МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(МИНСТРОЙ РОССИИ)

ПРИКАЗ

от "23" октября 2017 г. № 1462/пр

Москва

Об утверждении свода правил «Конструкции железобетонные и бетонные градирен. Правила проектирования»

В соответствии с Правилами разработки, утверждения, опубликования, изменения и отмены сводов правил, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2016 г. № 624, подпунктом 5.2.9 пункта 5 Положения о Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. № 1038, пунктом 111 Плана разработки и утверждения сводов правил и актуализации ранее утвержденных строительных норм и правил, сводов правил на 2016 г. и плановый период до 2017 г., утвержденного приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 3 марта 2016 г. № 128/пр, **п р и к а з ы в а ю:**

1. Утвердить и ввести в действие через 6 месяцев со дня издания настоящего приказа прилагаемый свод правил «Конструкции железобетонные и бетонные градирен. Правила проектирования».

2. Департаменту градостроительной деятельности и архитектуры:

а) в течение 15 дней со дня издания приказа направить утвержденный свод правил «Конструкции железобетонные и бетонные градирен. Правила проектирования» на регистрацию в национальный орган Российской Федерации по стандартизации;

б) обеспечить опубликование на официальном сайте Минстроя России в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» текста утвержденного свода правил «Конструкции железобетонные и бетонные градирен. Правила проектирования» в электронно-цифровой форме

gost.e-ecolog.ru

в течение 10 дней со дня регистрации свода правил национальным органом Российской Федерации по стандартизации.

3. Контроль за исполнением настоящего приказа возложить на заместителя Министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации Х.Д. Мавлиярова.

Министр М.А. Мень

УТВЕРЖДЕН
приказом Министерства строительства и
жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации
от «23» октября 2017 г. № 1462/пр

КОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И БЕТОННЫЕ

ГРАДИРЕН. ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Издание официальное

Москва 2017

МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬСТВА
И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

СВОД ПРАВИЛ

СП 346.1325800.2017

КОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И БЕТОННЫЕ ГРАДИРЕН ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Издание официальное

РОССТАНДАРТ
ФГУП
«СТАНДАРТИНФОРМ»
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ
ФОНД СТАНДАРТОВ

Дата регистрации 27 марта 2018 г.

Москва 2017

В НАБОР

Содержание

1 Область применения
2 Нормативные ссылки
3 Термины и определения
4 Основные положения
4.1 Общие указания
5 Технологическое проектирование
5.1 Основные исходные данные для проектирования
5.2 Технологические расчеты
6 Строительное проектирование
6.1 Подземные конструкции
6.2 Гидроизоляция подземных конструкций
6.3 Вытяжная башня
6.4 Строительные конструкции водоохладительного устройства
6.5 Зонирование железобетонных конструкций градирен
6.6 Требования к бетону
6.7 Требования к арматуре
6.8 Классы сред эксплуатации
6.9 Требования к обеспечению антикоррозионной защиты и поверхности бетонных конструкций
6.10 Обеспечение долговечности строительных конструкций
6.11 Минимальная толщина защитного слоя
6.12 Допускаемые отклонения конструкций
6.13 Молниезащита и заземление
6.14 Светоограждение и цветомаркировка
7 Основные требования к расчету конструктивных систем градирен
7.1 Общие положения
8 Расчеты строительных конструкций градирни
8.1 Расчет методом конечных элементов
8.2 Состав расчетных нагрузок и воздействий
8.2.1 Общие положения
8.2.2 Постоянные нагрузки
8.2.3 Длительные нагрузки
8.2.4 Кратковременные нагрузки

В НАБОР

8.2.5 Сейсмическое воздействие.....

8.3 Расчетные сочетания нагрузок и воздействий при расчете по предельным состояниям.....

8.4 Нормативные и расчетные значения характеристик бетона.....

Приложение А Основные буквенные обозначения .....

Приложение Б Безопасность и эксплуатационная пригодность строительных конструкций и основания градирни. Основные положения.....

Приложение В Требования к устройству защитных покрытий бетона.....

Приложение Г Температурные и влажностные воздействия на оболочку башни градирни.....

Приложение Д Ветровая нагрузка на оболочку башни градирни.....

Библиография.....

В НАБОР

Введение

Настоящий свод правил подготовлен с целью повышения уровня безопасности людей в зданиях и сооружениях и сохранности материальных ценностей в соответствии с Федеральным законом от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», с учетом требований Федерального закона от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Работа выполнена авторским коллективом АО «НИЦ «Строительство» – НИИЖБ им. А.А. Гвоздева (руководитель работы – канд. техн. наук *М.Я. Якобсон*, канд. техн. наук *Б.С. Соколов*, *А.С. Введенская*, *А.А. Кузнецова*), ОАО «СПбАЭП» (канд. техн. наук *М.Р. Пресман*).

В НАБОР

СВОД ПРАВИЛ

КОНСТРУКЦИИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И БЕТОННЫЕ ГРАДИРЕН ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Reinforced concrete and concrete structures of cooling towers. Design rules

Дата введения 2018–04–24

1 Область применения

Свод правил устанавливает требования к проектированию железобетонных градирен и распространяется на работы по проектированию испарительных градирен с вытяжными башнями из монолитного железобетона и вентиляторных градирен из сборного и монолитного железобетона, относящихся к классу сооружений КС-2, КС-3 по ГОСТ 27751.

Свод правил не распространяется на проектирование сооружений, предназначенных для строительства в сейсмических районах, в Северной строительно-климатической зоне, в районах распространения просадочных, набухающих и слабых по физико-механическим свойствам грунтов без соблюдения дополнительных требований, предъявляемых к таким сооружениям соответствующими нормативными документами.

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 9.045–75 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Ускоренные методы определения стойкости

ГОСТ 9.050–75 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Методы лабораторных испытаний на устойчивость к воздействию плесневых грибов

ГОСТ 9.401–91 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов

ГОСТ 9.403–80 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Методы испытаний на стойкость к статическому воздействию жидкостей

ГОСТ 5686–2012 Грунты. Методы полевых испытаний сваями

ГОСТ 19804–2012 Сваи железобетонные заводского изготовления. Общие технические условия

ГОСТ 23120–78 Лестницы маршевые, площадки и ограждения стальные. Технические условия

ГОСТ 24211 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия

ГОСТ 26633–2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия

ГОСТ 27037–86 Материалы лакокрасочные. Метод определения устойчивости к воздействию переменных температур

ГОСТ 27751–2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Общие положения

ГОСТ 28574–2014 Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий

ГОСТ 28575–2014 Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Испытания паропроницаемости защитных покрытий

Издание официальное

В НАБОР 1

ГОСТ 31383–2008 Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний

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

ГОСТ 31993–2013 (ИСО 2808:2007) Материалы лакокрасочные. Определение толщины покрытия

ГОСТ 32016–2012 Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Общие требования

ГОСТ 32017–2012 Материалы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к системам защиты бетона при ремонте

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

СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия»

СП 22.13330.2016 «СНиП 2.02.01-83 Основания зданий и сооружений»

СП 24.13330.2011 «СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты» (с изменением № 1)

СП 27.13330.2017 «СНиП 2.03.04-84 Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур»

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

СП 31.13330.2012 «СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» (с изменениями № 1, № 2)

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 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий»

СП 58.13330.2012 «СНиП 33-01-2003 Гидротехнические сооружения. Основные положения» (с изменением № 1)

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

СП 70.13330.2012 «СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции» (с изменением № 1)

СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99 Строительная климатология» (с изменением № 2)

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 и определения

В настоящем своде правил применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **башенная градирня:** Вид градирни, в которой требуемое для охлаждения воды количество воздуха обеспечивается естественной тягой, создаваемой за счет высоты вытяжной башни и разности плотностей воздуха, находящегося внутри и снаружи башни градирни; она называется также градирней с естественной тягой.

В НАБОР

3.2 **ветровые перегородки:** Вертикальные стенки, расположенные в подоросительном пространстве (между оросителем и водой в бассейне) и служащие для предупреждения сквозного продувания ветром через воздуховходные окна и формирования правильного воздушного потока внутри градирни.

3.3 **вентиляторная градирня:** Вид градирни, через которую воздух прокачивается нагнетательными или отсасывающими вентиляторами.

3.4 **водоохладительное устройство:** Устройство, которое включает в себя несущий каркас, систему водораспределения, оросительное устройство, водоуловительное устройство, ветровые и разделительные перегородки.

3.5 **водораспределительная система:** Система, предназначенная для распределения охлаждаемой воды по поверхности оросителя градирни, состоящая из подводящих трубопроводов или каналов горячей воды, вертикальных стояков (стальные или железобетонные) для подъема воды на отметку водораспределения, магистральных трубопроводов или каналов для подвода воды во все зоны орошения, рабочих трубопроводов, распределяющих воду по всей площади орошения, разбрызгивающих сопел на рабочих трубопроводах.

Примечание – В систему водораспределения могут входить трубопроводы зимнего обогрева, лотки и каналы для сбора воды для градирен с поднятой водосборной системой.

3.6 **водосборный бассейн:** Резервуар, предназначенный для сбора охлажденной воды.

3.7 **водоуловитель (каплеуловитель):** Технологическое оборудование градирни, служащее для уменьшения уноса из градирен.

3.8 **воздуховходное окно:** Открытая нижняя часть градирни, через которую в нее поступает воздух.

3.9 **высота зоны охлаждения:** Степень приближения температуры охлажденной воды к теоретическому пределу охлаждения.

3.10 **гидравлическая нагрузка:** Значение расхода воды, поступающей в градирню.

3.11 **градирня:** Сооружение для охлаждения воды в оборотных и комбинированных системах водоснабжения.

3.12 **зимняя установка:** Технологическое оборудование градирни, применяемое в зимний период, предназначенное для образования в воздуховходном окне градирни завесы, состоящей из свободных потоков теплой воды.

3.13 **зона охлаждения:** Разница между температурой нагретой воды, подаваемой на градирню, и температурой воды, охлажденной в градирне.

3.14 **испарительная градирня:** Градирня, в которой охлаждение воды осуществляется за счет испарения и непосредственного контакта воды с воздухом.

3.15 **капельный унос:** Охлажденная вода, выносимая воздухом в виде капель за выходное сечение градирни.

3.16 **оборотная вода:** Вода, подаваемая в градирню для охлаждения по замкнутому циклу от конденсаторов турбин и других теплообменников вспомогательного оборудования.

3.17 **опорный каркас водоохладительного устройства:** Опорная конструкция оросителя, системы водораспределения и водоуловителя (каплеуловителя).

3.18 **ороситель:** Технологическое оборудование градирни, смонтированное из сетчатых элементов или листов в обтекаемые блоки различной формы, установленное в градирне с целью интенсификации теплообмена между водой и воздухом.

3.19 **подводящие водоводы:** Напорные трубопроводы или каналы, подающие нагретую воду в водораспределительную систему.

3.20 **подпиточная вода:** Вода, введенная в циркуляционную охлаждающую систему с целью покрытия потерь воды, вызванных испарением, уносом, продувкой.

3.21 **продувка:** Выведение из циркуляционной системы потока охлаждающей воды для регулирования концентрации соли или других загрязнений в охлаждающей воде.

В НАБОР

3.22 **разбрызгивающее устройство:** устройство, являющееся частью водораспределительной системы, предназначенное для создания капельного потока воды над оросительным устройством.

3.23 **температура охлажденной воды:** Средняя температура воды, вытекающей из бассейна градирни, перед введением добавочной воды.

3.24 **тепловая нагрузка:** Количество тепла, подаваемого в градирню от конденсаторов турбин и других теплообменников вспомогательного оборудования в единицу времени.

3.25 **технологическое оборудование:** Оборудование градирни, обеспечивающее ее функционирование в качестве устройства для охлаждения воды.

3.26 **воздухорегулирующее устройство:** Устройство перед воздуховходными окнами для ограничения поступления в градирню холодного воздуха в зимнее время года.

3.27 **пандус водосборного бассейна:** Конструкция, обеспечивающая доступ техники в водосборный бассейн для монтажа, ремонта и удаления донных отложений.

3.28 **плотность орошения:** Отношение гидравлической нагрузки к площади орошения.

3.29 **площадь орошения:** Площадь поверхности оросителя на его верхней отметке.

3.30 **разделительные перегородки:** Перегородки, разделяющие градирню на независимо отключаемые секции и расположенные по высоте градирни от низа оросительного устройства до водораспределительного устройства, включая высоту факела разбрызгивания разбрызгивающих устройств.

3.31 **расчетные номограммы (кривые охлаждения):** Графики зависимости температуры охлажденной воды от значений параметров атмосферного воздуха, тепловой и гидравлической нагрузок, подаваемых на градирню.

3.32 **установка непосредственного сброса (байпас):** Технологическое оборудование градирни, предназначенное для направления всего потока (или его части) охлаждаемой воды непосредственно в водосборный бассейн градирни, минуя водораспределительную систему.

4 Основные положения

4.1 Общие указания

4.1.1 Проектные решения при сооружении градирен должны обеспечивать надежность, эксплуатационную пригодность градирен в течение проектного срока службы, установленного в техническом задании (ТЗ) заказчика проекта градирни.

4.1.2 Градирни с железобетонными вытяжными башнями следует проектировать и сооружать в районах с расчетной средней температурой наиболее холодной пятидневки не ниже минус 30 °С. Вентиляторные градирни следует проектировать и сооружать в районах с расчетной средней температурой наиболее холодной пятидневки не ниже минус 40 °С.

Градирни следует применять в зонах сейсмического воздействия до 8 баллов по шкале МСК-64 с учетом требований СП 20.13330.

В соответствии с СП 58.13330 градирня является гидротехническим сооружением.

При разработке проектов градирен следует руководствоваться требованиями СП 31.13330 и СП 41.13330.

Проектирование градирен должно производиться в соответствии с СП 63.13330, СП 28.13330, ГОСТ 31384, СП 27.13330, [1] и настоящим сводом правил.

4.1.3 При разработке проектов градирен необходимо учитывать условия их работы:

- влажность воздуха внутри градирни достигает 100 %;
- орошение конструкций и оборудования оборотной водой температурой от 10 °С до 60 °С;

В НАБОР

- значительные внутренние напряжения в зимнее время при замораживании строительных материалов в водонасыщенном состоянии;

- попеременное увлажнение и высушивание строительных конструкций в летнее время;

- агрессивность оборотной воды и воздуха, проходящих через градирню, по отношению к строительным конструкциям, оборудованию и материалам.

4.1.4 Информация об агрессивности сред эксплуатации градирни приведена в приложении Б.

4.1.5 При проектировании следует:

- принимать конструктивные схемы, обеспечивающие необходимую прочность, устойчивость и пространственную неизменяемость сооружения в целом, а также отдельных элементов на всех стадиях возведения (изготовления, монтажа) и эксплуатации;

- выбирать материалы конструкций в соответствии с правилами безопасности, утвержденными в установленном порядке;

- соблюдать требования общеплощадочной унификации при выборе строительных изделий и материалов для сооружений, размещаемых на одной площадке;

- увязывать окраску башни градирни с архитектурой окружающей застройки;

- соблюдать требования по охране окружающей среды, принимать меры для уменьшения загрязнения атмосферы выбросами из вытяжных башен.

5 Технологическое проектирование

5.1 Основные исходные данные для проектирования

5.1.1 Основные данные для проектирования градирни – расчетные параметры, характеризующие работу градирни, параметры атмосферного воздуха, характеристики конденсатора турбины и режим работы энергоблока, характеристики оборотной и подпиточной воды.

5.1.2 Градирни должны обеспечивать режимы работы теплового агрегата, установленные в техническом задании.

5.1.3 Перечень необходимых для проектирования градирен расчетных параметров, характеризующих работу градирен:

тепловая нагрузка;

гидравлическая нагрузка;

зона охлаждения.

Основные эксплуатационные характеристики градирни – расчетные номограммы, полученные в результате технологических расчетов, должны быть приведены в паспорте на градирню.

5.1.4 Перечень необходимых для проектирования градирен параметров атмосферного воздуха:

среднемесячные значения температуры воздуха, относительной влажности, скорости ветра и барометрического давления для года 50 %-ной обеспеченности;

среднемесячные значения температуры и относительной влажности воздуха для жаркого года 10 %-ной обеспеченности;

средние значения температуры и влажности воздуха в 13 ч для наиболее жаркого месяца;

температура воздуха наиболее холодной пятидневки.

5.1.5 Характеристики конденсатора турбины и режим работы энергоблока:

- тип и число турбин, обслуживаемых градирнями;

- режимы работы турбин (летний, зимний, весенне-осенний периоды эксплуатации);

- расчетный расход пара в конденсаторах турбин;

- расчетный расход циркуляционной воды в конденсаторах турбин;

- расход пара и расход циркуляционной воды в основных режимах работы турбин;

В НАБОР 5

- зависимость давления пара в конденсаторах турбин от температуры охлажденной воды (для расчетных значений расхода пара в конденсаторах и расхода циркуляционной воды для различных режимов);
- изменение мощности турбины в зависимости от давления пара в конденсаторе;
- расходы воды и тепловые нагрузки от вспомогательного оборудования турбины.

5.1.6 Характеристики оборотной и подпиточной воды

Приводимый в ИТТ и ТЗ химический состав подпиточной и оборотной воды должен включать следующие характеристики:

- pH;
- хлориды – Cl^-, мг/л;
- сульфаты – SO_4^{2-}, мг/л;
- количество взвешенных веществ, мг/л;
- щелочность, мг-экв/л;
- карбонатная жесткость, мг-экв/л;
- ионы Ca, мг/л;
- ионы Mg, мг/л;
- ионы Na+K, мг/л.

Расход подпиточной воды оборотной системы технического водоснабжения градирен определяется потерями воды на испарение P_1, %, капельным уносом P_2, %, через выходное сечение вытяжной башни и значением продувки P_3, %.

Значение продувки определяется по формуле

$$P_3 = \frac{P_1 \cdot Щ_к}{Щ_{пр.} - Щ_к} - P_2, \quad (5.1)$$

где $Щ_к$ – карбонатная щелочность подпиточной воды, мг-экв/л;

$Щ_{пр}$ – предельная карбонатная щелочность оборотной воды, мг-экв/л.

5.1.7 Изменение водного режима системы оценивается коэффициентом концентрирования солей (коэффициентом упаривания – $K_{уп}$), который определяется по формуле

$$K_{уп} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P_2 + P_3}. \quad (5.2)$$

Обработка воды, предназначенной на восполнение ее потерь в системе, производится на водоподготовительной установке с целью защиты оборотной системы от коррозии, накипеобразования и от накопления водорослей и грибов.

5.2 Технологические расчеты

5.2.1 Технологический расчет проводится для определения температуры воды, охлажденной в градирне при различных тепловых и гидравлических нагрузках, а также при различных метеорологических условиях. Результаты технологического расчета градирен – исходные данные для последующих технико-экономических расчетов по определению типа технологического оборудования, габаритных размеров вытяжной башни и построения гарантийных графиков температуры охлажденной воды.

5.2.2 Для выполнения технологических расчетов необходимы следующие исходные данные:

- производительность градирни, $м^3/ч$;
- тепловая нагрузка на градирню, Гкал/ч;
- площадь орошения, $м^2$;
- высота градирни, м;
- высота оросительного устройства, м;
- высота воздуховходных окон;
- объемные коэффициенты тепло- и массоотдачи оросительного устройства, $кг/м^3 \cdot ч$;

В НАБОР

- коэффициент аэродинамического сопротивления оросителя и общий коэффициент аэродинамического сопротивления градирни;

- диапазон значений температур и влажности воздуха, плотности орошения, $м^3/м^2 \cdot ч$, и температурного перепада, °С;

5.2.3 В результате гидравлического расчета системы водораспределения градирни определяются:

- потери напора (давления) в системе водораспределения;

- коэффициент неравномерности расхода воды, проходящей через разбрызгивающие устройства;

- значение общего напора воды.

6 Строительное проектирование

6.1 Подземные конструкции

6.1.1 В состав подземных конструкций входят свайное основание, водосборный бассейн градирни, фундамент вытяжной башни, а также фундаменты под несущие конструкции вентиляторных градирен.

6.1.2 Подземные конструкции проектируются по результатам инженерно-геологических изысканий площадки строительства по СП 22.13330, инженерно-геодезических изысканий – по СП 47.13330.

6.1.3 При проектировании свайного основания, для уточнения принятой несущей способности свай, перед началом производства работ по свайному основанию необходимо произвести натурное испытание свай на вырыв, сжатие и горизонтальную нагрузку в соответствии с ГОСТ 5686. Результаты испытаний следует согласовывать с проектной организацией. В случае неподтверждения принятых исходных данных, в проект свайного основания необходимо внести изменения.

6.1.4 Допустимые максимальные отклонения от проектного положения забивных свай не должны превышать значений, указанных в СП 24.13330.

6.1.5 Фундамент вытяжной башни выполняется кольцевым ленточным, свайным или плитно-свайным из монолитного железобетона. При назначении размеров фундаментов башен не допускается отрыв подошвы грунта при действии расчетных нагрузок.

6.1.6 Водосборные бассейны градирен проектируются из монолитного железобетона.

6.1.7 Глубину воды в водосборном бассейне следует принимать не менее 1,7 м, а расстояние от максимального уровня воды в резервуаре до верха борта – не менее 0,3 м.

6.1.8 В днище водосборного бассейна должны быть устроены приямки для сбора и отвода иловых отложений.

6.1.9 В плите днища и стенке водосборного бассейна следует предусматривать деформационные швы. Расстояние между деформационными швами следует принимать не более 25 м. Расстояние между деформационными швами допускается увеличивать по результатам проверки конструкций расчетом.

6.1.10 Верх стенки водосборного бассейна должен быть расположен выше отметки планировки вокруг градирни не менее чем на 0,25 м.

6.1.11 Фундаменты для вентиляторных градирен, проектируемых из сборного, сборно-монолитного или монолитного железобетона, выполняются отдельно стоящими, ленточными, плитными, свайными или плитно-свайными.

6.1.12 Верх фундаментов градирни следует принимать выше отметки планировки вокруг градирни не менее чем на 0,20 м.

6.2 Гидроизоляция подземных конструкций

6.2.1 Гидроизоляция должна быть предусмотрена для следующих групп конструкций градирен:

- фундаментов, внешней поверхности стенки водосборного бассейна, подколонников, фундаментов под кран и лестницы;

В НАБОР 7

- внутренней поверхности стенки и днища водосборного бассейна;
- конструктивного шва между днищем и стенкой водосборного бассейна.

В проекте градирни должно быть предусмотрено защитное покрытие фундаментов опорных конструкций подводящих трубопроводов (каналов).

Гидроизоляцию следует проектировать в виде неразрывного замкнутого контура.

6.2.2 Допускается не устраивать гидроизоляцию стенок и днища водосборного бассейна при условии выполнения компенсирующих мероприятий (увеличение марки бетона по водонепроницаемости до W10).

6.2.3 Вокруг градирни необходимо предусматривать отмостку шириной не менее 2,5 м и кюветы для сбора и отвода атмосферных вод, выносимых ветром из воздуховходных окон градирен. Территория, примыкающая к градирням, должна быть спланирована с травяным покровом или щебеночным покрытием.

6.3 Вытяжная башня

6.3.1 Вытяжные башни градирен следует проектировать гиперболической формы из монолитного железобетона.

6.3.2 Опорную наклонную колоннаду железобетонной башни рекомендуется выполнять из сборного железобетона.

6.3.3 Толщина оболочки башни меняется по высоте оболочки и определяется условиями прочности и устойчивости, а также условиями производства работ. Железобетонную монолитную оболочку вытяжной башни следует принимать толщиной не менее 180 мм. Допускается предусматривать, на внешней поверхности оболочки в вертикальном направлении, ребра жесткости с шагом по окружности, определяемым расчетом оболочки на устойчивость формы.

6.3.4 Армирование оболочки вытяжной башни градирни осуществляется в два ряда отдельными стержнями в меридиональном и кольцевом направлениях, при этом кольцевая арматура расположена ближе к поверхности оболочки.

6.3.5 Максимальный шаг арматуры – 200 мм для меридиональной (вертикальной) арматуры, 150 мм для кольцевой (горизонтальной) арматуры.

6.3.6 Минимальная степень армирования оболочки башенной градирни должна составлять 0,3 % площади поперечного сечения для меридиональной арматуры. Для кольцевой арматуры минимальное армирование должно составлять 0,3 % – в нижней и 0,4 % – в верхней половине оболочки.

6.3.7 Минимальный диаметр арматурных стержней в вертикальном направлении составляет 10 мм, если не были приняты эффективные меры по предотвращению раскачивания тонких свободно стоящих стержней. Минимальный диаметр арматурных стержней в кольцевом направлении – 8 мм.

6.3.8 Размеры нижнего опорного кольца определяются условиями прочности и устойчивости, а также необходимостью заделки конструкций опорной колоннады в нижний край оболочки (нижнее опорное кольцо).

6.3.9 Устойчивость верхнего края оболочки обеспечивается устройством верхнего ребра жесткости (верхнего кольца), ширина которого должна составлять не менее 1,4 м.

Размеры верхнего ребра жесткости должны удовлетворять условию:

$$I_в / r_в \geq 0{,}003 м^3,$$

где $I_в$ – момент инерции сечения, состоящего из верхнего ребра жесткости и участка оболочки относительно вертикальной центральной оси сечения;

$r_в$ – расстояние от центральной оси градирни до центра тяжести сечения, состоящего из верхнего ребра жесткости и участка оболочки.

6.3.10 В верхней части вытяжных башен надлежит предусматривать площадку для подвески люлек при производстве ремонтных работ.

В НАБОР

6.3.11 Для подъема на верхнюю площадку вытяжной башни и на водоохладительное устройство следует предусматривать лестницу с промежуточными площадками. Высота перил площадок – не менее 1,2 м.

6.3.12 Настил обслуживающих площадок вытяжных башен градирен следует проектировать с таким расчетом, чтобы исключалось скольжение при ходьбе (при стальных настилах следует предусматривать решетку в соответствии с ГОСТ 23120) и обеспечивался сток дождевой и талой воды.

6.3.13 Стальные конструкции вытяжной башни градирни должны быть доступными для периодических осмотров и повторного нанесения антикоррозионных покрытий.

6.4 Строительные конструкции водоохладительного устройства

6.4.1 Проектирование конструкций несущего каркаса водоохладительного устройства и систем напорных каналов следует выполнять согласно СП 63.13330.

6.4.2 В проектах градирен строительные конструкции, расположенные внутри, должны оказывать минимальное сопротивление воздушному потоку, проходящему через градирни.

6.4.3 Несущий каркас водоохладительного устройства, как правило, выполняется из сборных железобетонных конструкций.

6.4.4 Внутренние поверхности каналов рекомендуется защищать гидроизоляционными покрытиями с учетом агрессивности воды.

6.4.5 Каналы должны быть доступными для обследования и обслуживания.

6.5 Зонирование железобетонных конструкций градирен

6.5.1 В зависимости от агрессивности среды эксплуатации и интенсивности воздействия внешней среды конструкции градирен подразделяются на три зоны:

первая – надземная часть градирни, подверженная воздействию охлаждаемой воды и конденсата (оболочка вытяжной башни градирни, ограждающие конструкции вентиляторной градирни), а также подколонники внешней опорной колоннады и внешние опорные колонны в случае, если опорные конструкции находятся вне бассейна;

вторая – надземная часть градирни, подверженная воздействию охлаждаемой воды (каркас водоохладительного устройства, плита и стенка водосборного бассейна, фундаменты под подводящие трубопроводы), а также подколонники внешней опорной колоннады и внешние опорные колонны в случае, если опорные конструкции находятся внутри бассейна;

третья – фундамент плиты водосборного бассейна, плита кольцевого фундамента, конструкции дренажной системы и другие подземные конструкции, подверженные действию грунтовых вод.

6.6 Требования к бетону

6.6.1 Бетон для конструкций градирен должен соответствовать ГОСТ 26633, ГОСТ 31384 и требованиям настоящего раздела.

Бетон для изготовления свайного фундамента градирен должен соответствовать ГОСТ 19804.

6.6.2 При проектировании бетонных и железобетонных конструкций градирен, в зависимости от вида и условий работы, необходимо предусматривать:

- классы бетона по прочности на сжатие, МПа: В20; В22,5; В25; В27,5; В30; В35; В40; В45, В50;

- марки бетона по морозостойкости: $F_1$150; $F_1$200; $F_1$300; $F_1$400; $F_1$500, $F_1$600; $F_1$800; $F_1$1000.

Примечание – В проектах градирен, в которых охлаждение обеспечивается морской водой, следует предусматривать следующие марки бетона по морозостойкости: $F_2$100; $F_2$150; $F_2$200; $F_2$300; $F_2$400; $F_2$500;

В НАБОР

- марки бетона по водонепроницаемости: W4; W6; W8; W10; W12; W14; W16; W18; W20.

6.6.3 К бетону конструкций градирен могут предъявляться дополнительные, устанавливаемые в проектах, требования: по прочности на осевое растяжение, предельной растяжимости и др.

6.6.4 Требования к бетону конструкций градирен необходимо устанавливать дифференцированно по зонам сооружения, при этом, требования к техническим характеристикам бетона должны соответствовать фактическим условиям работы бетона различных зон и частей сооружений.

6.6.5 Проектный возраст бетона назначают при проектировании, исходя из реальных сроков нагружения конструкций проектными нагрузками, с учетом способов и темпов возведения конструкций и условий твердения бетона в соответствии с ГОСТ 26633. При отсутствии этих данных класс бетона устанавливают в проектном возрасте 60 сут.

Проектный возраст бетона сборных железобетонных конструкций принимают 60 сут. Проектный возраст бетона при возведении кольцевого фундамента монолитных башенных градирен назначают 90 сут, если в проекте не оговорено иное.

Марки бетона по морозостойкости и водонепроницаемости назначают в возрасте 60 сут.

6.6.6 Марку бетона по морозостойкости следует назначать в зависимости от климатических условий района строительства и условий эксплуатации.

6.6.7 Марку бетона по водонепроницаемости назначают в зависимости от градиента напора, определяемого как отношение максимального напора, м, к толщине конструкции (или расстоянию от напорной грани до дренажа), м, и температуры контактирующей с сооружением воды, °С, по таблице 1 с учетом агрессивности воды-среды по СП 28.13330, ГОСТ 31384.

6.6.8 В зависимости от режима эксплуатации, вида конструкции градирен марку и класс бетона по прочности, водонепроницаемости и морозостойкости следует принимать по таблице 1.

Таблица 1

Конструкции градирен	Расчетная зимняя температура наружного воздуха (средняя температура наиболее холодной пятидневки)	Минимальная марка и класс бетона в проектном возрасте по			Водоцементное отношение, не более
		морозостойкости*	водонепроницаемости	прочности на сжатие	
1 Попеременное замораживание и оттаивание надземных конструкций в водонасыщенном состоянии					
Надземные конструкций первой зоны (кроме вытяжных башен градирен)	Ниже минус 30 °С до минус 40 °С включ.	$F_1$500 $F_2$300	W8	B30	0,40
	Ниже минус 20 °С до минус 30 °С включ.	$F_1$400 $F_2$200	W8	B30	0,40
	Минус 20 °С и выше	$F_1$300 $F_2$150	W8	B25	0,45
	Ниже минус 20 °С	$F_1$500 $F_2$300	W8	B30**	0,40

В НАБОР

Вытяжные башни градирен	Минус 20 °С и выше	$\underline{F_1400}$ F_2200	W8	B30**	0,40
2 Эпизодическое замораживание и оттаивание надземных конструкций в водонасыщенном состоянии					
Надземные конструкции второй зоны	Ниже минус 30 °С до минус 40 °С включ.	$\underline{F_1300}$ F_2150	W6	B25	0,45
	Ниже минус 20 °С до минус 30 °С включ.	$\underline{F_1200}$ F_2100	W6	B25	0,45
	Минус 20 °С и выше	$\underline{F_1200}$ F_2100	W6	B25	0,50
3 Подземные конструкции					
Кольцевой фундамент башенной градирни, плита и стены фундамента вентиляторной градирни, конструкции третьей зоны	Ниже минус 20 °С	F_1300	W6	B25	0.45
	Минус 20 °С и выше	F_1200	W6	B25	0.45
Свайный фундамент	Ниже минус 20 °С	F_1200	W6	B25	0.45
	Минус 20 °С и выше	F_1150	W4	B20	0.50

* Над чертой – для конструкций градирен, в которых охлаждение обеспечивается пресной водой; под чертой – для конструкций градирен, в которых охлаждение обеспечивается морской водой.

** Класс бетона по прочности на сжатие для оболочки башенных градирен следует принимать не более В50.

Примечание – В бетонах, в которых по условиям эксплуатации необходимо использование сульфатостойких цементов, применение золы-уноса не допускается.

6.6.9 Для омоноличивания узлов и стыков следует применять бетоны проектного класса по прочности и марок по морозостойкости и водонепроницаемости не ниже класса и марок бетона основных конструкций, если класс его по прочности на сжатие В30 и выше. Для конструкций с классом бетона по прочности на сжатие ниже В30 омоноличивание должно осуществляться с применением бетона марок по морозостойкости и водонепроницаемости на ступень выше марок бетона основной конструкции.

6.6.10 Коэффициенты условий работы бетона, учитывающие влияние разницы в возрасте бетона ко времени нагружения конструкций эксплуатационными нагрузками с возрастом твердения бетона, соответствующим его классу по прочности на сжатие или растяжение, для сооружений КС-3 определяются экспериментально.

6.6.11 Коэффициент условий работы, учитывающий динамическое воздействие при работе вентиляторного оборудования и отрыве лопасти следует определять на основании данных производителя оборудования.

6.6.12 При соответствующем технико-экономическом обосновании для бетонных и железобетонных конструкций градирен допускается применять бетоны на напрягаемом цементе, а для снижения нагрузки от собственного веса конструкции для бетонных и железобетонных конструкций вентиляторных градирен – легкие бетоны.

6.6.13 При приготовлении бетонов следует предусматривать применение химических добавок в соответствии с ГОСТ 24211, а также применение тонкодисперсных минеральных добавок, отвечающих требованиям соответствующих нормативных

В НАБОР 11

документов. Области рационального применения добавок для бетонов градирен приведены в приложении Б.

6.6.14 Начальные модули упругости бетонов, получаемых из самоуплотняющихся бетонных смесей, следует принимать на 15 % ниже модуля упругости в соответствующих классах по СП 63.13330.

6.6.15 При назначении степени агрессивности среды следует учитывать степень увеличения минерализации охлаждающей воды с учетом состава воды и типа оборудования по подготовке оборотной и подпиточной воды.

6.6.16 В составе бетона общее количество водорастворимых хлоридов, вносимых в состав бетона цементом, заполнителями, водой затворения и химическими добавками, не должно превышать 0,4 % массы цемента; при отнесении к классам сред эксплуатации XD или XS по ГОСТ 31384 – не более 0,1 % массы цемента.

6.7 Требования к арматуре

6.7.1 Для армирования железобетонных конструкций градирен следует применять арматурную сталь, соответствующую требованиям нормативных документов и принадлежащую к одному из следующих видов:

стержневая арматурная сталь:

горячекатаная – гладкая класса А-240, периодического профиля классов А-400, А-500, А-600;

проволочная арматурная сталь:

холоднодеформированная проволока обыкновенная – периодического профиля класса Вр500.

Для закладных деталей и соединительных накладок следует применять, как правило, прокатную углеродистую сталь.

При выборе вида и марок стали для арматуры, устанавливаемой по расчету, а также прокатных сталей для закладных деталей следует учитывать температурные условия эксплуатации конструкций и характер их нагружения.

В конструкциях, эксплуатируемых при расчетной температуре минус 40 °С и выше, может быть применена арматура всех вышеуказанных классов, за исключением арматуры класса А400 из стали марки 35ГС, класса А240 из стали марки Ст3кп, применяемых при расчетной температуре минус 30 °С и выше.

Для предварительно напряженных конструкций применяют арматурную сталь классов А500 и А600.

6.7.2 Нормативные и расчетные сопротивления основных видов арматуры, применяемой в железобетонных конструкциях градирен, в зависимости от ее класса должны приниматься по таблицам 6.13–6.15 СП 63.13330.2012.

6.8 Классы сред эксплуатации

6.8.1 Классы сред эксплуатации всех конструкций градирни и требования к бетону (в зависимости от агрессивности сред) должны быть установлены в проекте в соответствии с ГОСТ 31384, СП 28.13330.

6.8.2 Элементы конструкции, подверженные воздействию мороза и охлаждающей водой, следует относить к классу сред эксплуатации как минимум XF3. Если эти компоненты одновременно отнесены к классам XD и XS, то с учетом фактора замерзания применяется класс XF4.

6.8.3 Агрессивное воздействие грунтовых вод на детали градирен следует оценивать согласно ГОСТ 31384, СП 28.13330.

6.8.4 Для градирен, возводимых в прибрежных районах, все детали, которые вступают в контакт с наружной атмосферой, должны быть дополнительно отнесены к классу сред эксплуатации XS1. Детали, находящиеся в постоянном контакте с морской водой, должны

В НАБОР

быть отнесены к классу эксплуатации XS2 (под водой) или XS3 (при периодическом увлажнении и высушивании).

6.9 Требования к обеспечению антикоррозионной защиты и поверхности бетонных конструкций

6.9.1 При проектировании градирен следует предусматривать меры первичной и вторичной защиты строительных конструкций. Вторичная защита в виде системы антикоррозионного покрытия строительных конструкций должна выполняться на основе технико-экономического анализа согласно ГОСТ 31384. Материалы и системы для защиты бетонных и железобетонных конструкций градирен должны соответствовать ГОСТ 32016, ГОСТ 32017.

Проектирование антикоррозионной защиты должно включать выбор систем защитных покрытий с учетом вида, степени агрессивности среды эксплуатации и фактического состояния конструкций градирни в период строительства и эксплуатации, проектного срока службы сооружения.

6.9.2 В качестве мер вторичной защиты следует предусматривать нанесение антикоррозионного покрытия на элементы конструкций в период строительства и периодическое восстановление в период эксплуатации.

6.9.3 Требования к защитным покрытиям приведены в приложении В.

6.9.4 Поверхность железобетонных конструкций под нанесение защитных покрытий должна соответствовать требованиям категории поверхности не ниже А6 по СП 70.13330.

6.9.5 Прочность бетона перед нанесением защитных покрытий должна соответствовать проектным требованиям.

6.9.6 Допускается не наносить защитные покрытия на наружную и внутреннюю поверхности оболочки и других строительных конструкций при соответствующем обосновании и подборе состава бетона с высокой стойкостью к химическому воздействию.

6.9.7 Требования к защитным покрытиям швов принимают согласно требованиям к покрытиям железобетонных конструкций, защитные покрытия швов должны быть эластичными, не повреждаться при раскрытии трещин шириной до 0,2 мм.

6.9.8 Сопряжения сборных железобетонных элементов градирен следует проектировать без открытых стальных закладных и накладных деталей. В отдельных случаях допускается применение открытых закладных и накладных деталей при условии защиты их и сварных соединений комбинированными протекторными (металлическими) и изолирующими (лакокрасочными) покрытиями в соответствии с требованиями СП 28.13330.

6.10 Обеспечение долговечности строительных конструкций

6.10.1 Долговечность строительных конструкций градирни должна соответствовать сроку службы объекта строительства с учетом мониторинга и планово-предупредительных ремонтов или другому сроку, установленному в объектных исходных технических требованиях и в техническом задании заказчика проекта градирни.

6.10.2 Проектный срок службы градирни обеспечивается соблюдением комплекса требований:

- к бетону и его составляющим;
- к арматуре;
- к технологии производства строительных работ;
- к расчетам конструкций;
- конструктивных;
- к материалам, технологическому оборудованию и технологии его производства и монтажа;
- к эксплуатации сооружения.

В НАБОР

6.10.3 Для обеспечения проектной долговечности строительных конструкций градирен должен быть реализован комплекс мер:

- выполнение проектных и строительных работ в соответствии с требованиями национальных стандартов Российской Федерации;
- выполнение расчетов по безопасности и эксплуатационной пригодности, оптимизация размеров строительных конструкций с учетом воздействий окружающей среды и среды эксплуатации;
- реализация технологических мер обеспечения долговечности (комплекс мер первичной и вторичной защиты бетона;
- выполнение нормативных требований к качеству проектных работ, работ подготовительного и строительного периодов;
- в течение срока службы проведение периодических обследований, планово-предупредительных ремонтов.

6.10.4 Для конструкций первой зоны, большей части поверхности башни выше уровня водораспределения следует учитывать агрессивное воздействие конденсата воды.

6.10.5 При проектировании требований второй зоны градирни в техническом задании должны быть представлены результаты анализов охлаждаемой воды и указан коэффициент повышения концентрации химических веществ (сульфатов, хлоридов) при выпаривании охлаждаемой воды в период эксплуатации.

6.10.6 При использовании хлорированной воды ее повышенную агрессивность допускается не учитывать при выборе состава бетона с учетом быстрого снижения активности растворенного хлора в охлаждаемой воде.

6.10.7 Меры повышения долговечности конструкций третьей зоны, подверженных воздействию грунтовых вод следует принимать на основе характеристик грунтовых вод, приведенных в техническом задании на проектирование в соответствии с СП 28.13330, ГОСТ 31384 и настоящим сводом правил.

6.11 Минимальная толщина защитного слоя

6.11.1 Для всех частей градирни минимальная (средняя) толщина защитного слоя бетона должна быть $a \geq 25$ (≥ 30) мм и не менее диаметра арматурного стержня.

6.11.2 Минимальная (средняя) толщина защитного слоя бетона частей градирен, которые подвергаются воздействию охлаждающей воды, а также хлоридов, и относятся к классу XD или XS по СП 28.13330, поверхностей, открытых для охлаждающей воды, должна быть в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2

Наименование воздействия	Минимальная (средняя) толщина защитного слоя бетона, мм, для железобетона	
	монолитного	сборного
Вода	$a \geq 35$ (≥ 40)	$a \geq 25$ (≥ 30)
Хлориды	$a \geq 45$ (≥ 50)	$a \geq 40$ (≥ 45)

6.12 Допускаемые отклонения конструкций

6.12.1 Допускаемые отклонения размеров и положения конструкций при их изготовлении не должны превышать значений, указанных в таблице 3.

В НАБОР

Таблица 3

Наименование параметра	Конструкция (элемент конструкции)	Допускаемое отклонение, мм
Радиус	Кольцевой фундамент башни	±50
	Опорное кольцо башни	±50
	Оболочка башни (для каждого яруса)	±50
Смещение осей (относительно разбивочных осей)	Фундамент	±10
	Подколонник	±10
	Опорный цоколь	±10
	Монтажная опора	±10
	Стакан фундамента каркаса водоохладительного устройства	±10
	Ригель водоохладительного устройства	±5
	Балка водоохладительного устройства	±5
Смещение оси в нижнем сечении конструкции	Стойка наклонной колоннады	±5
	Колонна каркаса водоохладительного устройства	±5
Смещение оси в верхнем сечении конструкции	Стойка наклонной колоннады	±10
	Колонна каркаса водоохладительного устройства	±15
Толщина	Стенка водосборного бассейна	+20
	Опорное кольцо башни	+20
	Оболочка башни	+20
Отклонение отметок верхних опорных поверхностей	Подколонник, балки, каркас водоохладительного устройства	±20
Разность отметок верха смежных колонн	Каркас водоохладительного устройства	±10
	Наклонная колоннада	±10
Отклонение высоты верхних опорных поверхностей	Основание колонн, корпус водоохладителя	±20
Перепад высот смежных колонн	Корпус водоохладителя	±10
	Наклонная колоннада	±10
Отклонения закладных деталей в плане	Относительно разбивочных осей и меток	±10
Отклонение сборных элементов	Габаритные размеры	±5
	Положение болтов и кожухов в горизонтальной плоскости	±5
	Стаканы фундаментов колонн корпуса водоохладителя	±20
	Компенсация радиального отклонения на 1 м	±15

6.12.2 Отклонение оси и радиального отклонения оболочки, допущенное на нижних ярусах, должно быть постепенно компенсировано на верхних.

В НАБОР

6.13 Молниезащита и заземление

6.13.1 Требования к устройству средств молниезащиты и заземления градирни приведены в [2] и [3].

6.13.2 При проектировании системы молниезащиты градирни должно быть предусмотрено следующее:

- выбор уровня защищенности от прямого удара молнии (ПУМ) сооружения градирни;
- выбор конструкции и размещения устройств молниезащиты;
- требования к монтажу системы молниезащиты;

6.13.3 Комплекс средств молниезащиты градирни включает в себя молниеприемники, токоотводы и заземлители.

6.13.4 Допускается использовать в качестве внутренних токоотводов вертикальные стержни наружной арматуры оболочки градирни. Требования по гарантированному электрическому соединению элементов молниезащиты приведены в [3].

При использовании арматуры оболочки градирни в качестве токоотводов, из нижнего края оболочки градирни устраиваются выпуски, от которых по поверхности опорных колонн прокладывается наружный токоотвод.

6.14 Светоограждение и цветомаркировка

6.14.1 В проектах вытяжных башен градирен должны предусматриваться мероприятия (световое ограждение, маркировочная окраска), обеспечивающие безопасность [4].

6.14.2 Маркировке подлежат все градирни высотой 100 м и более независимо от места их расположения. Требования к маркировке градирен высотой менее 100 м приведены в [5].

6.14.3 Электропитание светового ограждения выполняется от разных фаз двух питающих линий. Управление (включение и выключение) светоограждением градирни осуществляется автоматически в зависимости от уровня освещенности. Светоограждение градирни выполняется светосигнальными приборами постоянного излучения красного света.

7 Основные требования к расчету конструктивных систем градирен

7.1 Общие положения

7.1.1 Расчет конструктивной системы градирен включает:

- определение усилий в элементах конструктивной системы градирни (оболочке, колоннах, фундаменте) и усилий, действующих на основания фундаментов;
- определение перемещений конструктивной системы в целом и отдельных ее элементов;
- расчет устойчивости конструктивной системы;
- оценку сопротивляемости конструктивной системы осадке грунта;
- оценку несущей способности и деформации основания.

7.1.2 Расчет конструктивной системы, включающей надземную конструкцию и фундамент, следует производить для всех последовательных стадий возведения и для стадии эксплуатации, принимая расчетные схемы, соответствующие рассматриваемым стадиям. При этом следует учитывать:

- порядок приложения и изменения вертикальной и горизонтальной нагрузок и жесткостей элементов в процессе монтажа и эксплуатации;
- образование трещин от температурно-усадочных деформаций бетона в процессе его твердения и наличие технологических швов;
- значения прочностных и деформационных характеристик бетона в момент освобождения конструкции от опалубки;

В НАБОР

- наличие шероховатости и ребристости поверхности башенной градирни, а также влияние соседних башенных градирен или высоких зданий (приложение Д) – при назначении нагрузок ветрового давления.

7.1.3 Расчет конструктивной системы градирни следует производить с учетом совместной работы надземных конструкций, фундамента и основания под ним. При назначении размеров фундаментов башен не допускается отрыв подошвы грунта при действии расчетных нагрузок.

7.1.4 Расчет конструктивной системы градирни производят с применением линейных и нелинейных жесткостей железобетонных элементов согласно СП 27.13330 и СП 63.13330.

Линейные жесткости железобетонных элементов определяют как для сплошного упругого тела.

Нелинейные жесткости железобетонных элементов определяют по поперечному сечению с учетом возможного образования трещин и развития неупругих деформаций в бетоне и арматуре, соответствующих кратковременному и длительному действиям нагрузки.

7.1.5 Значения нелинейных жесткостей железобетонных элементов следует устанавливать в зависимости от стадии расчета, требований к расчету и характера напряженно-деформированного состояния элемента.

На первой стадии расчета конструктивной системы, характеризуемой тем, что армирование железобетонных элементов неизвестно, нелинейную работу элементов рекомендуется учитывать путем понижения их жесткостей с помощью условных обобщенных коэффициентов.

На последующих стадиях расчета конструктивной системы, когда известно армирование железобетонных элементов, в расчет следует вводить уточненные значения жесткостей элементов, определяемые с учетом армирования, образования трещин и развития неупругих деформаций в бетоне и арматуре согласно СП 63.13330.

7.1.6 В результате расчета несущей конструктивной системы башенной градирни должны быть установлены значения меридиональных и кольцевых нормальных сил, изгибающих моментов, а в необходимых случаях – и крутящих моментов в стенах оболочки; в фундаментах – значения изгибающих и крутящих моментов, поперечных и продольных сил; в колоннах – значения продольных сил, изгибающих моментов и поперечных сил.

Определение усилий в элементах конструктивной системы следует производить от действия расчетных постоянных, длительных и кратковременных нагрузок, особых нагрузок, а также их расчетных сочетаний в соответствии с СП 20.13330.

На первой стадии расчета для оценки усилий в элементах конструктивной системы допускается принимать приближенные значения жесткостей элементов. При этом необходимо учитывать существенное снижение жесткостей в результате возможного образования трещин. В первом приближении рекомендуется принимать модуль упругости бетона равным E_b с понижающим коэффициентом $k = 0,4$.

На последующих стадиях расчета жесткости следует определять согласно 7.1.5.

7.1.7 В результате расчета конструктивной системы должны быть установлены значения вертикальных перемещений (прогибов) и горизонтальные перемещения конструктивной системы градирни. Значения указанных перемещений не должны превышать допустимых значений, установленных соответствующими нормативными документами.

В НАБОР 17

Определение горизонтальных перемещений конструктивной системы следует производить от действия расчетных (для предельных состояний второй группы)[1] постоянных и кратковременных горизонтальных (ветровых) нагрузок.

Определение вертикальных перемещений (прогибов) конструктивной системы производят от действия нормативных постоянных и длительных вертикальных нагрузок. При этом на первой стадии расчета рекомендуется принимать пониженные значения жесткости бетона конструктивной системы, поскольку горизонтальные и вертикальные перемещения (прогибы) напрямую зависят от деформационных свойств системы.

На последующих стадиях расчета, при известном армировании, следует принимать уточненные жесткости системы с учетом армирования, наличия трещин и неупругих деформаций в бетоне и арматуре, определяемые согласно СП 63.13330.

Горизонтальные перемещения конструкции следует определять с учетом пульсационной составляющей ветровой нагрузки (за исключением внутреннего давления).

7.1.8 При расчете конструктивной системы на устойчивость следует производить проверку устойчивости формы оболочки в целом, на действие расчетных постоянных (собственный вес) и кратковременных (ветровых) горизонтальных нагрузок согласно приложению Д.

При расчете устойчивости формы конструктивной системы, учитывая нелинейную работу материала, следует принимать понижение жесткости элементов конструктивной системы. Значение понижающего коэффициента, в первом приближении, рекомендуется принимать по 7.1.6. При расчете устойчивости формы конструктивной системы запас устойчивости должен быть принят равным 5,0.

Следует также проверить устойчивость верхней кромки оболочки от действия ветровой нагрузки для различных этапов монтажа по формуле

$$q_{crit} = 0{,}052\, E_b\, (h_0/r_0)^{2.3}; \quad (7.1)$$

$$q_{crit} / q_b\,(z_0) \geq \gamma_в, \quad (7.2)$$

где E_b – начальный модуль упругости бетона;

h_0/r_0 – отношение толщины оболочки к радиусу ее кривизны на рассматриваемой высоте z_0;

$q_b(z_0)$ – ветровое давление. При расчете устойчивости верхней кромки запас устойчивости $\gamma_в$ принимают равным 3,5.

7.1.9 Расчет осадки колонн вследствие просадки одиночного фундамента неглубокого заложения или кольцевого фундамента, а также при выходе из строя одной какой-либо колонны должен обеспечивать прочность и устойчивость конструктивной системы в целом.

В случае возможности образования карстовых провалов рассматривается расчетная ситуация с выходом из строя части основания под фундаментами. Основной расчетный параметр при проектировании противокарстовой защиты сооружений при карстовых провалах – расчетный диаметр карстового провала, определение которого производят с учетом физико-механических характеристик грунтов основания и нагрузки, передаваемой от сооружения на основание.

Расчет осадки колонн следует производить при действии нормативных вертикальных нагрузок с нормативными значениями сопротивления бетона и арматуры, принимая линейные жесткости элементов конструктивной системы.

7.1.10 Оценку несущей способности и деформации основания следует производить согласно СП 22.13330 по усилиям, действующим на основание, установленным при расчете конструктивной системы градирни, включающей надземную конструкцию и фундамент.

[1] Расчетные значения нагрузки и характеристик материалов, используемые для расчета по предельным состояниям второй группы, в тех случаях, когда коэффициенты надежности равны единице, называют «нормативными».

В НАБОР

7.1.11 При расчете фундаментов следует учитывать давление обратной засыпки грунта с коэффициентом k_c = 1,0 при основном сочетании и 0,9 – при особом сочетании нагрузок.

7.1.12 При назначении класса бетона оболочки В40 и более следует провести расчет трещиностойкости конструкции оболочки.

8 Расчеты строительных конструкций градирни

8.1 Расчет методом конечных элементов

8.1.1 Для применения в расчетах строительных конструкций градирен следует использовать наиболее развитые программные конечноэлементные комплексы, сертифицированные в установленном порядке, позволяющие выполнять расчет пространственных конструкций на прочность, устойчивость и колебания.

8.1.2 На конструктивные и термомеханические свойства оболочек градирен оказывают решающее воздействие высота конструкции, форма (кривизна) и геометрические соотношения (высоты и диаметра).

8.1.3 Дискретизацию конструктивных систем производят с применением оболочечных, стержневых и объемных (если это необходимо) конечных элементов, используемых в принятой расчетной программе.

8.1.4 При создании пространственной модели конструктивной системы необходимо учитывать корректность совместной работы стержневых, оболочечных и объемных конечных элементов в связи с различным числом степеней свободы для каждого из указанных типов элементов.

8.1.5 Деформативные свойства основания следует учитывать путем использования общепринятых расчетных моделей основания, применения различных типов конечных элементов или краевых условий с заданной податливостью, моделирования всего массива грунта под градирней из объемных конечных элементов или комплексно – с применением всех перечисленных выше методов в случае сложной совместной работы конструкции фундамента и основания.

8.1.6 На первой стадии расчета конструктивной системы деформативность основания допускается учитывать с помощью коэффициента постели, принимаемого по усредненным характеристикам грунтов.

8.1.7 При использовании свайных или свайно-плитных фундаментов сваи следует моделировать как железобетонные конструкции или учитывать их совместную работу с грунтом, как единое основание с использованием приведенного коэффициента постели основания.

8.2 Состав расчетных нагрузок и воздействий

8.2.1 Общие положения

В настоящем разделе устанавливаются требования по назначению нагрузок, воздействий и их сочетаний, учитываемых при расчете конструкций градирен по предельным состояниям первой и второй групп в соответствии с ГОСТ 27751, а также дополнительные требования по назначению расчетных нагрузок, учитывающие специфику эксплуатации башенных испарительных градирен.

Общие требования к назначению нагрузок и классификация нагрузок принимаются в соответствии с СП 20.13330.

8.2.2 Постоянные нагрузки

К постоянным нагрузкам относятся собственный вес конструкции градирни, вес грунта обратной засыпки, давление грунтовых вод.

Собственный вес железобетонных конструкций определяется умножением удельного веса, равного 25 кН/м^3, на объем элемента.

Удельный вес грунта обратной засыпки принимается равным 20 кН/м^3.

В НАБОГ

Уровень грунтовых вод принимается согласно результатам инженерно-геологических изысканий площадки строительства. Нагрузка от грунтовых вод определяется умножением высоты водяного столба на удельный вес грунтовых вод. Удельный вес грунтовых вод принимается равным 10 кН/м^3.

8.2.3 Длительные нагрузки

К длительным нагрузкам относятся: вес технологического оборудования градирни, вес трубопроводов с водой, вес воды в водосборном бассейне, давление воды в подводящих каналах, подъемных шахтах, водораспределительных лотках, усадка бетона, нагрузки от неравномерной осадки основания под какой-либо опорой.

Вес технологического оборудования градирни (ороситель, каплеуловитель) принимается на основании данных завода-изготовителя оборудования с учетом веса воды на поверхностях оборудования.

8.2.4 Кратковременные нагрузки

К кратковременным нагрузкам относятся: вес персонала в зонах обслуживания и ремонта оборудования градирни, нагрузки от транспортных средств по днищу водосборного бассейна, ветровые и климатические нагрузки, нагрузки от специального оборудования (грузопассажирский подъемник, опалубка, нагрузки от кранов) на этапе сооружения градирни.

8.2.5 Сейсмическое воздействие

Сейсмическое воздействие относится к особым нагрузкам.

Расчет строительных конструкций, технологического оборудования и трубопроводов на сейсмическое воздействие выполняется в соответствии с СП 14.13330 для башенных градирен.

Градирня относится ко второй категории сейсмостойкости.

Строительные конструкции градирни должны сохранять свою работоспособность после прохождения землетрясения интенсивностью до проектного землетрясения (ПЗ) включительно.

В соответствии с СП 14.13330 проверку прочности железобетонных конструкций градирни на сейсмическое воздействие следует проводить по линейно-спектральной теории сейсмостойкости.

8.3 Расчетные сочетания нагрузок и воздействий при расчете по предельным состояниям

8.3.1 Расчетные сочетания нагрузок в расчетах строительных конструкций вентиляторных градирен выполняются в соответствии с СП 14.13330, СП 20.13330.

8.3.2 Расчетные сочетания нагрузок в расчетах строительных конструкций вытяжных градирен выполняются в соответствии с СП 14.13330, СП 20.13330 и приведены в [6].

Нагрузки и коэффициенты надежности γ_f приведены в таблице 4.

Таблица 4

Обозначение нагрузки	Наименование нагрузки	Значение γ_f
1 Постоянные нагрузки		
D	Нагрузки собственного веса*	0,9 или 1,1
H	Нагрузки давления грунта (обратной засыпки)	1,15
2 Длительные нагрузки		
E	Нагрузка от оборудования	1,2
F	Нагрузка от жидкости	1,0
S_H	Усадка	1,1
S_L	Неравномерная осадка	1,1
3 Кратковременные нагрузки		

L	Динамические нагрузки	1,2
W	Ветровые нагрузки**	1,4
T	Температурные нагрузки***	1,1
4 Особые нагрузки		
S_E	Сейсмическая нагрузка	1,0

* Включаются в сочетания с повышающим и понижающим коэффициентами для учета возможного ухудшения условий работы конструкции при отклонениях от проектного значения собственного веса.
** $W = W_0 + W_i$, где W_0 – внешняя ветровая нагрузка; W_i – внутренняя ветровая нагрузка.
*** $T = T^{op}, T^{ss}, T^{w}$ (см. таблицу 6).

Коэффициенты сочетания нагрузок для расчета по предельному состоянию первой группы приведены в таблице 5.

Таблица 5 – **Коэффициенты сочетания нагрузок для расчета вытяжной башни градирни по предельному состоянию первой группы**

Вид нагрузки	Описание нагрузки	Коэффициент надежности γ_f	Коэффициент сочетания ψ		γ_f	ψ
			Основное сочетание	Особое сочетание	Основное сочетание	Особое сочетание
Постоянная	Собственный вес железобетонных конструкций D	1,1 0,9	1,0	1,0	1,1 0,9	1,1 0,9
Длительные	От усадки S_H	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1
	От неравномерной осадки S_L	1,1	1,0	–	1,1	–
Кратковременные	Ветровая W	1,4	1,0	1	1,4	1,4
	Термовлажностное воздействие (учет средней зимней месячной температуры при эксплуатации) T^{op}	1,1	0,9	0,8	1,0	0,88
	Температурное воздействие при остановке градирни: T^{ss} – летнее T^{w} – зимнее	1,1	0,9	0,8	1,0	0,88
Особые	Сейсмическое воздействие S_E	1,0	–	1,0	–	1,0

Примечания
1 S_H и S_L могут действовать одновременно.
2 T^{op}, T^{ss} и T^{w} – взаимоисключающие нагрузки.

Сочетания нагрузок в форме уравнений для расчета башни градирни по предельному состоянию первой группы приведены в таблице 6, а по предельному состоянию второй группы – в таблице 7.

В НАБО

Таблица 6 – **Сочетания нагрузок для расчета по предельному состоянию первой группы**

$K1 = 1{,}1\,D + 1{,}4\,W$
$K2 = 0{,}9\,D + 1{,}4\,W$
$K3 = 1{,}1\,D + 1{,}4\,W + 1{,}1\,S$
$K4 = 0{,}9\,D + 1{,}4\,W + 1{,}1\,S$
$K5 = 1{,}1\,D + 1{,}4\,W + 0{,}9 \cdot 1{,}1\,T$
$K6 = 0{,}9\,D + 1{,}4\,W + 0{,}9 \cdot 1{,}1\,T$
$K7 = 1{,}1\,D + 1{,}4\,W + 1{,}1\,S + 0{,}9 \cdot 1{,}1\,T$
$K8 = 0{,}9\,D + 1{,}4\,W + 1{,}1\,S + 0{,}9 \cdot 1{,}1\,T$
$K9 = 1{,}1\,D + S_E + 1{,}1\,S_H + 0{,}3 \cdot 1{,}4\,W$
$K10 = 0{,}9\,D + S_E + 1{,}1\,S_H + 0{,}3 \cdot 1{,}4\,W$
Примечания 1 При расчете башни градирни на особые нагрузки ветровую нагрузку следует принимать в размере 30 % расчетного значения скоростного напора. 2 Для комбинаций $K2$, $K4$, $K6$, $K8$ и $K10$ нагрузка собственного веса D принимается с коэффициентом надежности по ответственности сооружения $\gamma_n = 1{,}0$.

Расчетом вытяжной башни градирни по предельному состоянию первой группы в результате воздействия расчетных сочетаний нагрузок (см. таблицу 7), определяют: в стенках оболочки градирни – меридиональные и кольцевые нормальные силы, изгибающие моменты, в колоннах – продольные силы, изгибающие моменты и поперечные силы.

Расчет по прочности железобетонной оболочки при действии изгибающих моментов и продольных сил (внецентренное сжатие или растяжение) следует производить для сечений, нормальных к продольной оси (радиальной или касательной к кольцевому рассматриваемому сечению). Расчет следует производить на основе нелинейной деформационной модели, согласно СП 63.13330 (для железобетонных элементов, на которые действуют изгибающие моменты двух направлений и продольная сила).

8.3.3 Расчеты железобетонных башенных градирен по предельным состояниям второй группы на расчетные сочетания нагрузок, приведенные в таблице 7, включают:

- расчет по образованию трещин;
- расчет по раскрытию трещин;
- расчет по деформациям.

В расчетах по предельному состоянию второй группы коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f = 1{,}0$.

Таблица 7 – **Сочетания нагрузок для расчета по предельному состоянию второй группы**

$K1 = D + W$
$K2 = D + W + S$
$K3 = D + W + 0{,}9T$
$K4 = D + W + S + 0{,}9T$
Примечание – $T = T^{pp}$, T^{s}, T^{w} – взаимоисключающие нагрузки; $S = S_H$, S_l – могут действовать одновременно.

Расчет по раскрытию трещин производят из условия

$$a_{crc} \le a_{crc,\,ult},$$

где a_{crc} – ширина раскрытия трещин от действия сочетаний внешних нагрузок, определяемых согласно таблице 7;

$a_{crc,\,ult}$ – предельно допустимая ширина раскрытия трещин;

$a_{crc,\,ult} = a_{crc1}$ – предельно допустимая ширина непродолжительного раскрытия трещин;

$a_{crc,\,ult} = a_{crc2}$ – предельно допустимая ширина продолжительного раскрытия трещин.

В НАБОР

Ширина раскрытия трещин в железобетонных конструкциях градирен не должна превышать следующих значений:

- для конструкций 1 и 2 зоны:

0,15 мм – при продолжительном раскрытии трещин;

0,2 мм – при непродолжительном раскрытии трещин;

- для конструкций 3 зоны:

0,2 мм – при продолжительном раскрытии трещин;

0,3 мм – при непродолжительном раскрытии трещин.

8.4 Нормативные и расчетные значения характеристик бетона

8.4.1 Нормативные и расчетные значения прочностных характеристик бетона, а также коэффициенты условий работы γ_{bi} , учитывающие особенности работы бетона в конструкции (характер нагрузки, условия окружающей среды и т. д.), следует принимать в соответствии с СП 63.13330.

8.4.2 Деформационные характеристики бетона (предельные относительные деформации бетона, начальный модуль упругости бетона при сжатии и растяжении, коэффициент поперечной деформации бетона, коэффициент линейной температурной деформации бетона) следует принимать в соответствии с СП 63.13330.

В НАБОР

Приложение А

Основные буквенные обозначения

$I_в$ – момент инерции сечения, состоящего из верхнего ребра жесткости и участка оболочки относительно вертикальной центральной оси сечения;

$r_в$ – расстояние от центральной оси градирни до центра тяжести сечения, состоящего из верхнего ребра жесткости и участка оболочки.

E_b – начальный модуль упругости бетона;

h_0 – толщина оболочки на высоте z_0;

r_0 – радиус кривизны оболочки на высоте z_0;

z_0 – высота;

$q_b(z_0)$ – ветровое давление.

γ_f – коэффициент надежности по нагрузке;

D – нагрузка собственного веса;

H – нагрузка давления грунта (обратной засыпки);

E – нагрузка от оборудования;

F – нагрузка от жидкости;

S_H – усадка;

S_L – неравномерная осадка;

L – динамические нагрузки;

W – ветровые нагрузки;

T – температурные нагрузки;

S_E – сейсмическая нагрузка;

W_0 – внешняя ветровая нагрузка;

W_i – внутренняя ветровая нагрузка;

T^{op} – термовлажностное воздействие при зимней эксплуатации;

T^{ss} – летнее температурное воздействие при остановке градирни;

T^{w} – зимнее температурное воздействие при остановке градирни;

γ_n – коэффициент надежности по ответственности сооружения;

a_{crc} – ширина раскрытия трещин;

$a_{crc,ult}$ – предельно допустимая ширина раскрытия трещин;

a_{crc1} – предельно допустимая ширина непродолжительного раскрытия трещин;

a_{crc2} – предельно допустимая ширина продолжительного раскрытия трещин.

m – норма определения расхода материала защитных покрытий;

S_{min} – минимальная толщина защитного покрытия, мкм;

rsd – стандартные отклонения от толщины защитного покрытия, мкм;

ρ – плотность материала защитных покрытий, кг/дм^3;

S_v – содержание твердых веществ по объему;

α – коэффициент потерь при нанесении;

β – коэффициент на шероховатость поверхности.

Δt – перепад температур по толщине оболочки;

h – толщина оболочки;

$t_{вн}$ – температура внутри оболочки градирни;

$t_н$ – температура снаружи оболочки градирни;

λ – коэффициент теплопроводности бетона;

$\alpha_{вн}$ – теплоотдача на внутренней стороне оболочки;

$\alpha_н$ – теплоотдача на наружной стороне оболочки;

β_{bsh} – коэффициент линейной усадки бетона;

α_{bt} – коэффициент линейной температурной деформации;

ΔU – перепад влажности по толщине оболочки;

$T_{вн}$ – температура внутренней поверхности башни;

В НАБОР

$T_н$ – температура наружной поверхности башни;

t_{ew} – средняя суточная температура наружного воздуха в теплое время года;

θ_s – приращение перепада температуры от солнечной радиации.

w – нормативное значение ветровой нагрузки;

w_m – среднее значение ветровой нагрузки;

w_p – пульсационная ветровая нагрузка;

ξ – коэффициент динамичности;

$\zeta(z)$ – коэффициент пульсации ветра на уровне z;

ν – коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра;

δ – логарифмического декремент колебаний;

f_1 – первая собственная частота;

w_0 – нормативное значение давления ветра, Па;

$k(z)$ – коэффициент, учитывающий изменение давления ветра по высоте;

w_i – давление на внутреннюю поверхность оболочки;

z – высота над уровнем земли;

θ – угловое расстояние в горизонтальном поперечном сечении от линии начального отсчета;

$q_b(z)$ – скоростной напор на высоте z;

$k(z)$ – коэффициент, учитывающий применение ветрового давления по высоте;

φ – аэродинамический коэффициент;

F_1 – коэффициент зависимости ветрового давления от расположенных вблизи сооружений;

c_{pe} – коэффициент внешнего давления;

h_R – высота ребра;

a_R – расстояние между ребрами на 1/3 высоты оболочки;

ρ_R – минимальный процент армирования для кольцевой арматуры;

a_{SR} – приведенная площадь поперечного сечения кольцевой арматуры;

h – толщина стены оболочки;

H_G – высота здания;

H – высота градирни;

q_b – скоростной напор ветра в уровне верха градирни высотой H;

c_{pi} – коэффициент внутреннего давления.

Е НАБОР

Приложение Б

Безопасность и эксплуатационная пригодность строительных конструкций и основания градирни. Основные положения

Б.1 Агрессивность охлаждаемой воды, подземных вод, морской воды

На строительные конструкции градирни среда эксплуатации оказывает агрессивное воздействие.

Газовая среда. Газовая среда внутри градирни характеризуется высокой влажностью (относительная влажность до 100 %) и наличием углекислого газа воздуха. Согласно СП 28.13330 газовая среда внутри градирни оценивается как слабоагрессивная для железобетонных конструкций. Газовая среда с наружной стороны градирни имеет переменную влажность с периодическим воздействием атмосферных осадков и оценивается как слабоагрессивная для железобетонных конструкций.

Грунты. Степень агрессивного воздействия грунтов зависит от их химического состава на площадке строительства и для каждой градирни оценивается в процессе изыскательских работ по результатам химического анализа грунтов согласно СП 28.13330. Отбор проб для химического анализа следует выполнять из всех отличающихся составом слоев выше уровня подземных вод на глубину заложения конструкций. Химическим анализом определяется содержание следующих агрессивных веществ (ионов):

- солей магния в пересчете на ион Mg^{2+};
- солей аммония в пересчете на ион NH_4^+;
- едких щелочей в пересчете на ионы Na^+ и K^+;
- сульфатов в пересчете на ион SO_4^{2-};
- хлоридов в пересчете на ион Cl^-;
- общее содержание хлоридов, сульфатов, нитратов и др. солей.

Подземные воды. Степень агрессивного воздействия подземных вод зависит от их химического состава на площадке строительства и для каждой градирни оценивается в процессе изыскательских работ по результатам химического анализа подземных вод по СП 28.13330. В процессе изыскательских работ химическим анализом подземных вод должно быть установлено содержание следующих агрессивных веществ (ионов):

- бикарбонатов HCO_3^-;
- агрессивной углекислоты CO_2;
- солей магния в пересчете на ион Mg^{2+};
- солей аммония в пересчете на ион NH_4^+;
- едких щелочей в пересчете на ионы Na^+ и K^+;
- сульфатов в пересчете на ион SO_4^{2-};
- хлоридов в пересчете на ион Cl^-;
- общее содержание хлоридов, сульфатов, нитратов и др. солей.

Кислотность (щелочность) вод определяется значением pH. На площадках с болотистыми грунтами следует определять содержание в подземных водах органических кислот.

Отбор проб следует выполнять во всех водоносных горизонтах до максимальной глубины заложения подземных конструкций.

Охлаждаемая вода. Охлаждаемая вода имеет переменный состав растворенных солей, зависящий от качества исходной воды, получаемой из природных источников и подвергающейся очистке, и испарения воды в процессе охлаждения. Источники воды и содержание в ней растворенных солей и других соединений определяется в процессе изыскательских работ. Увеличение концентрации растворенных солей и других соединений в процессе использования в технологическом процессе может достигать 5–7- кратного. Агрессивность охлаждающей воды по отношению к конструкциям из бетона и железобетона оценивается по СП 28.13330.

В НАБОР

В холодное время года возможно намерзание льда на верхней и нижней кромках оболочки градирни. Замораживание бетона под коркой льда увеличивает деструктивное действие замораживания.

При наличии вблизи градирни промышленных предприятий, выделяющих в окружающую среду агрессивные вещества (газы, пыль, растворы), при оценке степени агрессивного воздействия среды на строительные конструкции градирни следует учитывать и эти факторы.

Аэрозоль морских солей при строительстве градирни на берегу моря – существенное воздействие на строительные конструкции оказывает на расстоянии до 1 км от берега моря за счет агрессивного воздействия хлоридов на стальную арматуру.

Морская вода – оказывает агрессивное воздействие при прямом контакте со строительными конструкциями, в том числе при использовании в качества охлаждающей воды. Агрессивное воздействие зависит от солености воды в месте забора, которая повышается при испарении воды.

Биологические воздействия – среда градирни благоприятна для размножения бактерий, в том числе нитрифицирующих, выделяющих в процессе жизнедеятельности азотную и азотистую кислоты и понижающие pH воды, и водорослей.

Водоросли попадают в трубопроводы, засоряют спринклеры и затрудняют распыление охлаждаемой воды.

Б.2 Группирование строительных конструкций с учетом сред эксплуатации и принципы защиты

По характеру воздействия среды строительные конструкции градирен подразделяются на следующие группы:

I – подземные железобетонные конструкции (фундаменты вытяжной башни, фундаменты под подводящие трубопроводы, фундаменты каркаса водоохладительного устройства, каналы) – подвергаются воздействию агрессивных грунтов и подземных вод;

II – железобетонные элементы, постоянно находящиеся в охлаждаемой воде: днище и внутренние поверхности стенок бассейна ниже уровня воды;

III – опорная колоннада вытяжной башни, стенки водосборного бассейна выше уровня воды – подвергаются воздействию охлаждаемой воды и периодическому замораживанию и оттаиванию;

IV – каркас водоохладительного устройства– подвергаются воздействию охлаждаемой воды;

V – оболочка вытяжной башни с внутренней стороны подвергается воздействию охлаждаемой воды, с наружной стороны - нагреванию солнечной радиацией, увлажнению атмосферными осадками, высушиванию, замораживанию в холодный период года и оттаиванию при повышении температуры воздуха.

Зона оболочки ниже отметки водораспределения подвержена воздействию охлаждаемой воды, выше – конденсата воды.

Защита железобетонных конструкций от коррозии должна обеспечиваться в первую очередь применением бетона, стойкого к агрессивным воздействиям на элементы градирни – выбором исходных материалов, состава и технологии бетона (меры первичной защиты). При недостаточности первичной защиты для обеспечения долговечности конструкций применяются меры вторичной защиты – покрытия, соответствующие условиям эксплуатации конструкций. Принципы защиты железобетонных конструкций от агрессивных воздействий приведены в таблице Б.1.

В НАБОР

Таблица Б.1

Группа конструкций	Вид конструкций	Агрессивное воздействие	Принцип защиты
I	Подземные конструкции (свайные и плитные): - фундаменты вытяжной башни, бассейна, - фундаменты под подводящие трубопроводы, - фундаменты каркаса водоохладительного устройства, - подземные железобетонные каналы	Воздействие подземных вод и грунтов (сульфаты, хлориды и др.)	Выбор цемента, заполнителей, химических и минеральных добавок при приготовлении бетона в соответствии с ГОСТ 31384. Снижение проницаемости бетона. При недостаточности первичной защиты – гидроизоляция
II	Железобетонные элементы, постоянно находящиеся в охлаждаемой воде: - днище и стенки бассейна ниже уровня воды	Выщелачивающее и химическое воздействие охлаждаемой воды	Выбор материалов, стойких при действии охлаждаемой воды и конденсата и повышающих стойкость бетона (цементы, заполнители, химические и минеральные добавки). Снижение проницаемости бетона
III	Железобетонные элементы выше уровня воды в бассейне: - опорная колоннада вытяжной башни, - стенки бассейна выше уровня воды	Воздействие охлаждаемой воды и наружного воздуха, в холодный период – замораживание и оттаивание	Выбор материалов, стойких при действии охлаждаемой воды и повышающих стойкость бетона (цементы, заполнители, химические добавки). Снижение проницаемости бетона для углекислого газа, воды, растворенных в воде солей (хлоридов, сульфатов). Повышение морозостойкости бетона введением комплекса пластифицирующих и воздухововлекающих добавок
IV	Железобетонные элементы, находящиеся в зоне воздействия воды и подвергающиеся замораживанию и оттаиванию лишь при остановке работы градирни в зимнее время: - каркас водоохладительного устройства, - надземные участки подводящих каналов, - шахты подъема горячей воды	Выщелачивающее и химическое действие воды, действие растворенных солей, в холодный период – периодическое замораживание и оттаивание	Выбор материалов, стойких при действии охлаждаемой воды и повышающих стойкость бетона (цементы, заполнители, химические добавки). Снижение проницаемости бетона для воды, растворенных в воде солей (хлоридов, сульфатов). Повышение морозостойкости бетона введением комплекса пластифицирующих и воздухововлекающих добавок

В НАБОР

V	Оболочка градирни	С внутренней стороны – выщелачивающее и химическое действие охлаждаемой воды и конденсата, биологическая коррозия; с наружной стороны – попеременное увлажнение атмосферными осадками и высушивание, карбонизация бетона, замораживание и оттаивание	Выбор материалов, стойких к действию охлаждаемой воды. Снижение проницаемости бетона для воды, растворенных в воде солей (хлоридов, сульфатов). Повышение морозостойкости бетона введением комплекса воздухововлекающих и пластифицирующих добавок. Защита внутренней поверхности водонепроницаемыми трещиностойкими покрытиями от выщелачивания, проникания воды и растворенных солей в бетон, уменьшения капиллярного и диффузионного потоков воды в бетоне в зону замораживания. Защита наружной стороны гидрофобными паропроницаемыми покрытиями

В НАБО 29

Приложение В

Требования к устройству защитных покрытий бетона

Защитные покрытия по бетону назначаются для внутренней и наружной сторон железобетонной оболочки градирни, опорной колоннады, ветровых перегородок для обеспечения долговечности конструкций на основании технико-экономического обоснования с учетом сравнения фактических показателей качества бетона и проектных требований.

Критериями пригодности системы защитных покрытий железобетонных конструкций градирен являются:

- стойкость в среде эксплуатации и в окружающей среде;
- стойкостью к щелочной среде бетона (pH 9–13,2);
- адгезия к бетону выше прочности бетона на растяжение и сцепление между отдельными слоями системы защитных покрытий;
- низкая проницаемость для углекислого газа CO_2;
- обеспечение защиты от карбонизации;
- отсутствие охрупчивания при низких температурах;
- положительные результаты пробного нанесения защитного покрытия на натурный опытный фрагмент строительных конструкций градирни;
- возможностью возобновления после старения ранее нанесенного покрытия;
- срок службы системы защитного покрытия, соответствующий периоду между этапами мониторинга и межремонтному сроку.

Покрытия внутренних поверхностей должны ограничивать проникание воды и пара в бетон оболочки. Защитные покрытия для внутренней поверхности железобетонной оболочки градирни должны обладать следующими свойствами:

- высокой водонепроницаемостью (не менее 1,4 МПа);
- адгезией к бетону не ниже 1,0 МПа;
- возможностью перекрытия трещин в бетоне до 0,2 мм при изменении ширины трещины ±0,1мм;
- стойкостью к длительному воздействию охлаждаемой воды и конденсата;
- толщина покрытия должна быть не менее 200 мкм.

В зонах постоянного воздействия ультрафиолетового излучения следует предусматривать дополнительную защиту эластичным полиуретановым покрытием.

Для защиты внутренней стороны железобетонной оболочки рекомендуется применять системы на основе полимерных лакокрасочных покрытий, стойких во внутренней среде градирен, в соответствии с таблицей В.1 (например, полиуретановые, полисилоксановые, ниже 1/2 высоты оболочки- эпоксидные).

Покрытия наружных поверхностей оболочки должны уменьшать увлажнение бетона атмосферными осадками и не ограничивать испарение из бетона. Защитные покрытия для наружной поверхности железобетонной оболочки должны обладать следующими свойствами:

- гидрофобностью;
- низким сопротивлением диффузии водяных паров (коэффициент паропроницаемости при толщине слоя 120 мкм более 0,03мг/м·ч·Па);
- возможность перекрытия трещин в бетоне до 0,2 мм при изменении ширины трещины ±0,1мм в соответствии с ГОСТ 31383;
- длительным защитным действием при переменном нагревании и охлаждении;
- стойкостью к ультрафиолетовому облучению;
- толщина покрытия должна быть не менее 200 мкм (декоративного – не менее 80 мкм).

В НАБОР

В качестве гидрофобных покрытий наружной поверхности оболочки следует использовать составы, в соответствии с таблицей В.1 (например, на основе акрилатов и/или сополимеров).

В качестве мер повышения гидрофобизующих свойств наружной поверхности могут быть использованы пропитывающие составы на основе силанов.

В качестве защитных покрытий опорной колоннады, железобетонных конструкций воздуховодных окон и бассейна рекомендуется использовать эпоксидные составы.

Условие применения покрытий новых видов – технико-экономическое обоснование повышения долговечности строительных конструкций сооружаемых или эксплуатируемых градирен.

Значение расхода материала защитных покрытий m, г/м^2, определяется по формуле

$$m = (S_{min} + 1{,}64\ rsd)\ \rho/S_v\ (1 + \alpha)(1 + \beta), \quad (В.1)$$

где S_{min} – минимальная толщина защитного покрытия, мкм (таблица В.2);

rsd – стандартные отклонения от толщины защитного покрытия, мкм; для нового строительства rsd = 20÷60 мкм;

ρ – плотность материала защитных покрытий, кг/дм^3;

S_v – содержание твердых веществ по объему;

α – коэффициент потерь при нанесении; α = 0,1÷0,3.

β – коэффициент изменения расхода материала в зависимости от шероховатости поверхности; β = 0,1÷0,6.

Ориентировочные значения минимальной толщины пленки возможных систем органических покрытий для конструкции градирни приведены в таблице В.3.

Коэффициент вариации толщины защитных покрытий при их нанесении должен быть не более 0,2.

Технические характеристики защитных покрытий должны подвергаться проверочным испытаниям в лабораториях по ГОСТ ИСО/МЭК 17025 и в натурных условиях с контролем следующих характеристик:

- толщины покрытия по ГОСТ 31993, расход материалов;
- стойкости к температурным воздействиям по ГОСТ 27037;
- стойкости к воздействию климатических факторов по ГОСТ 9.401;
- паропроницаемости по ГОСТ 28575;
- водонепроницаемости по ГОСТ 31383;
- светостойкости по ГОСТ 9.045;
- стойкости к воздействию воды по ГОСТ 9.403;
- адгезии к бетону методом отрыва по ГОСТ 28574;
- трещиностойкости покрытий по ГОСТ 31383;
- проницаемости для углекислого газа по ГОСТ 31383;
- стойкости покрытия к действию плесневых грибов по ГОСТ 9.050;
- изменения внешнего вида покрытия в процессе испытаний по ГОСТ 9.407.

Состояние защитных покрытий в эксплуатационных условиях следует периодически контролировать.

Таблица В.1 – **Основные типы покрытий при действии различных факторов на градирнях**

Часть конструкции	Обозначение типа слоя материалов защитных покрытий
Бассейн	M/P+EP
Опорная колоннада	P+EP/
Оборудование, установки, опорные конструкции оросительного устройства	M/P+EP/LV/PS
Оборудование, установки, конструкции водораспределителя (каплеуловителя)	P+EP/LV/PS

В НАБОР 31

Внутренняя поверхность оболочки ниже ½ высоты оболочки	P+EP/LV/PS
Внутренняя поверхность оболочки выше ½ высоты оболочки	P+EP(U)+PUR
Проходы (конструкции для проходов для обслуживания оборудования)	L+EP
Наружная поверхность оболочки	P+T:AR/LV/PS

Обозначения, используемые в таблице:
L – выравнивающий слой;
P – грунтовочный слой;
T – внешний покрывной (защитный) слой для покрытия наружной поверхности;
EP – эпоксидное покрытие;
EP(U) – эпоксидное покрытие, стойкое к воздействию ультрафиолета;
PUR – полиуретановое покрытие;
PS – полисилоксановые покрытия;
LV – покрытия на основе сополимеров;
AR – акрилатные покрытия;
M – минеральное покрытие на основе цементного вяжущего, полимермодифицированное.
/ – варианты.

Таблица В.2 – **Минимальные значения толщины покрытия на поверхностях оболочки градирни и параметры расчета расхода**

Обозначение параметра	Наружная поверхность оболочки всех типов градирен		Внутренняя поверхность оболочки всех типов градирен	
	Декоративное покрытие (для визуального эффекта)	Защитное покрытие	без выравнивания поверхности	с предварительным выравниванием поверхности
Толщина покрытия, мкм	80	200	200	200
rsd	20–30	40–60	30–50	30–60
α	0,03	0,03	0,10	0,10
β	0,20–0,25	0,30–0,35	0,30–0,60	0,10–0,15

Таблица В.3 – **Ориентировочные значения минимальной толщины пленки возможных систем органических покрытий для конструкции градирни**

Наименование конструкции	Значение толщины пленки, мкм, покрытий для градирни	
	нормальной эксплуатации	на морской воде
Опорная колоннада	–	200
Оборудование, установки, опорные конструкции оросительного устройства	–	200
Оборудование, установки, конструкции водораспределителя (каплеуловителя)	–	200
Внутренняя поверхность оболочки ниже ½ высоты оболочки	200	200
Внутренняя поверхность оболочки выше ½ высоты оболочки	200	200
Наружная поверхность оболочки Декоративное покрытие для визуального эффекта Защитное покрытие	80 200	80 200

Выравнивающие составы для подготовки бетонной поверхности под защитные покрытия должны соответствовать классу ремонтной смеси R1 или R2 по ГОСТ Р 56378.

В НАБОР

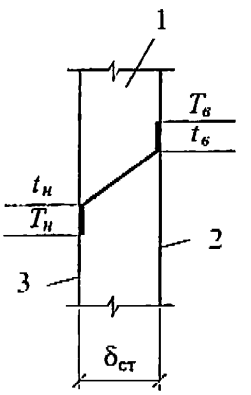
Приложение Г

Температурные и влажностные воздействия на оболочку башни градирни

Г.1 Температурные воздействия на оболочку башни градирни

Температурное воздействие на оболочку вытяжной башни определяется в соответствии с СП 20.13330.

В практических расчетах линейное изменение температуры принимается по толщине стенки оболочки (рисунок Г.1).



1 – оболочка; *2* – внутренняя поверхность; *3* – наружная поверхность

***Рисунок Г.1* – Изменение температуры по толщине стенки оболочки**

Одновременно с температурными учитываются влажностные воздействия, обусловленные неравномерным увлажнением стенки градирни по толщине.

Температура воздуха внутри градирни изменяется кусочно-линейно между тремя значениями:

$t = 5°$ С – на отметке верха воздуховодных окон;

$t = 20$ °С – на отметке оросителя;

$t = 16{,}4 + 0{,}36\ t_н$ – на отметке верха башни, °С,

где $t_н$ – расчетная температура воздуха снаружи оболочки, принимаемая равной расчетной температуре воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 согласно СП 131.13330.

Расчетный перепад температуры определяется по формуле

$$\Delta t_р = \Delta t + (\beta/\alpha)\,\Delta U,$$

где Δt – перепад температур по толщине оболочки, определяемый по формуле

$$\Delta t = \frac{h/\lambda}{h/\lambda + 1/\alpha_{вн} + 1/\alpha_н}(t_{вн} - t_н), \qquad (Г.1)$$

h – толщина оболочки;

$t_{вн}$ и $t_н$ – температура соответственно внутри и снаружи оболочки градирни;

λ – коэффициент теплопроводности бетона;

$\alpha_{вн}$, $\alpha_н$ – теплоотдача соответственно на внутренней и наружной сторонах оболочки согласно СП 50.13330;

$\beta = 0{,}00015$ – коэффициент линейной усадки тяжелого бетона;

$\alpha = 0{,}00001$ – коэффициент линейной температурной деформации бетона;

ΔU – перепад влажности по толщине оболочки, определяемый по формуле

$$\Delta U = 0{,}2\ W_{75},$$

В НАБОР

где W_{75} – расчетная равновесная влажность бетона, соответствующая относительной влажности воздуха 75 %. В зависимости от модуля поверхности оболочки $m=\frac{2S}{V}$:

$W_{75} = 0{,}00625$, при $m \le 2$.

$W_{75} = 0{,}00625 \times (11 + m) / 13$, при $2 \le m \le 15$.

$W_{75} = 0{,}0125$, при $m \ge 15$.

Здесь S – площадь поверхности, м^2, V – объем, м^3.

Г.2 Для режима летнего останова необходимо учитывать односторонний нагрев башни солнечной радиацией. При этом распределение температурного перепада описывается косинусоидой для половины окружности с максимальным значением

$$\Delta T = T_{\text{нар}} - T_{\text{вн}}, \qquad (Г.2)$$

где $T_{\text{вн}}$ – температура внутренней поверхности башни, принимаемая равной 15°С;

$T_{\text{нар}}$ – температура внешней поверхности башни, определяемая как

$$T_{\text{нар}} = t_{ew} + \theta_5, \qquad (Г.3)$$

t_{ew} – средняя суточная температура наружного воздуха в теплое время года;

θ_5 – приращение перепада температуры от солнечной радиации.

Значения t_{ew} и θ_5 принимаются в соответствии с разделом 13 СП 20.13330.2016.

Г.3 Для режима зимнего останова воздействие солнечной радиации не учитывается. Расчетный температурный перепад принимается постоянным по всей поверхности башни и определяется по формуле (Г.2), в которой $T_{\text{нар}}$ принимается равной $t_{\text{н}}$ – расчетной температуре воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 согласно СП 131.13330.

Г.4 В расчете следует учитывать снижение усилий вследствие ползучести бетона путем введения уменьшенного модуля деформации.

Г.5 При расчете несущего каркаса водоохладительного устройства градирни следует учитывать кратковременную нагрузку от веса льда. Расчетная нагрузка от веса льда принимается равной 350 кг/м^2.

Коэффициент надежности по нагрузке от веса льда $\gamma_f = 1{,}4$.

В НАБОР

40

Приложение Д

Ветровая нагрузка на оболочку башни градирни

Нормативное значение ветровой нагрузки w следует определять как сумму средней w_m и пульсационной w_p составляющих

$$w = w_m + w_p. \quad (Д.1)$$

Нормативное значение пульсационной составляющей ветровой нагрузки w_p на высоте z следует определять по формуле

$$w_p = w_m\ \xi\ \zeta(z)\ \nu, \quad (Д.2)$$

где w_m – определяется без учета внутреннего давления w_i;

ξ – коэффициент динамичности;

$\zeta(z)$ – коэффициент пульсации ветра на уровне z;

ν – коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра.

Коэффициент динамичности ξ определяется по рисунку 11.1 СП 20.13330.2016 в зависимости от параметра ε_I и логарифмического декремента колебаний δ.

Параметр ε_I определяется для первой собственной частоты f_1, Гц, по формуле

$$\varepsilon_I = \frac{\sqrt{w_0 \cdot k(z) \cdot \gamma_f}}{940 f_1}, \quad (Д.3)$$

где w_0 – нормативное значение давления ветра, Па;

$k(z)$ – коэффициент, учитывающий изменение давления ветра по высоте.

Коэффициент надежности по ветровой нагрузке γ_f следует принимать равным 1,4.

Значение логарифмического декремента колебаний δ = 0,3 – для железобетонных сооружений.

Коэффициент пульсации $\zeta(z)$ следует определять по таблице 11.4 СП 20.13330.2016, а коэффициент пространственной корреляции пульсаций давления ветра ν следует определять по 11.1.11 СП 20.13330.2016.

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки w_m следует определять по формуле

$$w_m = w_e\,(z,\ \theta) - w_i, \quad (Д.4)$$

где w_i – внутреннее давление.

При наличии на поверхности оболочек вертикальных ребер внешнее ветровое давление определяют по формуле

$$w_e\,(z,\ \theta) = c_{pe}\,(\theta)\ \varphi\ F_1\ q_b\,(z), \quad (Д.5)$$

где z – высота над уровнем земли;

θ – угловое расстояние в горизонтальном поперечном сечении от линии начального отсчета;

$q_b(z)$ – скоростной напор на высоте z, рассчитываемый по формуле

$$q_b(z) = w_o\,k(z). \quad (Д.6)$$

Коэффициент, учитывающий применение ветрового давления по высоте $k(z)$, принимается по таблице 11.2 СП 20.13330.2016 для местности типа А или рассчитывается по формуле

$$k(z) = k_{10}\,(z/10)^{2\alpha}, \quad (Д.7)$$

где коэффициенты k_{10} и α принимаются по таблице 11.3 СП 20.13330.2016 для местности типа А;

φ – аэродинамический коэффициент, определяемый по рисунку Д.2;

F_1 – коэффициент зависимости ветрового давления от расположенных вблизи сооружений, определяемый согласно рисункам Д.3 и Д.4;

c_{pe} – коэффициент внешнего давления, значение которого во многом зависит от расположения ребер на поверхности оболочки. Наличие вертикальных ребер определяется

В НАБОР 35

41

параметром неровности h_R/a_R, где h_R – высота ребра, a_R – расстояние между ребрами на 1/3 высоты оболочки.

В зависимости от значения h_R/a_R выбирают соответствующую кривую распределения коэффициентов ребристости поверхности К 1.0 – К 1.3 (таблица Д.1), а затем по рисунку Д.1 находят коэффициент внешнего давления c_{pe} (θ).

Таблица Д.1

Параметр неровности h_R/a_R	Минимальное давление c_{pe}	Кривая распределения коэффициентов ребристости поверхности
0,025 – 0,100	– 1,0	К 1.0
0,016 – 0,025	– 1,1	К 1.1
0,010 – 0,016	– 1,2	К 1.2
0,006 – 0,010	– 1,3	К 1.3

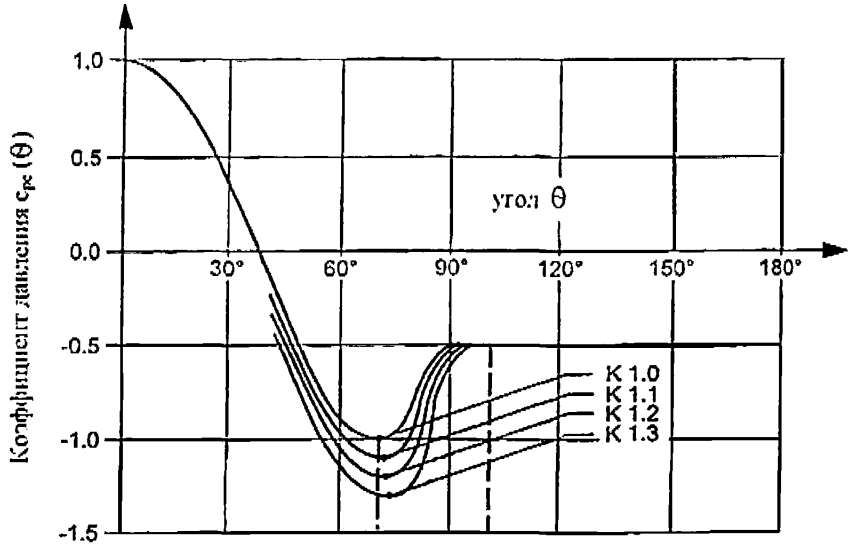
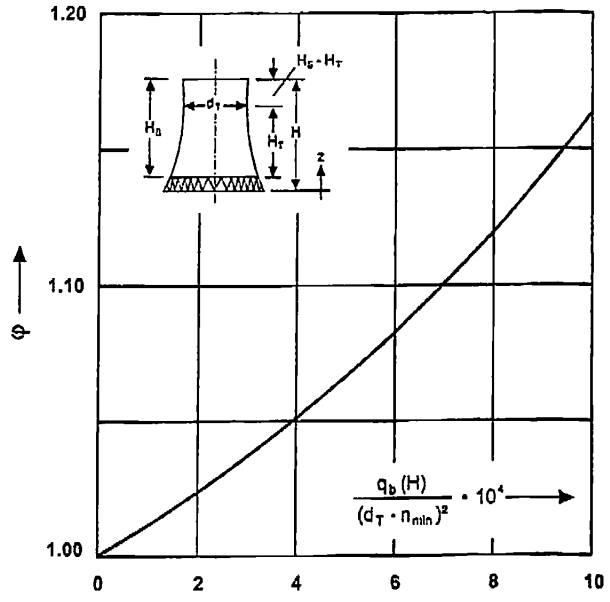


Рисунок Д.1 **– Значение коэффициентов внешнего давления c_{pe} (θ) в зависимости от угла θ и коэффициентов К 1.0 – К 1.3**

В НАБОР



Единицы измерения: q_b – кН/м²; d_T, H и z – м;
n_{min} – минимальная частота собственных колебаний, Гц

Рисунок Д.2 **– Аэродинамический коэффициент φ**

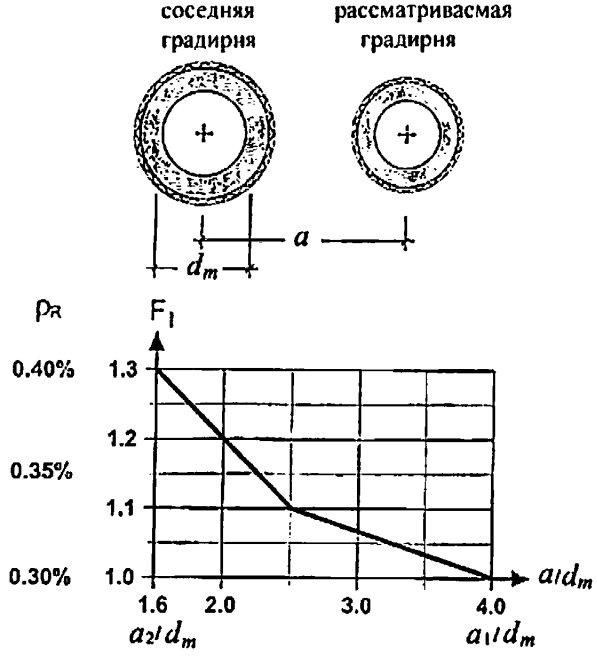


Рисунок Д.3 **– Помехи «градирня – градирня» для зависимости параметра a/d_m от расстояния между верхним пределом a_1/d_m и нижним пределом a_2/d_m**

Для отдельно стоящей градирни влияние расположения другой градирни на расстоянии a (рисунок Д.3) учитывается коэффициентом помех F_1, $\%_0$, и при

В НАБОР

необходимости, увеличением значения минимального армирования ρ_R для кольцевой арматуры в нижней части оболочки

$$\rho_R = a_{SR} / h, \qquad (Д. 8)$$

где a_{SR} – приведенная площадь поперечного сечения кольцевой арматуры, см^2/пог.м;

h – толщина стены оболочки, см.

Если $a_1/d_m > a/d_m > a_2/d_m$, то коэффициент помех F_1, а также размер увеличения минимального коэффициента армирования находят по рисунку Д.3. Предельные значения a/d_m составляют: $a_1/d_m = 4$ и $a_2/d_m = 1{,}6$, где $d_m = (d_u + d_T) / 2$ – средний диаметр оболочки, d_u – диаметр по нижней кромке оболочки, d_T – диаметр оболочки в горловине.

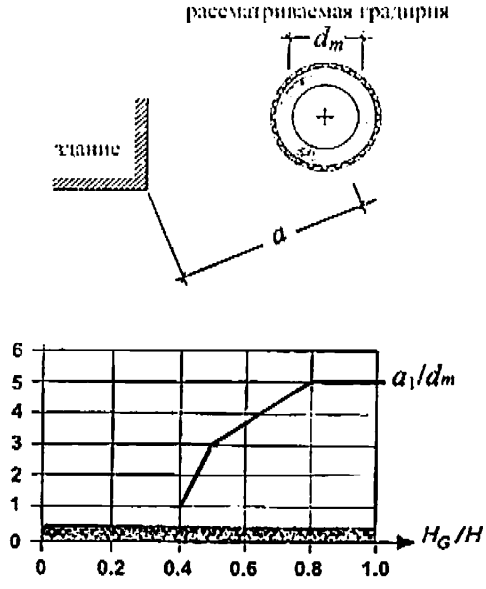


***Рисунок Д.4* – Помехи «градирня – здание» в зависимости от отношения H_G/H и верхнего предела a_1/d_m**

Влияние помех для случаев «градирня – здание» находят по рисунку Д.4 в зависимости от отношения H_G/H, где H_G – высота здания, H – высота градирни.

Коэффициент помех F_1 находят по формуле

$$F_1 = 1 + 0{,}1\ (a_1/d_m - a/d_m) \geq 1{,}0. \qquad (Д. 9)$$

Коэффициентом помех F_1 можно пренебречь, если высота здания составляет менее 40 % высоты градирни.

Значение армирования нижней половины оболочки ρ_R, %, находят по формуле

$$\rho_R = 0{,}1\ [3 + (a_1/d_m - a/d_m) / 3] \geq 0{,}3. \qquad (Д. 10)$$

Значение ветрового давления на внутренней поверхности

$$w_i = c_{pi}\ F_1\ q_b\ (H), \qquad (Д. 11)$$

где q_b – скоростной напор ветра на вершине градирни высотой H;

c_{pi} – коэффициент внутреннего давления, принимаемый равным c_{pi} = минус 0,5.

Ветровая нагрузка на опорную колоннаду вытяжной башни градирни определяется в соответствии с приложением Д СП 20.13330.2016.

В НАБОР

Библиография

[1] СП 52-110-2009 Бетонные и железобетонные конструкции, подвергающиеся технологическим повышенным и высоким температурам

[2] РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений

[3] СО-153.34.21.122-2003 Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных предприятий

[4] Приказ Минобороны России, Минтранса России и Росавиакосмоса от 31 марта 2002 г. № 136/42/51 «Об утверждении Федеральных авиационных правил полетов в воздушном пространстве Российской Федерации»

[5] Приказ Минтранса России от 25 августа 2015 г. № 262 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Требования, предъявляемые к аэродромам, предназначенным для взлета, посадки, руления и стоянки гражданских воздушных судов»

[6] НП-031-01 Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций

gost.e-ecolog.ru

В НАЛ 39