монтажных судах, специальных понтонах, баржах или других плавучих средствах;
- условия (способы) установки платформ или их отдельных частей на место эксплуатации (путем балластировки, методом надвига, с помощью кранов;
- условия и параметры бурения и добычи полезных ископаемых.

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. Состав и объем изысканий необходимо отражать в программе инженерных изысканий, приведенной в [1], [2].

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

Результаты инженерных изысканий необходимо актуализировать (обновлять) при сроке давности их выполнения, превышающем пять лет.

4.2.4 Техническое обследование платформ или их отдельных частей следует проводить при сроке давности обследования, превышающем:

пять лет при категории технического состояния I (нормативное) или II (работоспособное);

два года при категории технического состояния III (ограниченно-работоспособное);

один год при категории технического состояния IV (предаварийное или аварийное).

По результатам ранее выполненных 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 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. 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 тех случаях, когда расчетные модели отсутствуют или нет возможности подтвердить достоверность получаемых результатов расчетов, проектирование должно основываться на результатах экспериментальных исследований.

4.3.3 При оценке результатов экспериментальных исследований необходимо учитывать следующие факторы:

- различие естественных условий при испытаниях и на месте изготовления, транспортирования и установки платформ или их отдельных частей;
- масштабные эффекты (при модельных испытаниях).

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, масштабных моделях таким образом, чтобы условия экспериментов были подобны условиям работы платформ или их отдельных частей (соблюдались критерии подобия).

4.3.6 Для оценки поведения платформ или их отдельных частей при действии ледовых и волновых нагрузок в сочетании с нагрузками, вызванными течениями и ветром, следует применять апробированные расчетно-теоретические методы на основе современных программно-вычислительных комплексов с их последующей верификацией (проверкой) по имеющимся данным экспериментальных и натурных наблюдений.

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 соблюдение 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 и газовых гидратов.

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. При недостаточном возвышении ВСП следует учитывать нагрузки от течений, волн и/или льда на ВСП или на части ВСП, взаимодействующих с волнами или со льдом.

4.4.6 Возвышения ВСП необходимо определять с учетом следующих основных параметров для расчетных и особых событий:

- глубины воды;
- возвышения гребней волн;
- характера взаимодействия конструкции и волн;
- возвышения нагромождений льда;
- начальные и долговременные осадки грунта и крены платформ;
- понижения уровня дна в связи с выработкой месторождений (оценку просадки дна в связи с выработкой месторождения допускается производить на предварительных стадиях проектирования на основе сопоставления с аналогами).

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

4.4.8 Участок дна на месте установки и эксплуатации платформ должен быть подготовлен в соответствии с требованиями к проектируемому сооружению. При реализации мероприятий по подготовке дна могут быть использованы соответствующие положения [4].

4.4.9 При проектировании платформ необходим учет толщины на коррозионный износ и износ от истирающего воздействия льда.

4.5 Общие требования к изготовлению, транспортированию и установке

4.5.1 Изготовление, транспортирование 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 транспортированию и установке платформ или их отдельных частей необходимо учитывать ограничения по минимальной осадке на акваториях, возможность появления льда и ледовых образований.

4.5.3 Требования к планированию и осуществлению морских операций, связанных с транспортированием и установкой платформ или их отдельных частей на место эксплуатации, приведены в [3], а также следует учитывать при этом требования 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 — это сооружения строительного профиля. При транспортировании на место эксплуатации или при перемещении для вывода из эксплуатации на плаву платформы и их отдельные части являются плавучими объектами.

5.1.2 При выборе конструкции платформ следует учитывать:

- необходимость размещения, крепления и защиты направлений, морских райзеров, *J*-труб, колодцев и резервуаров хранения;
- концепцию подготовки, хранения, отгрузки и транспорта продукции скважин;
- схему расположения энергетического и технологического оборудования и расстояния от источников опасности;
- возможность модернизации платформы;
- 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 следует предусматривать размещение внутри ОЧП необходимого 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;
- стали;
- сталежелезобетона.

В отдельных случаях при соответствующем обосновании допускается использовать сталебетонные конструкции платформ.

5.1.5 Выбор типа конструкции ОЧП следует производить, исходя из сопоставления ТЭО вариантов с учетом оптимального использования трудовых ресурсов, материалов, стимулирования энергосбережения, снижения стоимости строительства.

5.1.6 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, а также контролируемую балластировку при установке на морское дно.

5.2 Железобетонные и сталежелезобетонные конструкции

5.2.1 При проектировании ОЧП из железобетона и сталежелезобетона необходимо учитывать соответствующие требования СП 41.13330, СП 63.13330, СП 266.1325800.

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

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

- требуемую прочность, водонепроницаемость, морозостойкость, 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;
- защиту от коррозии и огнестойкость конструкций;
- технологичность и наименьшую трудоемкость изготовления, транспортирования 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.

5.2.4 При выборе конструктивных схем ОЧП из железобетона и сталежелезобетона следует учитывать возможность применения постнапряженных конструкций унифицированных размеров, позволяющих использовать инвентарную и скользящую опалубку.

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

- укладку бетона соответствующих марок по водонепроницаемости и морозостойкости согласно СП 28.13330 в наружных элементах ОЧП (особенно в зонах переменного уровня воды);
- применение поверхностно-активных добавок к бетону (воздухововлекающих, пластифицирующих и др.);
- устройство противофильтрационных 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.

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 природных 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, транспортирования 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 таким образом, 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 герметизированными.

6 Основные расчетные положения

6.1 Платформы в соответствии с ГОСТ 27751 и СП 58.13330 необходимо проектировать таким образом, чтобы они удовлетворяли следующим требованиям:

- противостояли всем нагрузкам для основных и особых сочетаний, возможным как при эксплуатации, так и при изготовлении, транспортировании и установке (первая группа предельных состояний);
- обеспечивали соответствующие эксплуатационные характеристики при всех расчетных значениях нагрузок для основных и особых сочетаний (вторая группа предельных состояний);
- не теряли конструктивной целостности из-за местных повреждений или затоплений при особых нагрузках (особые сочетания нагрузок и воздействий).

6.2 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.

6.3 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 оказывают 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 (оценка коррозионного износа приведена в [3]);
- деформации, 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.

6.4 Особые сочетания нагрузок и воздействий следует рассматривать для исключения полного разрушения, свободного дрейфа, опрокидывания или затопления платформ или их отдельных частей при особых нагрузках. Местные разрушения несущих конструкций не должны приводить к прогрессирующему обрушению сооружений.

Для особых сочетаний нагрузок и воздействий следует обеспечивать достаточность сопротивления несущих конструкций платформ с учетом местных повреждений от нагрузок, включающих особые нагрузки.

В расчетах следует учитывать только одну особую 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, СП 14.13330, ГОСТ Р 57123, ГОСТ Р 57148.

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

- нагрузки от буксировки платформ или их отдельных частей (приведены в [3] и [5]);
- нагрузки при транспортировании платформы и ее отдельных частей на специализированном плавсредстве;
- 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:

- монтажные нагрузки, возникающие при изготовлении платформ или их отдельных частей;
- нагрузки, возникающие при проверке 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 дрейфующих торосов и айсбергов или их частей.

Следует учитывать нагрузки, возникающие при бурении, и нагрузки, вызванные деформациями сооружений вследствие температурных изменений, относя их в категории временные длительные и кратковременные нагрузки в зависимости от их продолжительности.

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

- экстремальные, требующие учета нормативных нагрузок (например, для оценки устойчивости, прочности конструкции и грунтового основания на основе расчетов с использованием коэффициентов надежности);
- особые, требующие учета особых климатических нагрузок при рассмотрении особых сочетаний нагрузок.

7.1.4 По зоне воздействия нагрузки следует подразделять на глобальные (общие) и локальные (местные).

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

7.2 Ветровые нагрузки

7.2.1 Нормативные значения ветровых нагрузок на платформы или их отдельные части следует определять с учетом соответствующих положений раздела 11 СП 20.13330.2011.

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. Нормативные ветровые нагрузки определяют для характеристик ветра с повторяемостью один раз в 100 лет.

7.2.3 При воздействии ветра необходимо производить проверку динамической прочности конструкций с учетом возникновения вибраций из-за периодического срыва вихрей с соответствующими резонансными явлениями.

7.3 Нагрузки от волн и течений

7.3.1 Осредненную по времени нагрузку от течений F_D/L на единицу длины обтекаемого элемента подводной части платформы при отсутствии волн следует вычислять на основании соотношения

$$F_D / L = \frac{1}{2}\rho C_D V^2 A_n ,$$

где ρ — плотность воды, кг/м^3;

L — длина по оси элемента подводной части, м;

C_D — коэффициент сопротивления (C_D принимается равным: 1,05 — для цилиндрических элементов; 2,0 — для прямоугольных элементов при направлении потока, параллельном стороне элемента; 1,6 — для прямоугольных элементов при направлении потока под углом 45° к стороне элемента);

V — проекция вектора скорости течения на плоскость, ортогональную оси обтекаемого элемента, м/с;

A_n — площадь проекции единицы длины обтекаемого элемента подводной части платформы на плоскость, ортогональную направлению потока, $м^2/м$.

Сила F_D, Н, направлена по нормали к оси обтекаемого элемента в плоскости, в которой лежат ось элемента и вектор скорости течения. Суммарную нагрузку от течений определяют интегрированием нагрузок по элементам подводной части платформы.

7.3.2 При расчете площади A_n следует учитывать обрастание подводной части платформы на основе рассмотрения натурных данных по конструктивным аналогам.

7.3.3 Частоту пульсации нагрузок (из-за срыва вихрей) f_l, 1/с, для цилиндрической формы подводной части платформы вычисляют с помощью соотношения

$$f_l = V\,\mathrm{Sh} / D,$$

где Sh — число Струхаля (Sh = 0,2 при Re < 200000, Re — число Рейнольдса);

D — диаметр основания платформы, м.

7.3.4 Изменяющиеся во времени силы могут представлять опасность при условии, что их частота близка к собственной частоте колебаний сооружения. Поэтому при проектировании платформ необходимо обеспечить такое условие, чтобы собственная частота колебаний была значительно более частоты изменения вынуждающей силы, действующей на платформу и ее элементы.

7.3.5 Волновую нагрузку на платформу F_W, Н, определяют в соответствии с разделом 5 СП 38.13330.2012.

7.3.6 Для различных расчетных ситуаций необходимо определить:

- горизонтальные и вертикальные волновые силы и их моменты, действующие на подводную часть платформы;
- локальные волновые давления на поверхности конструкций и грунтовых оснований платформ в пределах призмы выпора грунта;
- возвышение волновой поверхности у платформы;
- волновые вертикальные фильтрационные нагрузки на подошвы платформ;
- местные размывы дна и волновые воздействия на конструкции защиты дна от размывов.

7.3.7 При проверке динамической прочности несущих конструкций и грунтового основания платформы с учетом циклического воздействия волн следует распределять волновые нагрузки по группам с различными высотами волн и определением количества волновых циклов, их длительности, амплитуд и частот циклической нагрузки.

7.3.8 При совместном воздействии волн и течения определение нагрузки на сооружение следует производить с помощью уравнения, приведенного в 7.3.1 при учете векторного сложения скоростей волнового движения и скорости течения.

7.3.9 Нормативные значения волновых нагрузок определяют в соответствии с СП 38.13330. Расчеты особых волновых нагрузок производят при штормах повторяемостью не реже одного раза в 100 лет и максимальной высоты волны.

7.3.10 Расчеты нормативных значений нагрузок от течений производят для характеристик течений с повторяемостью один раз в 100 лет.

7.4 Ледовые нагрузки

7.4.1 Нормативные значения ледовых нагрузок на платформы или их отдельные части необходимо определять с учетом соответствующих положений раздела 7 СП 38.13330.2012.

7.4.2 Ледовые нагрузки необходимо определять с учетом положения уровня воды, температуры воздуха, скорости ветра и течения. При этом следует принимать сочетания толщин и прочности льда, уровня воды, температуры воздуха, скорости ветра и течения в соответствии с заданной повторяемостью ледовых нагрузок. При определении ледовых нагрузок учитывать увеличение размера преграды за счет обмерзания опорной части платформы не требуется.

7.4.3 При обосновании необходимости к особым ледовым нагрузкам для арктических регионов следует относить нагрузки от ледовых образований для следующих основных случаев:

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

- прочности льда с годовой вероятностью 0,0001 (0,01 %-ной обеспеченности) в сочетании со средней многолетней толщиной ровного льда и средними многолетними параметрами для торосов для этого периода с осреднением по ширине преград (при условии возможности подвижек льда в этот период);
- характеристик айсбергов с годовой вероятностью воздействия 0,0001 (0,01 %-ной обеспеченности).

Эти ледовые нагрузки следует учитывать при рассмотрении особых сочетаний нагрузок.

7.4.4 Нормативные и особые ледовые нагрузки необходимо определять по детерминистической модели с учетом всех возможных сценариев ледового воздействия.

7.4.5 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.

7.5 Гололедные и снеговые нагрузки

7.5.1 Нормативные значения гололедных и снеговых нагрузок на платформы или их отдельные части следует определять с учетом соответствующих положений разделов 10, 12 СП 20.13330.2011.

7.5.2 При проектировании необходимо учитывать гололедные нагрузки от обледенения 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 таблице 1.

Таблица 1 — Значения толщины стенок гололеда и плотности льда на вертикальных необогреваемых поверхностях

Возвышение центра поверхности над средним уровнем моря, м	Толщина стенки гололеда от брызг, м	Плотность льда, т/м^3	Толщина стенки гололеда от осадков, м	Плотность льда, т/м^3
5—10	0,15	0,85	0,10	0,90
10—25	Уменьшается линейно от 0,15 до 0,00	0,85	0,10	0,90

7.6 Сейсмические нагрузки

7.6.1 Нормативные значения сейсмических нагрузок на платформы или их отдельные части необходимо определять с учетом соответствующих положений раздела 8 СП 14.13330.2014.

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

- нижний уровень — для ПЗ, действие которых платформы или их отдельные части должны воспринимать без угрозы для безопасности людей и с сохранением собственной ремонтопригодности. При этом допускаются остаточные смещения, деформации, трещины и иные повреждения, не приводящие к разрушению с катастрофическими последствиями и не нарушающие нормальную эксплуатацию платформы. Допускаемые повреждения, допускаемая ширина раскрытия трещин железобетонных конструкций или величина допускаемой деформации стальных элементов должны быть обоснованы по специальной методике;
- верхний уровень — для МРЗ, которые платформы или их отдельные части должны воспринимать без угрозы как собственного разрушения, так и повреждений, приводящих к выбросу в окружающую среду углеводородов. При этом допускаются 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 необходимо составлять сейсмотектоническую модель сейсмического района расположения платформ, включающую в себя карту и характеристики основных зон возможных очагов землетрясений, а 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 уточнять по результатам СМР. Для платформ исследования СМР следует выполнять инструментальными и расчетными методами, и при этом глубину слоя исследования сейсмических свойств грунта определяют, 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 следует производить по динамической теории в соответствии с СП 14.13330.

7.6.6 Расчеты платформ или их отдельных частей на сейсмические нагрузки уровня МРЗ следует производить по динамической теории в соответствии с СП 14.13330.

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

7.7 Нагрузки от верхнего строения платформ

Нормативные значения нагрузок от ВСП на ОЧП, включая нагрузки от собственного веса, людей, складируемых грузов и стационарного технологического и бурового оборудования, нагрузки, возникающие при бурении, снеговые и ветровые нагрузки и пр., необходимо устанавливать при проектировании ВСП с учетом соответствующих положений СП 20.13330.

7.8 Нагрузки от судов

7.8.1 Расчеты нагрузок от судов на платформу следует определять с учетом соответствующей повторяемости условий по ветру, течениям и волнам в соответствии с разделом 6 СП 38.13330.2012.

7.8.2 Рассмотрение аварийных (аномальных) нагрузок от удара судна при подходе к платформе следует производить в тех случаях, когда кинетическая энергия от навала судна, приводящая к деформациям платформы, превышает 11000 кДж при подходе судна носом или кормой или 14000 кДж при подходе судна бортом.

7.9 Нагрузки от волн цунами

7.9.1 Расчеты нагрузок от волн цунами приведены в [7].

7.9.2 Для сложных форм подводной части платформы нагрузки от волн цунами следует определять на основе физического моделирования в лабораторных условиях или численного моделирования с помощью современных программно-вычислительных комплексов.

7.9.3 Нормативные значения нагрузок от волн цунами принимаются при их повторяемости один раз в 100 лет; особые нагрузки от волн цунами принимаются при их повторяемости один раз в 1000 лет.

7.10 Сочетания нагрузок

7.10.1 Сочетания нагрузок на платформы 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.

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

8 Характеристика грунтового основания

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

8.2 Необходимые для проектирования характеристики грунтов и методы их определения должны быть указаны в программе полевых и/или лабораторных исследований, руководствуясь требованиями СП 23.13330.

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 23.13330, СП 47.13330, а также ГОСТ 5180, ГОСТ 12071, ГОСТ 12248, ГОСТ 12536, ГОСТ 22733, ГОСТ 25584, ГОСТ 30416 и ГОСТ Р 56353. Процедуры проведения лабораторных испытаний приведены в [2].

8.5 Нормативные и расчетные значения физических и статических механических параметров, определяемых лабораторными методами, следует устанавливать согласно СП 23.13330 и ГОСТ 20522 путем статистической обработки частных значений, полученных в одноименных опытах. Классификацию грунтов следует 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 согласно СП 23.13330. Данные статического зондирования приведены в [2].

8.7 В тех случаях, когда для определения одноименных характеристик грунтов использованы различные полевые и лабораторные методы, геотехническое обоснование расчетных значений для целей проектирования необходимо выполнять путем обобщения и анализа всех полученных согласно ГОСТ 20522 расчетных величин, с учетом данных статического зондирования, технических параметров сооружения и особенностей его взаимодействия с грунтовым основанием при различных расчетных ситуациях.

8.8 Определение прочностных и деформационных характеристик грунтов при динамических нагрузках необходимо выполнять с учетом 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 надежности по грунту γ_g, полученного для статических характеристик прочности.

8.11 Инженерно-геологическую и расчетную 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 Основной критерий проектирования

9.1 При расчетах платформ или их отдельных частей надлежит соблюдать условие, установленное в пункте 8.16 СП 58.13330.2012 и обеспечивающее недопущение наступления предельных состояний при основных и особых сочетаниях нагрузок, которое удовлетворяет условию

$$\gamma_{lc} F \le \frac{R}{\gamma_n}, \tag{9.1}$$

где γ_{lc} — коэффициент сочетания нагрузок, принимаемый согласно СП 58.13330;

F — расчетное значение обобщенного силового воздействия (сила, момент, напряжение), деформации или другого параметра, по которому производится оценка предельного состояния и определенное с учетом коэффициента надежности по нагрузке γ_f;

R — расчетное значение обобщенной несущей способности, деформации или другого параметра (при расчетах по первой группе предельных состояний — расчетное значение; при расчетах по

второй группе предельных состояний — нормативное значение), устанавливаемого нормами проектирования отдельных видов гидротехнических сооружений, определенное с учетом коэффициентов надежности по материалу γ_m или грунту γ_g и условий работы γ_c;

γ_n — коэффициент надежности по ответственности сооружения, принимаемый равным 1,25 — при расчетах по первой группе предельных состояний, 1,00 — при расчетах по первой группе предельных состояний.

9.2 При назначении коэффициентов сочетания нагрузок следует учитывать совместимость тех или иных нагрузок, в особенности для кратковременных ситуаций в период изготовления, транспортирования и установки платформ или их отдельных частей.

10 Железобетонные и сталежелезобетонные конструкции

10.1 Общие положения

10.1.1 При проектировании железобетонных и сталежелезобетонных конструкций ОЧП необходимо учитывать соответствующие положения СП 41.13330, 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 и сталежелезобетонные конструкции:

зона 1 — наружная поверхность железобетонных и сталежелезобетонных 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 и сталежелезобетонных конструкций, подвергающаяся воздействию переменного замораживания-оттаивания в условиях постоянного водонасыщения в результате воздействия волн, а также абразивному воздействию льда;

зона 3 — наружная поверхность железобетонных и сталежелезобетонных 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).

Если внутри платформы предусмотрено нефтехранилище, следует учитывать зону контакта внутренних железобетонных и сталежелезобетонных конструкций платформы с нефтью.

10.1.4 Для ледового пояса в зоне 2 следует рассматривать два варианта защиты железобетона и сталежелезобетона 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 различных износостойких материалов (например, плакированных листов стали с нержавеющим слоем) для защиты бетона от абразивного воздействия льда.

Окончательный вариант защиты железобетона и сталежелезобетона 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 Для преднапряженных железобетонных конструкций опорной части платформы толщину защитного слоя бетона для постнапряженной 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.

10.1.10 Следует учитывать опасность электрокоррозии железобетонных и сталежелезобетонных конструкций платформ от утечек, блуждающих токов, а также от электрических полей, возникающих при разломе льдов. Опасность коррозии блуждающими токами следует устанавливать по значениям потенциала «арматура—бетон» или по значениям плотности тока утечки с арматуры в соответствии с таблицей В.8 СП 28.133330.2017.

В соответствии с 5.7.4 СП 28.133330.2017 следует предусматривать защиту железобетонных и сталежелезобетонных конструкций платформ от электрокоррозии, а именно:

- ограничение токов утечки, выполняемое на источниках блуждающих токов;
- пассивную защиту;
- активную (электрохимическую) защиту, выполняемую на железобетонных конструкциях платформ, если пассивная защита невозможна или недостаточна.

Пассивная защита включает применение бетона марки по водонепроницаемости не ниже W6, бетона с повышенным электрическим сопротивлением, достигаемым за счет использования комплексных добавок пластифицирующего и уплотняющего действия, и другие способы в соответствии с 5.7.5 СП 28.133330.2017.

10.2 Материалы для железобетонных и сталежелезобетонных конструкций

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

10.2.2 При проектировании железобетонных и сталежелезобетонных 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 и сталежелезобетонных конструкций в соответствии с расчетом, учитывая при этом особенности воздействий и нагрузок.

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 принимают в соответствии с таблицей 6.8 СП 63.13330.2012.

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 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 класса А500С по ГОСТ Р 52544 диаметром от 6 до 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 принимают в соответствии с таблицей 6.7 СП 63.13330.2012.

10.2.9 Характеристики конструкционной стали для сталежелезобетона следует принимать согласно разделам 5, 6 СП 16.13330.2017.

10.2.10 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.

10.2.11 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.

10.2.12 Для конструкций зон 1 и 2 ОЧП (см. 10.1.3) следует применять низкотермичные и низкоалюминатные цементы: портландцементы ПЦ Д0 по ГОСТ 10178, ЦЕМ I по ГОСТ 31108; сульфатостойкий портландцемент ЦЕМ I СС по ГОСТ 22266. Для конструкций зоны 3 допускается также применять портландцемент с минеральными добавками, шлакопортландцемент по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108.

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

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

10.3.2 Для обоснования надежности и безопасности железобетонных и сталежелезобетонных конструкций платформ должны быть выполнены расчеты их напряженно-деформированного состояния на основе применения современных, главным образом численных, методов механики сплошной среды с учетом реальных свойств материалов и в соответствии с последовательностью изготовления.

10.3.3 Расчеты железобетонных и сталежелезобетонных элементов следует выполнять по предельным состояниям первой и второй групп в соответствии с требованиями СП 41.13330.

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. При расчетах сталежелезобетонных конструкций необходимо также учитывать особенности свойств стальных 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 и сталежелезобетонных конструкциях следует назначать по СП 28.13330 и СП 41.13330 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;
- группы II по степени опасности коррозионного повреждения в зонах 1, 2 и 3 — $w_d < 0,2$ 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. Особенности проектирования стальных конструкций платформ или их отдельных частей приведены в [5], [6].

11.1.2 Стальные конструкции платформ или их отдельных частей рекомендуется классифицировать как несущие, вторичные и третичные.

Несущие стальные конструкции — основные несущие конструкции и элементы, обеспечивающие общую прочность или работоспособность оборудования и механизмов, а также их живучесть, отказ которых может привести к обрушению и (или) полной непригодности эксплуатации сооружения в целом либо его значительной части.

Вторичные стальные конструкции — вспомогательные конструкции и элементы, отказ которых приводит к затруднению или временному прекращению нормальной эксплуатации сооружения.

Третичные стальные конструкции — вспомогательные конструкции и элементы, отказ которых снижает эксплуатационные качества сооружения, но не приводит к затруднению или временному прекращению нормальной эксплуатации или к снижению несущей способности других конструкций и элементов.

Указания по классификации стальных конструкций приведены в таблице 2.

Таблица 2 — Классификация стальных конструкций

Конструкция платформ или ее отдельных частей		
Несущая	Вторичная	Третичная
Внешние стены, верхние и нижние плиты ОЧП; - внутренние стены ОЧП, участвующие в обеспечении общей прочности и плавучести; - юбки; - опоры палуб ВСП; - основные палубные фермы ВСП; - составные двутавровые балки ВСП; - промежуточные фермы ВСП; - соединения ферм ВСП; - опоры крупногабаритного оборудования; - подъемные крюки/цапфы; - опоры административно-бытовых помещений; - опоры вертолетной площадки; - рельсовые балки буровой установки; - опоры крана; - комплект оборудования вышки; - основание буровой установки; - факельная установка и ее основание; - опоры спасательных шлюпок	Внутренние стены ОЧП, не участвующие в обеспечении общей прочности и плавучести; - поперечные палубные балки ВСП; - настил палуб ВСП; - местные элементы жесткости палуб ВСП; - опоры стрелы крана; - опоры для среднегабаритного оборудования; - трубопроводные эстакады и составные трубные опоры; - опоры для установки/амортизаторы; - лестничные шахты	Площадки ВСП, на которых не расположено оборудование; - решетчатый настил палуб ВСП; - переходы; - ограждения; - опоры трубо- и электропроводов; - комингсы палуб; - лестницы и лестничные клетки

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 ВСП 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, а также при отсутствии льда являющаяся зоной периодического смачивания;

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.

Если внутри платформы предусмотрено нефтехранилище, следует учитывать зону контакта внутренних стальных конструкций платформы с нефтью.

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

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

При необходимости допускается установка в зоне 2 ферменных опорных оснований.

11.1.6 Для ледового пояса в зоне 2 следует предусматривать применение облицовок из износостойких материалов (например, плакированной стали с нержавеющим слоем) для защиты от абразивного воздействия льда.

Вопрос применения облицовок из износостойких материалов следует решать в каждом случае применительно к местным условиям.

11.1.7 Ледовый пояс рекомендуется 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 в течение расчетного срока службы сооружения рекомендуется использовать катодную защиту наложенным током или с использованием «жертвенных» анодов, обеспечивающую защиту от коррозии всех стальных конструкций. Также возможно применение других способов защиты от коррозии в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице Ц.6 СП 28.13330.2017.

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, листовой, широкополосный универсальный прокат с техническими требованиями по ГОСТ 27772, ГОСТ 14637, ГОСТ 535, ГОСТ 5521, ГОСТ Р 52927; 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 ГОСТ Р 57351, приложения В СП 16.13330.2011 к механическим свойствам и химическому составу. Другие материалы, имеющие сертификат соответствия установленной формы, приведены в [5] и [6].

11.2.2 При проектировании стальных конструкций необходимо устанавливать нормируемые показатели качества стали, контролируемые на производстве в соответствии с нормативными документами, указанными в 11.2.1.

11.2.3 Марку стали следует назначать при проектировании в соответствии с расчетом при условии выполнения требований приложения В СП 16.13330.2017. Марку стали следует принимать не ниже:

С255 по ГОСТ 27772 — для несущих конструкций;

С245 по ГОСТ 27772 — для вторичных конструкций;

С235 по ГОСТ 27772 — для третичных конструкций.

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 Для обоснования надежности и безопасности стальных конструкций платформ должны быть выполнены расчеты их напряженно-деформированного состояния на основе применения современных, главным образом численных, методов механики сплошной среды с учетом реальных свойств материалов и в соответствии с последовательностью изготовления.

11.3.3 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 [7], необходимо учитывать соответствующие положения СП 58.13330, СП 23.13330

12.1 Свайные фундаменты

12.1.1 При проектировании свайных фундаментов платформ необходимо определять: диаметр свай, глубину их погружения, толщину стенки сваи, угол наклона, 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 и исследования:

- 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 в соответствии с СП 23.13330 и разделом 8;
- 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.

12.1.3 Несущую способность одиночной сваи по грунту основания следует определять исходя из требований 9.1, принимая коэффициент условий работы $\gamma c = 0{,}85$.

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

12.1.4 Несущую способность забивной стальной трубчатой сваи, погружаемой с открытым нижним концом, следует определять по результатам статических испытаний в соответствии с требованиями раздела 7 СП 24.13330.2011, либо расчетом согласно методике, изложенной в 12.1.5—12.1.8.

12.1.5 Предельную несущую способность свай на сжимающую нагрузку R следует вычислять по формуле

$$R = R_f + R_p = fA_s + qA_p, \tag{12.1}$$

где R_f — сопротивление по боковой поверхности сваи;

R_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.

Для свай с открытым нижним концом несущая способность нижнего конца R не должна превышать суммы сил трения по внутренней боковой поверхности и сопротивления под нижним концом сваи по площади нетто.

12.1.6 Сопротивление по боковой поверхности свай в точках по длине сваи вычисляют по формулам:

- для связных грунтов

$$f = \alpha c_u, \tag{12.2}$$

где α — безразмерный коэффициент, $\alpha \le 1{,}0$;

c_u — недренированная прочность грунта на глубине рассматриваемой точки;

$$\alpha = 0{,}5\Psi^{-0{,}5} \text{ при } \Psi \le 1{,}0;$$

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

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

p'_0 — вертикальное напряжение в рассматриваемой точке от давления вышележащих слоев грунта (с учетом взвешивающего действия воды);

- для несвязных грунтов

$$f = \beta p'_0, \tag{12.3}$$

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

Примечание — Для длинных свай f не может неограниченно расти по линейному закону с ростом природного давления, как это следует из формулы (12.3). Поэтому величину f следует ограничить значениями f_{max}, приведенными в таблице 3.

12.1.7 Сопротивление по нижнему концу свай следует вычислять по формулам:

- для связных грунтов

$$q = 9c_u; \quad (12.4)$$

- для несвязных грунтов

$$q = N_q p'_0, \quad (12.5)$$

где N_q — безразмерный коэффициент несущей способности грунта, определяемый по таблице 3.

Примечание — Для длинных свай q не может неограниченно расти по линейному закону с ростом природного давления, как это следует из формулы (12.5). Поэтому величину q следует ограничить значениями q_{max}, приведенными в таблице 3.

Таблица 3 — Расчетные параметры для несвязных грунтов

Тип грунта	Степень плотности I_D, д.е	Коэффициент сопротивления грунта по боковой поверхности сваи β	Предельное значение трения грунта по боковой поверхности, f_{max}, кПа	Коэффициент несущей способности грунта N_q	Предельное значение сопротивления грунта под нижним концом сваи, q_{max}, МПа
Пылеватый песок	0,35—0,65	0,29	67	12	3
Песок	0,35—0,65	0,37	81	20	5
Пылеватый песок	0,65—0,85				
Песок	0,65—0,85	0,46	96	40	10
Пылеватый песок	0,85—1,00				
Песок	0,85—1,00	0,56	115	50	12
Примечание — Для рыхлых песков и рыхлых пылеватых песков расчетные параметры для несвязных грунтов следует определять на основе результатов статического зондирования.					

12.1.8 Предельная несущая способность свай на выдергивающую нагрузку не должна превышать полного сопротивления по боковой поверхности. Трение по боковой поверхности сваи учитывается в соответствии с пунктом 12.1.6.

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 менее силы трения пробки по внутренней поверхности сваи).

12.1.9 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, что куст свай может работать как единое целое с частичным или полным захватом грунта, заключенного между сваями.

12.1.10 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.

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

$$S \le S_u, \quad (12.6)$$

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.

12.1.12 Расчеты напряженно-деформированного состояния свайных фундаментов при совместном действии вертикальных, горизонтальных сил и изгибающего момента 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.

12.1.13 При определении НДС свай при совместном действии нагрузок на основе 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.

12.1.14 При проектировании свайных фундаментов необходимо оценивать возможность забивки свай на проектную глубину с учетом характеристик 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.

Оценить возможность погружения свай и напряжения в процессе забивки можно, применяя современные программные комплексы, основанные на использовании закона распространения одномерной упругой волны напряжения в свае, с учетом параметров, характеризующих поведение грунтов, сваи, подушек и подкладок сваи и молота.

12.2 Фундаменты гравитационного типа

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 Требования 12.2.1 могут быть достигнуты благодаря следующим мероприятиям и условиям:

- обеспечение достаточной площади опирания подошвы ОЧП;
- обеспечение достаточной вертикальной нагрузки, передаваемой от платформы на грунтовое основание;
- обеспечение требуемого коэффициента трения подошвы ОЧП по контакту с грунтовым основанием;
- подбор оптимальных геометрических параметров юбки (ее периметр, высоту и площадь сечения);
- устройство вокруг ОЧП пригрузки (например, 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 и др.

12.2.3 При проектировании платформ с юбкой следует учитывать необходимость вдавливания юбки в грунтовое основание на всю высоту юбки. Критерий обеспечения условий вдавливания вычисляют по формуле

$$P \geq \gamma_R \cdot R_b, \tag{12.7}$$

где P — расчетная вертикальная сила, передаваемая от платформы или ее отдельных частей на грунтовое основание в момент установки;

γ_R — коэффициент надежности. γ_R = 1,25 — при определении сопротивления грунта вдавливанию R_b на основе данных статического зондирования; γ_R = 2,00 — при определении R_b на основе СП 24.13330;

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 таблицы 7.2 и 7.3 СП 24.13330.2011.

Силы сопротивления грунта, полученные расчетными методами, необходимо уточнять на основе натурных 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 вычисляют по формуле

$$e \le e_{пр}, \qquad (12.8)$$

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

$e_{пр}$ — предельно допустимое значение эксцентриситета равнодействующей силы от нагрузок относительно центра тяжести площади подошвы ОЧП; допускается принимать $e_{пр} = b/6$, 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). Минимально допустимую величину коэффициента устойчивости определяют исходя из условий (9.1).

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 оценивают 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:

а) схемы плоского сдвига:

1) скольжение вдоль нижнего края юбки,

2) скольжение по слабому слою ниже юбки,

3) скольжение по подошве с локальным разрушением около краев юбки;

б) схемы глубинного и смешанного сдвига:

1) потеря несущей способности грунта, глубинная или смешанная, включающая поверхностную и глубинную части,

2) 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 давления, а с низовых — пассивного давления. При этом сила сопротивления R обусловлена 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, учитывают при определении сдвигающей силы F. Величины $E_{a,hw}$ и $E_{p,tw}$ определяют по СП 101.13330.2012. 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 пошагово пропорционально увеличивать все внешние нагрузки, действующие на платформу. 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 Необходимость устройства защиты дна вблизи платформ от размыва под воздействием волн и течений следует определять в соответствии с разделом 5 СП 38.13330.2012.

12.3.2 В качестве характерной крупности для несвязных грунтов, слагающих дно, следует выбирать средний диаметр частиц грунта. Для связных грунтов в качестве характерной крупности следует выбирать средний приведенный диаметр агрегатов (отрывающихся отдельностей), при отсутствии данных характерную крупность отдельностей следует принять 4 мм.

12.3.3 Проектирование защиты дна от размыва следует проводить для условий штормов повторяемостью не чаще одного раза в 100 лет с учетом различных сочетаний с течениями повторяемостью не реже одного раза в 10 лет. В качестве защиты от размыва дна вблизи основания платформы следует использовать наброску из камня.

12.3.4 При использовании в качестве защиты от размыва дна наброски из камня выбор крупности защитного слоя наброски следует проводить в соответствии с разделом 5 СП 38.13330.2012.

12.3.5 Крупность и гранулометрический состав подстилающих слоев, а также толщина этих слоев приведены в [2].

12.3.6 Предварительный выбор плановых линейных размеров защиты от размыва следует выполнять на основе известных аналогов. Высоту защитного слоя следует выбирать в диапазоне от двух до четырех средних диаметров камня защитного слоя.

12.3.7 Выбранную конструкцию защиты от размыва дна вблизи основания платформы следует проверять и дорабатывать на основе физического моделирования в лабораторных условиях. При проведении экспериментальных исследований защиты от размыва дна вблизи платформ необходимо обеспечить воспроизведение при экспериментальных исследованиях нерегулярного волнения с заданным спектром, правильный учет масштабных явлений.

12.3.8 Следует проводить экспериментальные исследования защиты от размывов для всех этапов ее возведения с целью определения возможных деформаций при соответствующих расчетных условиях.

12.3.9 Следует разрабатывать критерии состояния защиты дна от размывов и требования по проведению периодических обследований ее состояния, а также своевременных ремонтных работ для поддержания ее работоспособного состояния.

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

[3] НД 2-090601-006 Правила разработки и проведения морских операций

[4] НД 2-020201-013 Правила классификации, постройки и оборудования плавучих буровых установок и морских стационарных платформ

[5] НД 2-020101-082 Правила классификации и постройки морских судов. Том 1

[6] НД 2-020101-082 Правила классификации и постройки морских судов. Том 2

[7] РД 31.33.07-86 Руководство по расчету воздействия волн цунами на портовые сооружения, акватории и территории. Рекомендации для проектирования

УДК 625(083.13) ОКС 93.160

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

Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Е.О. Асташина*

Сдано в набор 02.08.2018. Подписано в печать 09.08.2018. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,37.
Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 123001 Москва, Гранатный пер., 4.

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

gost.e-ecolog.ru