**Министерство строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации**

**Федеральное автономное учреждение
«Федеральный центр нормирования, стандартизации
и оценки соответствия в строительстве»**

Методическое пособие

ПОСОБИЕ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЗАЩИТЫ ОТ КОРРОЗИИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Москва 2017

gost.e-ecolog.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ……4
Область применения ……6
1 Нормативные ссылки ……7
2 Общие положения ……12
3 Степень агрессивного воздействия сред ……21
4 Требования к материалам и конструкциям ……35
5 Защита от коррозии поверхностей бетонных и железобетонных конструкций ……64
6 Особенности защиты железобетонных конструкций от электрокоррозии ……72
7 Защита от коррозии конструкций специального назначения ……84
7.1 Емкостные сооружения ……84
7.2 Дымовые, газодымовые и вентиляционные трубы ……87
7.3 Подземные трубопроводы ……89
8 Требования безопасности и охраны окружающей среды ……93
9 Пожарная безопасность ……94
10 Технико-экономические обоснования выбора эффективных решений антикоррозионной защиты ……96
Приложение А (справочное). Классификация сред эксплуатации ……99
Приложение Б (обязательное). Классификация агрессивности сред ……102
Приложение В (обязательное). Степень агрессивного воздействия сред ……104
Приложение Г (обязательное). Агрессивное воздействие хлоридов ……112
Приложение Д (справочное). Показатели проницаемости бетона ……113
Придожение Е (рекомендуемое). Метод определения агрессивной углекислоты....114
Приложение Ж (справочное). Показатели качества бетона для различных классов сред эксплуатации ……116
Приложение И (обязательное). Требования к бетонам и железобетонным конструкциям ……119
Приложение К (справочное). Область применения некоторых химических добавок ……126
Приложение Л. Требования к защите ограждающих конструкций……127

Приложение М (справочное) Условия воздействия среды на закладные детали и соединительные элементы в зданиях с наружными стенами из трехслойных стеновых панелей ……..……128
Приложение Н (справочное) Способы защиты закладных деталей и соединительных элементов в наружных стенах ……....129
Приложение П (рекомендуемое) Ускоренное определение способности пористого заполнителя связывать гидроксид кальция ….....130
Приложение Р (рекомедуемое) Требования к выбору покрытий в зависимости от условий эксплуатации конструкций ……..……..……....132
Приложение С (обязательное) Виды защиты конструкций ……..…….....133
Приложение Т (справочное) Требования к изоляции различных типов ……..…..136
Приложение У (обязательное) Требования к потенциальным источникам блуждающих токов отделений электролиза ……..……....140
Приложение Ф (справочное) Схема электрозащиты блочной железобетонной конструкции ……..……143
Библиография ……..……..……..145

Введение

Пособие разработано в развитие СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии» в части антикоррозионной защиты бетонных и железобетонных конструкций. По сравнению с Пособием по проектированию защиты от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций к СНиП 2.03.11-85, изданным в 1989 г., новая редакция Пособия доработана с учетом актуализации СП 28.13330.2017, разработанных в последние годы нормативных документов СП 72.13330.2016 «СНиП 3.04.03-85 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии» и СП 229.1325800.2014 «Железобетонные конструкции подземных сооружений и коммуникаций. Защита от коррозии».

Пособие разработано на основе анализа и обобщения теоретических и экспериментальных исследований, натурных обследований, проведенных в последние годы, с учетом накопленного опыта эксплуатации зданий и сооружений в агрессивных средах.

Содержит общие требования по защите от коррозии бетонных и железобетонных конструкций, классификацию степени агрессивного воздействия газовых, твердых и жидких сред, требования к бетону, подвергающемуся периодическому замораживанию и оттаиванию при увлажнении пресными и минерализованными, в том числе морскими водами, растворами противогололедных реагентов. Даны меры защиты бетона от коррозии, вызываемой взаимодействием щелочей цемента с реакционноспособным диоксидом кремния заполнителя, указаны способы защиты от коррозионного воздействия грибов и бактерий. Приведены меры по первичной и вторичной защите от коррозии бетонных и железобетонных конструкций, защите надземных и подземных железобетонных конструкций, свай, ограждающих конструкций, защите железобетонных конструкций от электрокоррозии.

Приведены примеры оценки агрессивного воздействия сред, создания конструкций из коррозионностойких бетонов, выбора оптимальных мер защиты.

Для обеспечения ориентации при проектировании и увязки с СП 28.13330.2017 в пунктах и таблицах Пособия в скобках указаны соответствующие номера пунктов и таблиц СП 28.13330.2017. Это означает, что данный пункт или данная таблица Пособия повторяет или развивает указанный пункт или таблицу СП 28.13330.2017.

Защита от коррозии конструкций специального назначения выполняется соглано требованиям нормативных документов на эти конструкции.

Пособие разработано АО НИЦ «Строительство» НИИЖБ им. А.А. Гвоздева (д. т. н., проф. В.Ф. Степанова, д. т. н. Н.К. Розенталь, д-р материаловедения В.Р. Фаликман, к. т. н.Г.В. Чехний, В.И. Савин, А.В. Бучкин, инженеры С.Е. Соколова, Е.Н. Королева, Т.Л. Зимина, И.М. Паршина, Ю.А. Плачев, С.А. Орехов).

При составлении Пособия использованы материалы отечественных норм и научно-технических документов: СП 28.13330.2017 «СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии», СП 72.13330.2016 «СНиП 3.04.03-85 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии», ГОСТ 31384-2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии», ГОСТ Р 57345-2016/EN 206-1:2013 «Бетон. Общие технические условия», а также зарубежных норм: EN 206:2014 «Бетон. Общие технические требования, свойства, производство и подтверждение соответствия», ACI 201.2R – 16 «Guide to Durable Concrete», ACI 222R – 01 «Protection of Metals in Concrete Against Corrosion», ACI 222.2R-01 «Corrosion of Prestressing Steels», ACI 222.3R-03 «Design and Construction Practice to Mitigate Corrosion on Reinforcement in Concrete Structures», BS 8110-1:1997 «Structural Use of Concrete. Code of Practice for Design and Construction».

Область применения

Пособие распространяется на проектирование защиты от коррозии бетонных и железобетонных строительных конструкций, как вновь возводимых, так и реконструируемых зданий и сооружений.

Пособие разработано для применения широким кругом специалистов, чья деятельность связана с проектированием защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций: проектных организаций, государственных и иных органов экспертизы и согласования; надзорных служб в сфере природопользования, охраны водных ресурсов, защиты прав потербителенй и благополучия человека; органов лицензирования и сертификации; организаций – изготовителей материалов, применяемых для первичной и вторичной защиты бетона.

1 Нормативные ссылки

ГОСТ 9.602-2005 Единая система защиты от коррозии и старения. Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии.

ГОСТ 12.3.002-75 ССБТ. Процессы производственные. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.3.005-75 ССБТ. Работы окрасочные. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.3.016-87 ССБТ. Строительство. Работы антикоррозионные. Требования безопасности.

ГОСТ 969-91 Цементы глиноземистые и высокоглиноземистые. Технические условия.

ГОСТ 4245-72 Вода питьевая. Методы определения содержания хлора.

ГОСТ 6482-2011 Трубы железобетонные безнапорные. Технические условия.

ГОСТ 8267-2014 Щебеньи гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.

ГОСТ 8269.1-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы химического анализа.

ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости.

ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.

ГОСТ 10884-94 Сталь арматурная термомеханически упрочненная для железобетонных конструкций. Технические условия.

ГОСТ 12004-81 Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение.

ГОСТ 12586.0-83 Трубы железобетонные виброгидропрессованные. Технические условия.

ГОСТ 12730.3-78 Бетоны. Метод определения водопоглощения.

ГОСТ 12730.5-84 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.

ГОСТ 16149-70 Защита подземных сооружений от коррозии блуждающим током поляризованными протекторами. Технические требования.

ГОСТ 22263-76 Щебень и песок из пористых горных пород. Технические условия

ГОСТ 22266-2013 Цементы сульфатостойкие. Технические условия.

ГОСТ 23732-2011 Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия.

ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические требования.

ГОСТ 25485-89 Бетоны ячеистые. Технические условия

ГОСТ 25818-91 Зола-унос тепловых электростанций для бетонов. Технические условия.

ГОСТ 25820-2014 Бетоны легкие. Технические условия.

ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.

ГОСТ 26819-86 Трубы железобетонные напорные со стальным сердечником. Технические услловия.

ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные 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. Испытание паропроницаемости защитных покрытий.

ГОСТ 30459-2003 Добавки для бетонов и строительных растворов. Методы определения эффективности.

ГОСТ 30515-2013 Цементы. Общие технические условия.

ГОСТ 31108-2016 Цементы общестроительные. Технические условия.

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

ГОСТ 31938-2012 Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия.

ГОСТ 31954-2012 Вода питьевая. Методы определения жесткости.

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

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

ГОСТ 32496-2013 Заполнители пористые для легких бетонов. Технические условия.

ГОСТ 33174-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Цементы. Технические требования.

ГОСТ 33290-2015 Материалы лакокрасочные, применяемые в строительстве. Общие технические условия.

ГОСТ Р 55224-2012 Цементы для транспортного строительства. Технические условия.

ГОСТ Р 56178-2014 Модификаторы органо-минеральные типа МБ для бетонов, строительных растворов и сухих смесей. Технические условия.

ГОСТ Р 56378-2015 Материалы и системы для защиты и ремонта бетонных конструкций. Требования к ремонтным смесям и адгезионным соединениям контактной зоны при восстановлении конструкций.

ГОСТ Р 56592-2015 Добавки минеральные для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия.

ГОСТ Р 56593-2015 Добавки минеральные для бетонов и строительных растворов. Методы испытаний.

ГОСТ Р 56687-2015 Бетоны. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Метод определения сульфатостойкости бетона.

ГОСТ Р 56703-2015 Смеси сухие строительные гидроизоляционные проникающие капиллярные на цементном вяжущем.

ГОСТ Р 56727-2015 Цементы напрягающие. Технические условия.

ГОСТ Р 57345-2016 Бетоны. Общие технические условия.

ГОСТ Р ИСО 14040-2010 Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Принципы и структура.

ГОСТ Р ИСО 14041-2000 Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Определение цели, области исследования и инвентаризационный анализ.

ГОСТ Р ИСО 14042-2001 Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Оценка воздействия жизненного цикла.

ГОСТ Р ИСО 14043-2001 Управление окружающей средой. Оценка жизненного цикла. Интерпретация жизненного цикла.

ГОСТ Р ИСО 14044-2007 Экологический менеджмент. Оценка жизненного цикла. Требования и рекомендации.

ГОСТ Р ИСО 14045-2014 Экологический менеджмент. Оценка экологической эффективности продукционныъх систем. Принципы, требования и руководящие указания.

СП 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты».

СП 28.13330.2012 «СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии».

СП 29.13330.2011 «СНиП 2.03.13-88 «Полы».

СП 31.13330.2012 «СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».

СП 32.13330.2012 «СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения».

СП 34. 13330.2012 «СНиП 2.05.02-85 «Автомобильные дороги».

СП 35.13330.2011 «СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы».

СП 41.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений».

СП 43.13330.2012 «СНиП 2.09.03-85 «Сооружения промышленных предприятий».

СП 46.13330.2012 «СНиП 3.06.04-91 «Мосты и трубы».

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

СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения».

СП 72.13330.2016 «СНиП 3.04.03-85 «Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии».

СП 121.13330.2012 «СНиП 32-03-96 «Аэродромы».

СП 131. 13330.2011 «СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».

СП 229.1325800.2014 «Железобетонные конструкции подземных сооружений и коммуникаций. Защита от коррозии».

2 Общие положения

2.1 Настоящее Пособие составлено в развитие СНиП 2.03.11–85 (СП 28.13330.2016) с целью проектирования защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций как вновь возводимых, так и реконструируемых зданий и сооружений, подвергающихся химическому, биологическому или физико-химическому воздействию агрессивных природных и производственных сред в промышленном, гидротехническом, энергетическом, транспортном, водохозяйственном, сельскохозяйственном, жилищно-гражданском и других областях строительства. Пособие распространяется на бетонные и железобетонные конструкции, эксплуатирующиеся в агрессивных средах с температурой от минус 70 °С до плюс 50 °С.

Пособие не распространяется на проектирование защиты бетонных и железобетонных конструкций от коррозии, вызванной радиоактивными веществами, зданий и сооружений, подвергающихся интенсивному тепловому воздействию, воздействию жидких сред с высокими температурами и давлениями, а также на конструкции из специальных бетонов (полимербетонов, бетонополимеров, кислотостойких, жаростойких бетонов). Требования по защите от коррозии к тяжелому бетону могут быть распространены на легкие бетоны, если по коррозионным характеристикам и морозостойкости они соответствуют требованиям СП 28.13330.

Примечание – Полимербетоны и кислотостойкие бетоны рассматриваются в Пособии только как материалы для защиты от коррозии поверхностей бетонных и железобетонных конструкций.

2.2 (4.1) Требования к первичной и вторичной защите строительных конструций указаны для конструкций со сроком эксплуатации 50 лет. Для бетонных и железобетонных конструкций со сроком эксплуатации 100 лет и конструкций зданий и сооружений класса КС-3, имеющих повышенный уровень ответственности по ГОСТ 27751, оценка степени агрессивности повышается на один уровень. Указанные требования назначаются как для вновь возводимых, так и для

реконструируемых зданий и сооружений. Если оценка степени агрессивности среды не может быть увеличена (например, для сильноагрессивной среды), защита от коррозии выполняется по специальному проекту.

2.3 (4.2) Проектирование, строительство и реконструкция зданий и сооружений должны осуществляться с учетом опыта эксплуатации аналогичных строительных объектов, при этом следует предусматривать анализ коррозионного состояния конструкций и защитных покрытий с учетом вида и степени агрессивности среды.

2.4 (4.3) При проектировании защиты от коррозии в новом строительстве исходными данными являются:

- сведения о климатических условиях района по СП 131.13330 и влажностном режиме помещений и среды по СП 50.13330;

- результаты изысканий, выполняемых на территории строительной площадки (состав, уровень стояния и направление потока подземных вод, возможность повышения уровня подземных вод, наличие в грунте и подземной воде веществ, агрессивных к материалам строительных конструкций, наличие токов утечки и др.);

- характеристики газовой агрессивной среды (газы, аэрозоли): вид и концентрация агрессивного вещества, температура и влажность среды в здании (сооружении) и снаружи с учетом преобладающего направления ветра, а также с учетом возможного изменения характеристик среды в период эксплуатации строительных конструкций;

- механические и биологические воздействия на строительные конструкции.

Результаты инженерно-геологических изысканий на строительной площадке должны характеризовать грунты и подземные воды на глубине не менее глубины заложения строительных конструкций. Результаты изысканий должны содержать информацию о прогнозируемом изменении уровня подземных вод. При выполнении анализа результатов инженерно-геологических изысканий следует оценивать полноту рассматриваемых данных. Недопустимо делать заключения об агрессивности грунтовой среды и подземных вод при заведомо недостаточном количестве проб воды и грунта.

2.5 (4.4) При проектировании защиты от коррозии реконструируемых зданий и сооружений исходными являются данные, указанные в 2.4 (4.3), и дополнительно следующие:

- данные о состоянии строительных конструкций с учетом результатов технического обследования зданий и сооружений по ГОСТ 31937;

- результаты изучения причин повреждения конструкций.

2.6 При проектировании зданий и сооружений необходимо предусматривать меры, снижающие воздействие агрессивных сред на строительные конструкции. С этой целью следует назначать соответствующие виду и условиям воздействия среды решения генерального плана, объемно-планировочные и конструктивные решения.

Здания и сооружения, являющиеся источниками агрессивных реагентов, следует располагать с подветренной стороны по отношению к зданиям, выделяющим меньшее количество агрессивных реагентов.

Если годовая роза ветров не имеет ярко выраженного господствующего направления ветра, следует принимать во внимание господствующее направление ветра в теплый период года.

Размещать здания на площадке следует с учетом уровня и направления движения грунтовых вод, располагая цехи с агрессивными жидкостями на пониженных участках территории.

Помещения с влажным или мокрым режимом работы следует изолировать от соседних помещений. Наиболее рационально такие помещения размещать в средней части блока цехов, так как при этом снижается перенос влаги через наружные ограждающие конструкции.

В случае необходимости расположения этих помещений в крайних пролетах рекомендуется наружные стены зданий с агрессивной влажной средой ориентировать так, чтобы направление господствующего ветра было параллельно наиболее протяженной стене здания.

Помещения, отнесенные к различным группам по агрессивности среды, рекомендуется разделять глухими перегородками и, в случае необходимости, оставлять в них проемы с воздушно-тепловыми завесами или предусматривать

устройство шлюзов для обеспечения постоянства параметров воздушной среды в разделяемых помещениях.

В зданиях, совмещающих под одной крышей помещения с агрессивными и неагрессивными средами, в помещения без агрессивных сред следует подавать избыточный приток воздуха. Одновременно из помещений с агрессивными средами необходимо устраивать вытяжку, превышающую приток воздуха, подаваемого в эти помещения.

В цехах с агрессивными средами и значительными удельными тепловыделениями (84-125 кДж/м^3·ч) рекомендуется устройство аэрации, а при выделении 170 кДж/ м^3·ч и более устройство аэрации обязательно.

При проектировании антикоррозионной защиты строительных конструкций должны учитываться гидрогеохимические и климатические условия площадки строительства, а также степень агрессивного воздействия среды, условия эксплуатации, свойства применяемых материалов и тип строительных конструкций.

Очертания конструкций и их сечения следует принимать такими, при которых исключается или уменьшается возможность застоя агрессивных газов, или скопление жидкостей и пыли на их поверхности.

В местах возможных проливов и газовых выделений следует предусматривать устройство поддонов, местных укрытий и отсосов и т.п. Транспортирование агрессивных жидкостей предпочтительней осуществлять по закрытым каналам и трубопроводам.

2.7 При технологическом проектировании следует выбирать оборудование с максимально возможной герметизацией; предусматривать надежное уплотнение стыков и соединений в технологическом оборудовании и трубопроводах, а также приточно-вытяжную вентиляцию и отсосы в местах наибольшего выделения агрессивных газов, обеспечивающие удаление их из зоны конструкций или существенное уменьшение концентрации этих газов.

Технологическое оборудование, являющееся источником агрессивных реагентов, рекомендуется размещать на открытых площадках, предусматривая местные укрытия, если это допустимо по условиям эксплуатации.

2.8 Проектирование защиты строительных конструкций от коррозии рекомендуется выполнять в следующем порядке:

а) в техническом задании на проектирование объекта строительства указываются климатические и гидрогеохимические условия, технологические воздействия, условия контакта агрессивной среды и конструкций, продолжительность и периодичность агрессивного воздействия, вид и концентрация агрессивных веществ в воздухе, воде и грунте.

На основании этих данных, в соответствии с действующими нормами, устанавливаются вид и степень агрессивного воздействия сред на конструкции из бетона и железобетона;

б) для данного вида и степени агрессивного воздействия среды согласно нормам необходимо установить дополнительные требования к материалам и конструкциям, которые должны быть учтены при ее проектировании; вид защиты.

Технические решения по защите от коррозии бетонных и железобетонных конструкций должны быть самостоятельной частью проектов зданий и сооружений.

2.9 При проектировании бетонных и железобетонных конструкций, предназначенных для эксплуатации в агрессивной среде, их коррозионная стойкость обеспечивается средствами первичной, вторичной и специальной защиты. Меры первичной защиты реализуются при проектировании и изготовлении бетонных и железобетонных конструкций. Заданный срок службы конструкций, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах, должен обеспечиваться, в первую очередь, мерами первичной защиты.

Меры вторичной и специальной защиты применяются при недостаточности мер первичной защиты. Вторичная защита, как правило, требует периодического возобновления.

2.10 К мерам первичной защиты относят:

- выбор рациональных геометрических очертаний и форм конструкций;

- установление дополнительных ужесточающих требований к трещиностойкости и предельно допустимой ширине раскрытия трещин;

- назначение толщины защитного слоя бетона до стальной арматуры с учетом его проницаемости;

- назначение нагрузок с учетом допустимого кратковременного и длительного раскрытия трещин и т.п.;

- применение добавок, повышающих коррозионную стойкость бетона и его защитную способность по отношению к стальной арматуре, стальным закладным деталям и соединительным элементам;

- применение цементов и заполнителей, инъекционных растворов, обладающих надлежащей коррозионной стойкостью к данной агрессивной среде;

- выбор надлежащего вида и класса арматурных сталей неизвлекаемых каналообразователей;

- выбор вида и диаметра стальной или композитной полимерной арматуры;

- защиту стальной арматуры антикоррозионными покрытиями;

- защиту от коррозии закладных деталей и соединительных элементов на стадии изготовления и монтажа сборных железобетонных конструкций;

- защиту предварительно напряженной арматуры в каналах конструкций, изготавливаемых с последующим натяжением арматуры на бетон;

- герметизацию швов бетонирования гидроактивными профильными жгутами и гидрошпонками в процессе укладки бетонной смеси;

- снижение проницаемости бетона использованием химических и минеральных добавок, применением технологических режимов приготовления и условий твердения бетона, повышающих качество бетона в процессе его изготовления и ухода, максимально устраняющих образование температурных и усадочных трещин;

- исключение повреждения бетона конструкций в процессе транспортирования, хранения, монтажа.

Применение бетонов, стойких при одновременном воздействии агрессивной среды и отрицательных температур, обеспечивается:

- выбором цементов, заполнителей и добавок,

- подбором состава бетона пониженной проницаемости с использованием водоредуцирующих, активных минеральных, воздухововлекающих и других добавок, повышающих стойкость бетона в агрессивной среде, в условиях

воздействия отрицательных температур, и защитное действие бетона по отношению к стальной арматуре, стальным закладным деталям и соединительным элементам.

Защита бетонных и железобетонных конструкций обеспечивается соблюдением расчетных и конструктивных требований при проектировании бетонных и железобетонных конструкций, в том числе обеспечением проектной толщины защитного слоя бетона и ограничением ширины раскрытия трещин и другими мерами.

Морозостойкость бетона обеспечивается мерами первичной защиты, а в отдельных случаях уменьшением числа циклов замораживания и оттаивания путем применения теплоизоляции.

2.11 (5.1.2) К мерам вторичной защиты поверхностей конструкций от воздействия агрессивной среды относят защиту:

- лакокрасочными покрытиями, в том числе толстослойными (мастичными);
- оклеечную, полимерную из листовых и пленочных материалов;
- металлическую гидроизоляцию;
- обмазочными, футеровочными и штукатурными покрытиями;
- облицовкой штучными или блочными изделиями;
- уплотняющей пропиткой поверхностного слоя химически стойкими материалами;
- обработкой поверхности бетона составами проникающего действия с уплотнением пористой структуры бетона кристаллизующимися новообразованиями;
- обработкой гидрофобизирующими составами;
- обработкой препаратами – биоцидами, антисептиками;
- инъектированием и т.п.

2.12 К мерам специальной защиты бетонных и железобетонных конструкций относят:

- электрохимическую защиту, предупреждение попадания электрического тока на строительные конструкции и другие;
- мероприятия, понижающие агрессивность среды (местная и общая вентиляция, исключение конденсации влаги, организация стоков, дренажа);

- вынос производств с выделениями агрессивных веществ в изолированные помещения и др.).

Гидроизоляция бетонных и железобетонных конструкций и герметизация (стыков, зазоров, швов и т.п.), как защита от коррозии, осуществляется в соответствии с нормативными документами по гидроизоляции.

2.13 (4.11) Конструкции зданий и сооружений должны быть доступны для периодической диагностики, непосредственного или дистанционного мониторинга, ремонта или замены поврежденных конструкций. Недоступные для непосредственного осмотра (обследования) участки зданий и сооружений должны оборудоваться системами или другими устройствами, обеспечивающими дистанционный контроль за состоянием конструкций.

2.14 (4.12) Теплотехническими расчетами, проектированием и реализацией проектов должно быть исключено промерзание конструкций отапливаемых зданий с образованием конденсата.

2.15 (4.13) Защита от коррозии должна назначаться с учетом наиболее неблагоприятных значений показателей агрессивности. Проектирование и реализация защиты конструкций, подвергающихся воздействию сильноагрессивных сред, должны выполняться с привлечением специализированных организаций.

2.16 (4.14) Первичная защита сборных железобетонных конструкций, отдельные части которой находятся в средах различной степени агрессивного воздействия, назначается как для части, находящейся в среде с наибольшей степенью агрессивного воздействия. Исключение составляют сборные конструкции, монтируемые из отдельных элементов. Первичную защиту монолитных конструкций, предназначенных для эксплуатации в указанных условиях, допускается назначать в отдельных зонах в соответствии с видом и степенью агрессивного воздействия среды в каждой зоне.

2.17 (4.15) Сборные железобетонные конструкции массового применения, для которых при проектировании и производстве отсутствует информация о климатической зоне и агрессивности среды в месте применения (например, опоры ЛЭП на участках с грунтами и подземными водами с переменной степенью агрессивного воздействия на железобетон), следует изготавливать с первичной

защитой как для сильноагрессивной среды и при необходимости применять дополнительно вторичную защиту.

2.18 (4.16) При технологическом проектировании зданий и сооружений следует предусматривать герметизацию оборудования, группирование его в помещениях по виду выделяемых агрессивных сред, сбор и нейтрализацию агрессивных проливов и пыли и другие мероприятия, снижающие степень агрессивного воздействия на конструкции.

2.19 (4.17) Форма конструкций и конструктивные решения зданий и сооружений должны исключать образование плохо вентилируемых зон, участков, где возможно накопление агрессивных к строительным конструкциям газов, паров, пыли, влаги.

2.20 (4.18) В период строительства и эксплуатации не допускается удаление снега и льда с поверхности конструкций с помощью противогололедных реагентов, если в конструкции не предусмотрена защита от воздействия реагентов на бетон и арматуру.

2.21 Выбор способа защиты должен производиться на основании технико-экономического сравнения вариантов с учетом заданного срока службы и минимума приведенных затрат, включающих расходы на возобновление защиты, текущий и капитальный ремонты конструкций и другие связанные с эксплуатацией затраты. Жизненный цикл конструкций оценивается согласно ГОСТ Р ИСО 14040 - ГОСТ Р ИСО 14045.

2.22 Срок службы защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций с учетом необходимого периодического восстановления и стратегии эксплуатации должен соответствовать проектному сроку эксплуатации здания или сооружения.

2.23 Защита строительных конструкций должна осуществляться преимущественно в заводских условиях на предприятиях, изготовляющих данные конструкции.

Проектирование защиты от коррозии строительных конструкций должно учитывать требования охраны окружающей среды от загрязнения.

3 Степень агрессивного воздействия сред

3.1 (5.2.1) Агрессивные среды и воздействия подразделяются в зависимости:

а) от физического состояния среды:

1) газовые;

2) жидкие;

3) твердые;

б) от интенсивности воздействия на бетонные и железобетонные конструкции:

1) неагрессивные;

2) слабоагрессивные;

3) среднеагрессивные;

4) сильноагрессивные;

в) от характера воздействия сред на бетон

1) химические (сульфатная, магнезиальная, кислотная, щелочная и т.п.);

2) биологически активные (химическое воздействие продуктов метаболизма грибов, бактерий);

3) физико-механические (воздействие корней растений, гифов грибов, обрастание водорослями, лишайниками и т.п.);

4) климатические (воздействие отрицательных температур, переменное замораживание и оттаивание).

г) от внутреннего взаимодействия компонентов цементного камня и заполнителя на:

1) щелочную коррозию заполнителя, содержащего реакционноспособный диоксид кремния и доломиты;

2) образование эттрингита и таумасита в процессе эксплуатации.

3.2 Степень воздействия агрессивных сред на конструкции определяется:

- для газовых сред – видом и концентрацией газов (группа газов), а также температурно-влажностным режимом помещений или зоной влажности территории;

- для жидких сред – видом и концентрацией агрессивных агентов, температурой, величиной напора или скоростью движения жидкости у поверхности конструкции;

- для твердых сред (соли, аэрозоли, пыль, грунты) – дисперсностью, растворимостью в воде, гигроскопичностью, температурно-влажностным режимом помещений или зоной влажности.

Классификация агрессивных сред, используемая в ГОСТ Р 57345-2016, дополнена и приведена в таблице А.1 (А.1).

3.3 (5.2.2) Влажностный режим помещений (сухой, нормальный, влажный, мокрый) устанавливается в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха по СП 50.13330 с учетом максимального значения относительной влажности в определенном температурном диапазоне. Зона влажности (сухая, нормальная, влажная) устанавливается по Приложению В СП 50.13330.

3.4 (5.2.4) При одновременном воздействии различных агрессивных сред степень воздействия среды на бетон (железобетон) определяется по более агрессивной с учетом условий эксплуатации конструкции.

3.5 (5.2.5) Классификации степени агрессивного воздействия сред эксплуатации на конструкции из бетона и железобетона в зависимости от вида и концентрации агрессивного вещества приведены в приложениях Б, В и Г:

- газовых сред – таблицы Б.1 (Б.1), Б.2 (Б.2);

- твердых сред – таблицы Б.3 (Б.3), Б.4 (Б.4), В.1 (В.1), В.2 (В.2);

- грунтов выше уровня подземных вод – таблицы В.1 (В.1), В.2 (В.2);

- жидких неорганических сред – таблицы В.3 (В.3), В.4 (В.4), В.5 (В.5), Г.1 (Г.1);

- хлоридов – таблицы Б.3 (Б.3), Б.4 (Б.4), В.2 (В.2), В.3 (В.3), Г.1 (Г.1);

- жидких органических сред – таблица В.6 (В.6);

- биологически активных сред – таблица В.7 (В.7).

3.6 При наличии газовых, жидких или твердых сред с компонентами, не указанными в таблицах, их агрессивность по отношению к бетонным или железобетонным конструкциям устанавливается на основании опыта эксплуатации

конструкций в таких средах, а в случае отсутствия опыта – на основании заключений специализированных научно-исследовательских организаций или прямых экспериментальных исследований.

3.7 (5.2.6) Степень агрессивного воздействия на бетонные и железобетонные конструкции биологически активных сред – грибов и тионовых бактерий приведена для бетона марки по водонепроницаемости W4 в таблице В.7 (В.7). Для других биологически активных сред и бетонов оценку степени агрессивного воздействия на бетонные и железобетонные конструкции выполняют на основании специальных исследований.

3.8 (5.2.7) Значения показателей агрессивности сред приведены для температуры среды от 5 °С до 20 °С. При увеличении температуры среды на 10 °С степень агрессивного воздействия увеличивается на один уровень. Для жидких сред показатели агрессивности даны при скорости потока до 1,0 м/с. В случае, если скорость потока воды превышает 1,0 м/с, оценка агрессивности среды выполняется на основании исследований специализированных организаций.

3.9 (5.2.8) Степень агрессивного воздействия среды на конструкции, находящиеся внутри отапливаемых помещений, оценивается с учетом данных норм, а на конструкции, находящиеся в неотапливаемых зданиях и на открытом воздухе с защитой от атмосферных осадков, дополнительно с учетом СП 50.13330. Для конструкций в газовой среде, увлажняющихся конденсатом, проливами или атмосферными осадками, среда эксплуатации оценивается как влажная или мокрая.

3.10 (5.2.9) Степень агрессивного воздействия жидких сред, указанных в таблицах В.3 (В.3), В.4 (В.4), В.5 (В.5), следует снижать на один уровень для бетона массивных малоармированных конструкций.

3.11 (5.2.10) Степень агрессивного воздействия жидких сред приведена для сооружений при величине напора жидкости до 0,1 МПа. При большем напоре требования к защите от коррозии назначаются специализированными организациями на основе результатов исследований.

3.12 (5.2.11) При одновременном воздействии агрессивной среды и механических нагрузок (высокие механические напряжения, динамические нагрузки, истирающее действие на пешеходные и автомобильные пути, истирание

твердыми осадками лотков ливневой канализации, истирание галькой в зоне действия морского прибоя, истирание полов животноводческих помещений и др.) степень агрессивного воздействия повышается на один уровень.

3.13 Примеры использования таблиц.

Пример 1 – В цехе по производству сборных железобетонных конструкций отсутствуют выделения кислых газов, в воздухе имеется лишь нормальное количество диоксида углерода CO_2 – около 600 мг/м^3. Относительная влажность воздуха в цехе 65 – 98% и, в среднем, превышает 75% при температуре 20 °С – 24 °С. Влажностный режим помещения оценивается как «мокрый».

Согласно таблице Б.2 (Б.2) диоксид углерода указанной концентрации относится к группе газов А.

Среды с газами группы А при «мокром» режиме помещений классифицируются по отношению к конструкциям из бетона как неагрессивные, а из железобетона как слабоагрессивные.

Пример 2 – Содержание CO_2 в воздухе цеха 1500-1900 мг/м^3, а оксида серы – 17 мг/м^3; относительная влажность воздуха в отдельных зонах под покрытием составляет 75 – 99% при температуре 30 °С. Следует определить степень агрессивного воздействия газовой среды на железобетонные конструкции цеха. Согласно таблице Б.2 (Б.2) диоксид углерода концентрации до 2000 мг/м^3 относится к группе газов А, а диоксид серы концентрации 10-200 мг/м^3 к группе газов С. Таким образом, более агрессивным в данном случае является диоксид серы. Режим помещений «мокрый». По таблице Б.1 (Б.1) при мокром режиме и наличии газов группы С среда по отношению к железобетонным конструкциям оценивается как сильноагрессивная.

Пример 3 – В цехе электролиза водных растворов хлорида натрия содержание хлора в воздухе под покрытием в среднем 2 мг/м^3. При такой концентрации хлор относится к группе газов С. Относительная влажность воздуха в той же зоне не превышает 60% при температуре воздуха 21 °С. Влажностный режим помещения «нормальный».

Действие среды в цехе электролиза на железобетонные конструкции по таблице Б.1 (Б.1) оценивается как среднеагрессивное.

3.14 Твердые среды агрессивны по отношению к железобетону только в присутствии жидкой, атмосферной влаги.

Степень воздействия твердых сред определяется наличием в них агрессивных соединений, их гигроскопичностью, растворимостью, а также влажностью среды – таблицы Б.3 (Б.3) и Б.4 (Б.4). Гигроскопичность зависит от равновесной упругости водяного пара над кристаллогидратами солей. Высокогигроскопичные соли имеют низкую упругость пара; в среде с относительной влажностью, при которой упругость водяных паров в воздухе выше равновесной, происходит поглощение солью влаги из воздуха и образование на поверхности конструкций концентрированного солевого раствора, способного оказать коррозионное воздействие.

К малорастворимым относятся соли с растворимостью менее 2 г/л, к хорошо растворимым – более 2 г/л. К малогигроскопичным относятся соли, имеющие равновесную относительную влажность 60% и более при температуре 20 °С, а к гигроскопичным – менее 60%. Присутствие нерастворимых веществ не влияет на агрессивность среды. В таблице 1 дана упругость паров воды над насыщенными водными растворами некоторых хорошо растворимых солей при температуре 20 °С.

Таблица 1 – Упругость паров воды над насыщенными водными растворами хорошо растворимых солей при 20 °С

Наименование растворов солей	Давление паров воды		Равновесная относительная влажность,%	Растворимость в 100 г воды при 20 °С	Гигроскопичность
	Па	мм рт.ст.			
$ZnCl_2$	233,3	1,75	10	367,0	Гигроскопичные
$CaCl_2$	819,9	6,15	35	74,5	»
$Zn(NO_3)_2$	981,2	7,36	42	118,8	»
NH_4NO_3	1565,2	11,74	67	192,0	Малогигроско-пичные
$NaNO_3$	1803,8	13,53	77	87,5	То же
NaCl	1817,2	13,63	78	35,9	»
NH_4Cl	1855,8	13,92	79	37,5	»
Na_2SO_4	1893,2	1420	81	19,2	»
$(NH_4)_2SO_4$	1895,8	14,22	81	76,3	»
KCl	2005,2	15,04	86	34,4	»
$CuSO_4$	2086,5	15,65	89	76,4	»
$ZnSO_4$	2123,8	15,93	91	54,1	»
KNO_3	2167,8	16,26	93	31,6	»
K_2SO_4	2306,5	17,30	99	11,1	»
$CaSO_4$	-	-	-	0,2	»
Примечание – При значениях относительной влажности воздуха, больших равновесной, на поверхности образуется конденсат.					

Пример 4 – Требуется определить степень агрессивного воздействия хлорида кальция для проектирования фермы производственного здания (температура в межферменном пространстве 18 °С, относительная влажность воздуха 60%).

Упругость водяного пара над насыщенным раствором хлорида кальция равна 819,8 Па (6,15 мм рт. ст.) (таблица 1). Равновесная упругость водяного пара над водой при температуре 20 °С равна 17,4 мм. Равновесная относительная влажность при температуре 20 °С составит (6,15х100):17,4=35%. При относительной влажности воздуха более 35% насыщенный раствор хлорида кальция поглощает воду из атмосферы; хлорид кальция является гигроскопичной солью.

Растворимость хлорида кальция составляет 745 г/л. Таким образом, хлорид кальция является гигроскопичной, хорошо растворимой солью.

В помещении нормальный влажностный режим. По таблице Б.3 (Б.3) при нормальном режиме влажности хорошо растворимые гигроскопичные твердые среды по отношению к железобетону являются среднеагрессивными.

3.15 Агрессивное воздействие грунтов выше уровня грунтовых вод, а также жидких неорганических и органических сред по отношению к бетону конструкций оценивается в зависимости от проницаемости бетона.

Проницаемость бетона характеризуется прямыми показателями (маркой бетона по водонепроницаемости, коэффициентом фильтрации, эффективным коэффициентом диффузии). Косвенные показатели (водопоглощение бетона и водоцементное отношение) являются ориентировочными и дополнительными к прямым показателям.

Проницаемость бетона конструкций, предназначенных для эксплуатации в жидких агрессивных средах, характеризуется коэффициентом фильтрации или маркой по водонепроницаемости или коэффициентом диффузии, а в газовых средах – эффективным коэффициентом диффузии диоксида углерода в бетоне.

Показатели проницаемости бетона приведены в таблице Д.1 (Е.1).

3.16 Оценка степени агрессивного воздействия грунтов на железобетонные конструкции выше уровня грунтовых вод выполняется по таблицам В.1 (В.1) и В.2 (В.2):

- по отношению к бетону конструкций – по показателю содержание сульфатов в пересчете на SO_4^{2-} по таблице В.1 (В.1);

- по отношению к арматуре железобетонных конструкций – по показателю содержание хлоридов в пересчете на ионы Cl^- по таблице В.2 (В.2).

Содержание растворимых сульфатов и хлоридов в грунте определяется путем химического анализа водной вытяжки из отобранных проб грунта и выражается в мг на 1 кг сухого грунта.

Количество лабораторных определений характеристик грунтов для химического анализа следует назначать в соответствии с требованиями [1], а подготовку грунтов к анализу и приготовление водной вытяжки выполнять по ГОСТ 9.015.

3.17 Оценка агрессивности природных и технологических жидких сред производится: по отношению к бетону конструкций – по таблицам В.3 (В.3), В.4 (В.4), В.5 (В.5), В.6 (В.6); по отношению к арматуре железобетонных конструкций – по таблице Г.1 (Г.1). При наличии в жидкой среде нескольких агрессивных компонентов оценка агрессивного воздействия среды производится по наиболее агрессивному.

3.18 При действии жидких неорганических сред на бетон коррозионные процессы подразделяются на три основных вида:

а) коррозия I вида, которая характеризуется выщелачиванием растворимых компонентов бетона и представлена показателем бикарбонатной щелочности (таблица В.3 (В.3). Для бетонов марки по водонепроницаемости W4 чистая вода и содержащая бикарбонаты в количестве до 1,05 мг-экв/дм^3, является слабоагрессивной. В слабофильтрующих грунтах с коэффициентом фильтрации ниже 0,1 м/сут такая вода для указанного бетона неагрессивна. Для бетонов марки по водонепроницаемости W6 и выше чистая вода, а также вода, содержащая любое количество бикарбонатов, не является агрессивной.

б) коррозия II вида, которая характеризуется образованием растворимых соединений или продуктов, не обладающих вяжущими свойствами, в результате обменных реакций между компонентами цементного камня и жидкой агрессивной

средой (представлена в таблице В.3 (В.3) водородным показателем pH, содержанием агрессивной углекислоты, магнезиальных, аммонийных солей и едких щелочей).

Оценку степени агрессивного воздействия среды по содержанию агрессивной углекислоты следует производить только при значении pH выше 5 (таблица В.3 (В.3). Метод определения агрессивной углекислоты приведен в Приложении Е. При pH менее 5 степень агрессивного воздействия оценивается по водородному показателю pH.

Примечание – Изменение pH на единицу соответствует изменению концентрации водородных ионов – кислотности на один десятичный порядок (в 10 раз).

в) коррозия III вида, которая характеризуется образованием и накоплением в бетоне малорастворимых солей с увеличением объема при переходе в твердую фазу без химического взаимодействия со средой при наличии испаряющих поверхностей и представлена в таблице В.3 (В.3) показателем суммарного содержания солей хлоридов, сульфатов, нитратов и др. и в результате химического взаимодействия с сульфатами (таблицы В.4 (В.4) и В.5 (В.5).

В таблице В.4 (В.4) оценка степени агрессивного воздействия сульфатов дана с учетом содержания бикарбонатов (в пересчете на ион HCO_3^-), присутствующих наряду с сульфатами в большинстве природных вод и способствующих замедлению процессов сульфатной коррозии. Замедляющее коррозию влияние бикарбонатов на скорость коррозионного процесса проявляется при концентрации ионов HCO_3^- от 3 до 6 мг-экв/л и более.

Пример 5 – На участке строительства грунтовые воды обнаружены на глубине 14 м. Содержание сульфатов в грунтовой воде 1100 мг/дм^3. Глубина заложения фундамента железобетонного резервуара 7 м. Содержание ионов SO_4^{2-} по результатам анализа водной вытяжки из грунта равно 1500 мг/кг. При прогнозируемом максимальном подъеме уровень воды не будет достигать зоны расположения конструкций.

Требуется произвести оценку степени агрессивного воздействия среды по отношению к бетону фундаментов, выполненных из бетона марки по водонепроницаемости W6 на портландцементе по ГОСТ 10178 группы I по таблице

В.1 (В.1) – цемент с ненормированным содержанием алюминатов. Оценка агрессивности среды выполняется для грунта. По таблице В.1 (В.1) по показателю «содержание сульфатов» грунт является слабоагрессивным по отношению к бетону на указанном цементе. При использовании портландцемента группы II – портландцемент с содержанием в клинкере C_3S не более 65%, C_3A не более 7%, $C_3A+ C_4AF$ не более 22% или шлакопортландцемента среда является неагрессивной к бетону марки по водонепроницаемости W6.

Пример 6 – Для тех же условий в случае подъема воды до основания сооружения оценка дополнительно выполняется по таблице В.4 (В.4). Для бетона марки по водонепроницаеости W6 на цементе группы I показатели в колонке 2 согласно примечанию к таблице В.1 (В.1) умножаются на 1,3, при этом величины, приведенные в первой строке: «Св. 250 до 500», становятся равными «Св. 325 до 650» и строкой ниже «Св. 500 до 1000» становятся равными «Св. 650 до 1300». Указанное в исходных данных значение 1100 мг/дм^3 попадает во вторую строку. Грунтовая вода оценивается как среднеагрессивная. В случае использования в бетоне цемента группы II среда является неагрессивной, поскольку значение 1100 мг/дм^3 находится ниже нижней границы 1500х1,3=1950 мг/дм^3.

Пример 7 – Для тех же исходных данных, что в предыдущем примере дополнительно – в грунтовой воде содержание ионов HCO_3^- превышает 6,0 мг-экв/дм^3. По таблице В.4 (В.4) нижняя граница интервала концентрации сульфатов для бетона W6 на портландцементе группы I равна 1000×1,3 = 1300 мг/дм^3. Заключение: жидкая среда, содержащая ионы SO_4^- в количестве 1100 мг/дм^3 и ионы HCO_3^- свыше 6,0 мг-экв/дм^3, для бетона марки по водонепроницаемости W6 на портландцементе группы I является неагрессивной.

Оценку агрессивного воздействия среды при сульфатной коррозии следует производить с учетом влияния вида катионов сульфата. Показатели агрессивности – таблицы В.4 (В.4) и В.5 (В.5) для сульфатов натрия, калия, кальция, магния и никеля остаются без изменения; для сульфатов меди, цинка, кобальта, кадмия умножаются на коэффициент 1,3.

Сульфатная агрессивность жидкой среды по отношению к бетону зависит от вида применяемого цемента и проницаемости бетона. Вид цемента и проницаемость

бетона могут быть заранее заданы в проекте, а могут быть назначены как средство первичной защиты бетона после анализа данных о степени агрессивности среды с учетом технико-экономических соображений.

Степень агрессивного воздействия сред, указанных в таблицах В.3 (В.3), В.4 (В.4), В.5 (В.5), следует снижать на одну ступень для бетона массивных малоармированных конструкций (толщина свыше 0,5 м, процент армирования до 0,5).

В таблицах В.3 (В.3), В.4 (В.4), В.5 (В.5) значения показателей агрессивности меняются ступенчато. Вблизи граничных значений показателей в таблицах В.4 (В.4), В.5 (В.5), Г.1 (Г.1) при оценке степени агрессивного воздействия среды допускается не учитывать отклонения от нормируемых величин в пределах +10%.

Пример 8 – Для бетона проницаемости W4 на портландцементе по ГОСТ 10178 (I группа по таблице В.1 (В.1) при фактическом содержании сульфатов до 1050 мг/дм^3 среда может считаться слабоагрессивной.

В случаях, когда жидкая среда агрессивна по содержанию сульфатов, основными средствами достижения коррозионной стойкости является применение цементов повышенной сульфатостойкости и повышение водонепроницаемости бетона.

Если в агрессивной жидкой среде помимо сульфатов присутствуют другие агрессивные компоненты, их воздействие следует учитывать отдельно и исходя из этого назначать способы защиты.

3.19 Агрессивность жидких органических сред определяется способностью компонентов органической среды вступать в химическое взаимодействие с компонентами бетона и растворимостью в воде продуктов реакции.

Перечень наиболее распространенных жидкостей и оценка степени их агрессивного воздействия на бетон в зависимости от его проницаемости приведены в таблице В.6 (В.6).

3.20 Степень агрессивного воздействия жидкой неорганической среды, в том числе хлоридов, по отношению к бетону определяется по таблице В.3 (В.3). Для стальной арматуры в жидких хлоридных средах требования к защитному слою бетона назначаются по таблице Г.1 (Г.1).

Для железобетонных конструкций, подвергающихся действию жидких сред, агрессивность сред следует определять отдельно для бетона и стальной арматуры и назначать комплекс мер первичной и вторичной защиты, обеспечивающих защиту от коррозии бетона и арматуры.

3.21 Оценка степени агрессивного воздействия жидких сред производится путем сопоставления данных химического анализа жидкостей с показателями предельного содержания агрессивных компонентов по таблицам В.3 (В.3) – В.5 (В.5), Г.1 (Г.1).

Для оценки агрессивности грунтовых вод необходимы следующие данные:

- химический анализ воды;

- характеристика условий контакта воды и бетона (свободное омывание, напор);

- коэффициент фильтрации грунта;

- наличие испаряющих поверхностей конструкций;

- температурные условия работы конструкций;

- предполагаемая проницаемость бетона;

- вид цемента, намечаемого к применению.

Химический анализ грунтовых вод производится с отбором проб воды. Места отбора проб, их количество и глубина отбора должны приниматься в соответствии с требованиями нормативных документов по инженерным изысканиям для соответствующих видов строительства [1].

Пробы должны характеризовать все водоносные горизонты, воды которых будут контактировать с проектируемыми конструкциями. При этом должна быть учтена возможность подъема уровня грунтовых вод в процессе эксплуатации проектируемых сооружений, попадания в грунт технологических растворов и изменения гидротехнической обстановки после возведения сооружений.

При изменении химического состава воды в зависимости от времени года следует учитывать наибольшую агрессивность, наблюдающуюся в течение года.

При наличии нескольких результатов химического анализа из одного и того же водоносного горизонта, скважины или водоема оценка агрессивности производится по усредненным показателям химических анализов при условии, что

отклонения единичных показателей от среднего значения не превышают 25%. При большем отклонении от средних значений оценка агрессивности определяется по наиболее неблагоприятному анализу.

Срок давности анализов должен быть не более трех лет до разработки проекта и не более пяти лет до начала строительства.

По истечении указанных сроков необходимо провести повторный отбор проб для химического анализа. Если по первым данным не выявлено существенного отличия химического состава воды, число проб может быть сокращено в 2-3 раза.

Оценка агрессивности промышленных сточных вод для вновь проектируемых предприятий производится на основании результатов анализа химического состава сточных вод, указанных в технологической части проекта; для действующих предприятий – по фактическим средним данным химического состава вод за последние три месяца или на основании данных специального обследования.

Степень агрессивности жидкой среды сооружений, предназначенных для технологических жидкостей (очистные сооружения, коллекторы сточных вод и т.п.), определяется раздельно для каждого технологического передела (исходные жидкости, после нейтрализации и т.д.).

Химический анализ природных вод следует выполнять в соответствии со следующим минимальным перечнем определений: сухой остаток (общее содержание солей), содержание водородных ионов – pH (кислотность), содержание агрессивной углекислоты – $CO_{2\ агр.}$, содержание ионов: HCO_3^- (бикарбонатная щелочность), SO_4^{2-}, Mg^{2+}, NH_4^+, Cl^-.

В промышленных водах дополнительно определяют общее содержание щелочей и, при необходимости, органических соединений, перечисленных в таблице В.6 (В.6). При обнаружении соединений, не упомянутых в СП 28.13330, вопрос об агрессивности среды решается в специализированных организациях.

Коэффициент фильтрации грунтов, прилегающих к сооружению, допускается принимать по справочным данным, если он не определен опытным путем. При этом к слабофильтрующим грунтам могут быть отнесены только связанные уплотненные грунты: глины и плотные суглинки.

Пример 9 – Произвести оценку степени агрессивного воздействия грунтовых вод по отношению к железобетонным фундаментам, расположенных в уровне грунтовых вод и в зоне капиллярного подсоса. Коэффициент фильтрации грунтов в районе строительства $К_ф = 0,12$ м/сут. Химический анализ грунтовой воды:

- бикарбонатная щелочность HCO_3^- – 3,8 мг-экв/л;

- водородный показатель pH – 6,6;

- агрессивная углекислота $CO_{2\ агр}$ – 12 мг/л;

- содержание ионов, мг/дм ^{3}: Mg^{2+} – 1718; Ca^{2+} – 461; $Na^+ + K^+$ – 2968; Cl^- – 3546; SO_4^{2-} – 4604;

- суммарное содержание солей по сухому остатку – 14768 мг/л.

Для оценки агрессивности среды по отношению к бетону запишем данные в таблицу 2 и сопоставим их с показателями таблиц В.3 (В.3) и В.4 (В.4) для грунта с коэффициентом фильтрации более 0,1 м/сут. Из таблицы 2 видно, что варьируя проницаемость бетона и вид цемента, можно исключить опасность коррозии бетона в данных условиях.

Требования по защите от хлоридов приведены в таблице Г.1 (Г.1). Анализ показывает, что в данном случае наибольшую опасность коррозии вызывают хлориды. Для защиты стальной арматуры требуется применить бетон особо низкой проницаемости. При использовании такого бетона среда по остальным показателям является неагрессивной к бетону. Если защита от хлоридов не обеспечивается первичными мерами, следует применить вторичную защиту, например, в виде пропитки защитного слоя уплотняющими составами.

Таблица 2 – Данные к примеру 9

Химический анализ воды		Вид цемента	Степень агрессивного воздействия на бетон проницаемостью			Оценка агрессивности по таблице	Дополнительные данные
Наименование	Содержание		W4	W6	W8		
Бикарбонатная щелочность	3,8 мг-экв/дм^3	Любой	Неагрессивная			В.3 (В.3)	Для элементов фундаментов, расположенных на уровне грунтовых вод
Водородный показатель pH	6,6	Любой	Неагрессивная				
Агрессивная углекислота $CO_{2\ агр}$	12 мг/ дм^3	Любой	Неагрессивная				
Магнезиальные соли Mg^{2+}	1718 4604	Любой	Слабая	Неагрессивная			
Едкие щелочи $Na^+ + K^+$	2968 мг/ дм^3	Любой	Неагрессивная				
Суммарное содержание солей хлоридов, сульфатов, едких щелочей (сухой остаток)	14768 мг/ дм^3	Любой	В отсутствии испаряющей поверхности среда к бетону неагрессивна			В.3 (В.3)	Для элементов фундаментов, расположенных в зоне капиллярного подсоса и испарения
Сульфаты SO_4^{2-} (при 3,8 мг-экв/дм^3 HCO_3^-)	4606 мг/дм^3	Портландцемент группы I по таблице В.5 (В.5)	Сильная	Сильная	Сильная	В.4 (В.4)	Для элементов фундаментов, расположенных в уровне грунтовых вод Для бетоновW4, W6, W8 концентрация сульфатов в таблице В.4 (В.4) умножается соответственно на 1,0, 1, 3 и 1,7
		Портландцемент с содержанием в клинкере C_3S – не более 65%, C_3A – не более 7%, C_3A+C_4AF - не более 22% и шлакопортландцемент	Средняя	Неагрессивная			
		Сульфатостойкие цементы	Неагрессивная				
Хлориды Cl^-	4604 мг/ дм^3	Любой	По таблице Г.1 (Г.1) пребуется бетон W16 и более и толщина защитного слоя не менее 30 мм			Г.1 (Г.1)	Защита от хлоридов может быть обеспечена уплот-няющей пропиткой бетона

4 Требования к материалам и конструкциям

4.1 Для изготовления бетонных и железобетонных конструкций зданий и сооружений с агрессивными средами должны предусматриваться материалы, обеспечивающие коррозионную стойкость конструкций на весь период их эксплуатации с учетом своевременного возобновления мероприятий по защите поверхности конструкций (если таковые необходимы).

На стадии разработки (при подборе состава) бетона с заданными характеристиками следует определить:

- разрешенные виды и марки (классы) составляющих бетона;
- минимально необходимое содержание цемента в бетоне;
- максимальное значение водоцементного отношения;
- минимальный объем вовлеченного воздуха или газа (для бетонов с требованиями по морозостойкости);
- класс бетона по прочности на сжатие;
- марку бетона по водонепроницаемости и/или максимальный допускаемый коэффициент диффузии хлоридов или диоксида углерода;
- морозостойкость.

В качестве исходных показателей при подборе состава бетона допускается использовать данные, приведенные в таблицах Ж.1 и Ж.2 (Д.1) (расход и вид цемента, водоцементное отношение, объем вовлеченного воздуха), которые в процессе подбора состава и испытания бетона должны быть скорректированы для обеспечения установленных проектом требований (класс бетона по прочности, марки по водонепроницаемости и морозостойкости).

Для бетона с требованиями по морозостойкости марки бетона по морозостойкости назначаются по таблицам И.1 (Ж.1) и И.2 (Ж.2).

Для бетона железобетонных конструкций зданий и сооружений с агрессивными средами следует принимать марки по водонепроницаемости, указанные в таблицах В.1-В.6 (В.1-В.6), Г.1 (Г.1), И.3 (Ж.3), И.4 (Ж.4),

коэффициенты диффузии хлоридов – в таблице Г.1 (Г.1), коэффициенты диффузии диоксида углерода – в таблице И.5 (Ж.5).

При изготовлении бетонов для агрессивных условий эксплуатации следует применять следующие материалы.

Цементы

4.2 (5.4.3) Бетон конструкций должен изготавливаться с применением следующих видов цемента:

- портландцемента, портландцемента с минеральными добавками, шлакопортландцемента, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 10178, ГОСТ 30515, 31108, ГОСТ Р 55224, ГОСТ 33174;

- сульфатостойких цементов, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 22266;

- глиноземистого цемента, удовлетворяющего требованиям ГОСТ 969;

- напрягающего цемента, удовлетворяющего требованиям ГОСТ Р 56727.

Допускается применение цементов (вяжущих) низкой водопотребности (ЦНВ, ВНВ) и других вяжущих, приготовленных на основе указанных выше цементов. При этом следует подтвердить обеспечение заданных проектом параметров долговечности, в том числе коррозионной стойкости и морозостойкости бетона на указанных вяжущих и стойкости арматуры в этих бетонах условиям эксплуатации конструкций, зданий и сооружений.

В газовых и твердых агрессивных средах (таблицы Б.1 (Б.1), Б.3 (Б.3) следует применять портландцемент, портландцемент с минеральными добавками, шлакопортландцемент по ГОСТ 10178, ГОСТ 30515, ГОСТ 31108.

В средах, агрессивных по содержанию хлоридов (таблицы В.2 (В.2), В.3 (В.3), Г.1 (Г.1), следует применять портландцемент, портландцемент с минеральными добавками, шлакопортландцемент или пуццолановый портландцемент с учетом требований к бетону по морозостойкости.

В жидких агрессивных средах (таблицы В.3 (В.3), В.4 (В.4), В.5 (В.5) и грунтах (таблица В.1 (В.1), содержащих сульфаты, следует применять сульфатостойкие цементы, шлакопортландцементы и портландцементы, в том числе портландцементы нормированного минералогического состава, а также портландцементы с добавками, повышающими сульфатостойкость бетона.

В таблицах В.1 (В.1), В.4 (В.4) и В.5 (В.5) приведены три категории сульфатостойкости цементов:

I – портландцемент по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108;

II – портландцемент по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108 с содержанием в клинкере C_3S не более 65, C_3A – не более 7, C_3A+C_4AF – не более 22 и шлакопортландцемент;

III – сульфатостойкие цементы по ГОСТ 22266.

В группу I входят портландцементы, не вошедшие в группу II, т.е. высокоалюминатные портландцементы и портландцементы с высоким содержанием алита C_3S. Эти цементы имеют низкую сульфатостойкость.

Группу II образуют цементы со средним уровнем сульфатостойкости.

Применение добавок, содержащих микрокремнезем, затрудняет образование гипса и эттрингита в бетоне в сульфатной среде. Применяемые одновременно с микрокремнеземом эффективные пластификаторы (суперпластификаторы) позволяют понизить водоцементное отношение, уменьшить проницаемость бетона, увеличить сульфатостойкость бетона. С использованием комплекса названных добавок на цементах группы II можно получать бетоны, равноценные по сульфатостойкости бетонам на сульфатостойком портландцементе.

В строительной практике это позволяет изготавливать бетоны высокой сульфатостойкости на портландцементах группы II.

Виды цемента для бетона в агрессивных средах приведены в таблице Ж.2 (Д.1).

Пример 10 – Геологическими изысканиями на строительной площадке выявлен участок с содержанием в грунте сульфатов в количестве 8000 мг/кг грунта. Требуется запроектировать конструкции, стойкие в указанной агрессивной сульфатной среде. По расчету несущей способности конструкций требуется бетон класса прочности В20. Такой бетон соответствует марке по водонепроницаемости не более W6. По условиям бетонирования принята подвижность бетонной смеси П2.

Бетонный завод имеет портландцемент группы II. По экономичесим соображениям и ввиду отсутствия на заводе свободного цементного силоса завоз сульфатостойкого цемента нерентабелен.

Для бетона марки по водонепроницаемости W6 на портландцементе II группы среда является среднеагрессивной. Возможны два варианта защиты бетона от сульфатной коррозии.

Вариант 1. Использовать портландцемент группы II, при этом марку бетона по водонепроницаемости потребуется увеличить до W10-W14 (таблица В.1 (В.1). В этом случае среда становится неагрессивной для бетона, защита от сульфатной коррозии обеспечена. При переходе от марки W6 к марке W10 согласно таблице 13 [2] расход цемента потребуется увеличить с 400 до 455 кг/м^3.

Вариант II. В бетонную смесь с расходом цемента 400 кг/м^3 ввести добавку микрокремнезема и суперпластификатора и отрегулировать расход воды для получения требуемой подвижности смеси, повысив марку бетона по водонепроницаемости до W10. Защита от сульфатной коррозии будет обеспечена в соответствие с таблицами В.1 (В.1), В.4 (В.4), В.5 (В.5).

В обоих вариантах с повышением марки бетона по водонепроницаемости класс бетона по прочности увеличится, что должно быть отражено в проекте.

4.3 В жидких агрессивных сульфатных средах в отсутствие переменного увлажнения и высушивания, замораживания и оттаивания следует применять портландцемент с минеральными добавками, шлакопортландцемент или пуццолановый портландцемент. Эти цементы обладают повышенной и высокой сульфатостойкостью. Следует учитывать, что бетоны на шлакопортландцементе и пуццолановом портландцементе могут иметь пониженную морозостойкость.

В аналогичных средах с одновременным воздействием увлажнения и высушивания, замораживания и оттаивания следует применять цементы групп II и III по таблицам В.4 (В.4) и В.5 (В.5).

В жидких средах, агрессивных к бетону по суммарному содержанию солей при наличии испаряющих поверхностей (таблица В.3 (В.3), эффективно применение глиноземистого цемента при условии соблюдения требования к температурному режиму твердения бетона.

Не допускается применение глиноземистого цемента в средне- и сильноагрессивных по показателям Mg^{2+} и NH_4^+ в жидких средах, а также в конструкциях с предварительно напряженной арматурой.

В жидких средах, агрессивных по содержанию щелочей, не допускается применение портландцемента с содержанием C_3A более 8% и глиноземистого цемента.

В конструкциях, к бетону которых предъявляются требования по водонепроницаемости марок свыше W6, допускается применение цемента с компенсированной усадкой и напрягающего цемента по ГОСТ Р 56727.

В жидких средах, агрессивных по содержанию Mg^{2+} и NH_4^+, применение напрягающего цемента допускается после экспериментальной проверки.

При изготовлении одной железобетонной конструкции не должны применяться цементы различных видов.

Инъецирование каналов предварительно напряженных конструкций с натяжением арматуры на бетон должно производиться раствором на портландцементе.

Заполнители

4.4 (5.4.4) В качестве мелкого заполнителя следует использовать строительный песок по ГОСТ 8736 класса I, а также пористый песок по ГОСТ 32496. Песок класса II по ГОСТ 8736 допускается применять для бетона конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных средах, при наличии технического обоснования.

В качестве крупного заполнителя для бетона следует использовать фракционированный щебень из изверженных пород, гравий и щебень из гравия марки по дробимости не ниже 800 по ГОСТ 8267.

Однородный щебень из осадочных пород, не содержащий слабых включений, с маркой по дробимости не ниже 600 и водопоглощением не выше 2% допускается применять для изготовления конструкций, эксплуатируемых в газовых, твердых и жидких средах при любой степени агрессивного воздействия, за исключением карбонатных пород в бетонах в жидких средах, с водородным показателем pH ниже 4.

Для конструкционных легких бетонов следует применять искусственные и природные пористые заполнители по ГОСТ 32496 и ГОСТ 22263.

4.5 (5.4.5) Наличие и количество в заполнителях вредных примесей по ГОСТ 8736, ГОСТ 8267 должно быть указано в соответствующей документации на заполнитель и учитываться при проектировании бетонных и железобетонных конструкций. Мелкий и крупный заполнители должны быть проверены на содержание хлоридов по ГОСТ 8269.1. Щебень и гравий не должны содержать хлоридов более 0,10%, песок – более 0,15%. При превышении этих значений следует проверить по ГОСТ 31383 отсутствие коррозии стальной арматуры в таких бетонах. При наличии коррозии следует разработать мероприятия по ее предупреждению.

При использовании в качестве заполнителей отходов промышленности (например, золы, золошлаковые смеси, металлургические шлаки и т.д.) необходима проверка коррозионной стойкости бетона на этих заполнителях к агрессивным воздействиям (сульфатостойкости, морозостойкости, кислотостойкости и т.д.), а также оценка пассивирующего действия бетона к стальной арматуре по ГОСТ 31383.

Мелкий и крупный заполнители должны быть проверены на содержание потенциально реакционноспособных (ПРС) пород и минералов по ГОСТ 8269.0, характеризующихся содержанием активного кремнезема.

Реакционноспособный кремнезем заполнителя при взаимодействии с водорастворимыми щелочами, содержащимися в бетоне (в цементе, добавках, воде затворения), образует соединения, вызывающие внутренние напряжения, приводящие к разрушению бетона.

Потенциальная реакционная способность заполнителей должна устанавливаться на стадии геологического исследования месторождений горных пород, предназначенных для применения в качестве заполнителей бетона, и определяется по ГОСТ 8269.0 химическим методом (заполнители относятся к ПРС, если количество растворимого кремнезема превышает 50 ммоль/л), а также до начала строительства прямым методом измерения деформаций образцов бетона во времени. Наиболее опасно содержание ПРС кремнезема в виде частиц свыше 5 мм. Тонкодисперсный кремнезем в виде природных или искусственных активных минеральных добавок к цементу (трепел, опока, туф, микрокремнезем, зола-уноса и т.п.) по ГОСТ Р 56592, ГОСТ Р 56178, ГОСТ 25818 способствует связыванию

щелочей и снижает опасность внутренней коррозии бетона. Аналогичный эффект достигается введением тонкомолотого доменного гранулированного шлака или применением шлакопортландцемента.

При наличии ПРС кремнезема условия возникновения коррозии бетона зависят от содержания щелочей, определяемого в расчете на Na_2O (содержание K_2O приводится к содержанию Na_2O умножением на 0,65), и влажности бетона в процессе эксплуатации конструкций.

Допустимое содержание щелочей в цементе в зависимости от расхода цемента приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Содержание щелочей в цементе и максимально допустимый расход цемента в бетонах на реакционноспособных заполнителях

Содержание щелочей в цементе в расчете на Na_2O, %	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
Максимально допустимый расход портландцемента в бетоне, кг/м^3	500	400	375	330	300	270	250

В случае применения пуццоланового портландцемента в соответствии с ГОСТ 22266 ограничения по применению ПРС заполнителей снимаются.

4.6 (5.4.6) Заполнители, содержащие доломит и доломитизированный известняк, допускается применять лишь в случае, если опытным путем доказано отсутствие повреждения бетона от расширения (реакции взаимодействия карбоната магния со щелочами цемента и химических добавок).

При наличии в составе заполнителей минералов, содержащих растворимый в щелочах кремнезем, следует предусматривать в качестве мер защиты от коррозии следующие мероприятия:

- подбор состава бетона с минимальным расходом цемента;

- изготовление бетона на цементах с содержанием щелочи в расчете на Na_2O не более величин, приведенных в таблице 3;

- изготовление бетона на портландцементах с минеральными добавками, пуццолановом портландцементе и шлакопортландцементе;

- применение активных минеральных добавок в составе бетона;

- введение в состав бетона гидрофобизирующих и газовыделяющих добавок;

- запрет на применение в бетоне противоморозных добавок и добавок ускорителей твердения, содержащих соли натрия и калия – поташ, нитрит натрия, сульфат натрия, формиат натрия и др.;

- введение добавок солей лития;

- разбавление заполнителей с примесями реакционно-способных пород заполнителем, не содержащим реакционно-способных компонентов;

- создание сухих условий эксплуатации по СП 50.13330.

Эффективность указанных мероприятий при использовании конкретного заполнителя должна быть подтверждена испытаниями.

Для высокопрочных бетонов следует применять заполнители, нереакционно-способные со щелочами цемента и добавок.

Вода для бетонов

4.7 (5.4.8) Вода для затворения бетонной смеси и увлажнения твердеющего бетона должна удовлетворять требованиям ГОСТ 23732. Применение рециклированной и комбинированной (смешанной) воды для бетонов конструкций, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах, допускается при наличии экспериментального подтверждения коррозионной стойкости бетона.

Добавки

4.8 (5.4.7) Повышение коррозионной стойкости железобетонных конструкций в агрессивных средах может достигаться применением химических и минеральных добавок, повышающих коррозионную стойкость и защитную способность бетона по отношению к стальной арматуре.

При применении добавок следует руководствоваться ГОСТ 24211, ГОСТ 30459, ГОСТ Р 56592, ГОСТ Р 56593. Для повышения коррозионной стойкости бетона железобетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, следует использовать добавки:

- для снижения проницаемости бетона для агрессивных сред – пластифицирующие и водоредуцирующие добавки, в том числе в сочетании с активными минеральными добавками; расширяющие добавки; в условиях

капиллярного подсоса жидких агрессивных сред – гидрофобизирующие добавки, в том числе в сочетании с пластифицирующими и водоредуцирующими добавками;

- для повышения стойкости бетона в агрессивных сульфатных и хлоридных средах – активные минеральные добавки в сочетании с пластифицирующими и водоредуцирующими добавками, расширяющие добавки;

- для снижения деформаций усадки и повышения трещиностойкости бетона – водоредуцирующие добавки в сочетании с расширяющими добавками; суперадсорбирующие полимеры; добавки, снижающие испарение воды из бетона и уменьшающие водоотделение;

- для повышения морозостойкости бетона – воздухововлекающие и газообразующие, в том числе в сочетании с пластифицирующими и водоредуцирующими добавками; микросферы;

- при воздействии диоксида углерода (карбонизации), а также хлоридов – ингибиторы коррозии стальной арматуры, в том числе в сочетании с пластифицирующими, водоредуцирующими добавками;

- при воздействии биологических коррозионно-активных сред – биоциды, в том числе в сочетании с пластифицирующими, водоредуцирующими добавками.

Общее количество химических добавок при их применении для приготовления бетона не должно составлять более 5% массы цемента. При большем количестве добавок требуется экспериментальное подтверждение коррозионной стойкости бетона.

Добавки, применяемые при изготовлении железобетонных изделий и конструкций, не должны оказывать коррозионного воздействия на бетон и арматуру.

В состав бетона, в том числе в составы вяжущего, заполнителей и воды затворения, не допускается введение солей хлоридов, вызывающих коррозию арматуры в железобетонных конструкциях:

- с напрягаемой арматурой;

- с ненапрягаемой проволочной арматурой диаметром 5 мм и менее;

- эксплуатируемых в условиях влажного или мокрого режима;

- изготовляемых с автоклавной обработкой;

- подвергающихся электрокоррозии;

- при инъектировании каналов для арматуры;

- при замоноличивании швов и стыков сборных и сборно-монолитных конструкций.

Добавки, содержащие нитраты, нитриты, тиоцианаты (роданиды) и формиаты, допускается применять в бетонах для преднапряженных конструкций в агрессивных средах, если применяется арматурная сталь с нормированной стойкостью против коррозионного растрескивания, отвечающая требованиям таблиц И.3 (Ж.3) и И.4 (Ж.4).

Применение добавок электролитов, в том числе ингибиторов коррозии (нитритов и др.), понижающих электрическое сопротивление бетона конструкций, подвергающихся электрокоррозии, не допускается.

Максимально допустимое содержание хлоридов в бетоне, не должно превышать значений, указанных в таблице Г.2 (Г.2).

Ограничения области применения некоторых химических добавок в зависимости от их коррозионного воздействия на арматуру приведены в Приложении К.

Бетоны

4.9 (5.4.15) Требования к бетону в зависимости от степени агрессивного воздействия среды приведены в таблицах Б.1 (Б.1), Б.3 (Б.3), В.1-В.7 (В.1–В.7), Г.1 (Г.1), Г.2 (Г.2), И.3-И.5 (Ж.3–Ж.5). Показатели бетона по проницаемости приведены в таблице Д.1 (Е.1). В таблице Ж.1 приведено извлечение из европейских норм EN 206 в части требований к бетонам (класс прочности, минимальный расход цемента, максимальное водоцементное отношение) для конструкций в средах классов по агрессивности, приведенных в таблице А.1 (А.1). Показатели в таблице Ж.1 даны для бетона, приготовленного на цементе класса CEM I 32,5 ГОСТ 30515 и заполнителе с максимальной крупностью 30 мм. Указанные показатели могут использоваться для ориентировки в качестве отправных значений при подборе состава бетона.

4.10 (5.4.16) Требования к бетону железобетонных конструкций, работающих в условиях знакопеременных температур, приведены в таблицах И.1 (Ж.1), И.2 (Ж.2). К бетону железобетонных конструкций, подвергающихся одновременному

воздействию переменного замораживания и оттаивания и агрессивных жидких сред (хлоридов, сульфатов, нитратов и других солей, в том числе при наличии испаряющих поверхностей), должны предъявляться повышенные требования по морозостойкости как для бетонов в минерализованных водах. Испытания на морозостойкость проводят по ГОСТ 10060.

4.11 (5.4.17) Бетоны конструкций зданий и сооружений, подвергающихся воздействию воды и знакопеременных температур, марок по морозостойкости более F_1200 (F_2100) следует изготавливать с применением воздухововлекающих или газообразующих добавок, а также комплексных добавок на их основе. Объем вовлеченного воздуха (газа) в бетонной смеси для изготовления железобетонных конструкций и изделий должен соответствовать значениям, указанным в ГОСТ 26633, ГОСТ 25820 и других нормативных документах на бетоны конкретных видов.

4.12 (5.4.19) Расчет железобетонных конструкций, подверженных воздействию агрессивных сред, следует выполнять с учетом категории требований к трещиностойкости и предельно допустимой ширины раскрытия трещин в бетоне, для газовых и твердых агрессивных сред по таблице И.3 (Ж.3), для жидких агрессивных сред – по таблице И.4 (Ж.4).

4.13 (5.4.20) При реконструкции зданий и сооружений и техническом обследовании железобетонных конструкций следует выполнять поверочный расчет конструкций с учетом коррозионного износа бетона и арматуры.

4.14 (5.4.21) Требования к толщине защитного слоя и проницаемости бетона при воздействии газовых и твердых агрессивных сред следует устанавливать в соответствии с таблицами И.3 (Ж.3) и И.5 (Ж.5) , при воздействии жидких сред – с таблицей И.4 (Ж.4), а при воздействии жидких хлоридных сред – с таблицой Г.1 (Г.1).

4.15 (5.4.22) Толщину защитного слоя тяжелого и легкого бетонов конструкций плоских плит, полок ребристых плит и полок стеновых панелей допускается принимать не менее 15 мм для слабоагрессивной и среднеагрессивной газовой среды и не менее 20 мм – для сильноагрессивной среды, если не требуется большая толщина по расчету конструкции. Для композитной полимерной арматуры

толщина защитного слоя назначается из условия обеспечения совместной работы арматуры с бетоном.

Минимальную толщину защитного слоя монолитных конструкций следует принимать на 5 мм более значений, указанных в таблицах Г.1 (Г.1), И.3 (Ж.3), И.4 (Ж.4), И.5 (Ж.5).

Для предварительно напряженных железобетонных конструкций 2-й категории трещиностойкости ширину непродолжительного раскрытия трещин допускается увеличивать на 0,05 мм при повышении толщины защитного слоя на 10 мм.

В отсутствии агрессивных сред толщину защитного слоя бетона назначают:

- для мостов и труб по СП 35.13330;
- для конструкций мостов и труб по СП 35.13330;
- для гидротехнических сооружений по СП 41.13330.
- для конструкций аэродромов по СП 121.13330.

При наличии агрессивных сред по СП 28.13330 дополнительно назначаются требования по ограничению проницаемости бетона и максимальной допустимой ширине раскрытия трещин.

4.16 (5.4.23) Применение бетонных и железобетонных конструкций из легких бетонов в агрессивных средах допускается наравне с тяжелыми бетонами при соответствии их показателей проницаемости характеристикам тяжелых бетонов.

4.17 (5.4.25) Ограждающие конструкции из легких и ячеистых бетонов для зданий с агрессивными газовыми и твердыми средами следует применять в соответствии с таблицей Л.1 (Л.1).

4.18 (5.4.26) Коррозионная стойкость конструкций, подвергающихся действию морской воды, должна обеспечиваться мерами первичной защиты (применением сульфатостойких цементов и добавок, повышающих сульфатостойкость и снижающих проницаемость бетона, увеличением толщины защитного слоя, защитой арматуры антикоррозионными покрытиями) или вторичной, или электрохимической защитой.

4.19 (5.4.27) Железобетонные тонкостенные конструкции из мелкозернистого бетона допускается применять без вторичной защиты в слабоагрессивной газовой, жидкой и твердой средах при условии армирования оцинкованной арматурой или композитной полимерной арматурой. В среднеагрессивных и сильноагрессивных средах следует применять дополнительно вторичную защиту поверхности тонкостенных конструкций.

4.20 Марки бетона по морозостойкости F_1 (при увлажнении бетона пресной водой с содержанием солей менее 5 г/дм^3) и F_2 (при увлажнении бетона минерализованной водой с содержанием солей 5 г/дм^3 и более, в том числе растворами противогололедных реагентов и морской водой) в зависимости от условий эксплуатации назначаются по таблице И.1 (Ж.1).

В отсутствие воздействия жидких агрессивных сред или при воздействии жидких агрессивных сред в виде растворов хлоридов, сульфатов, нитратов и других солей-электролитов концентрации до 5 г/л включительно – марки бетона по морозостойкости назначаются для мостов и труб по СП 46.13330, для автодорог – по СП 34.13330, для аэродромов – по СП 121.13330, для гидротехнических сооружений – по СП 41.13330.

При воздействии жидких агрессивных сред концентрации свыше 5 г/л марки бетона по морозостойкости назначаются по таблице И.1 (Ж.1), но не менее значений, приведенных в нормативных документах, перечисленных выше. При этом расчетная зимняя температура наружного воздуха принимается по СП 131.13330 как температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92.

Испытание бетона на морозостойкость выполняется по ГОСТ 10060.

Пример 11 – Определить требуемую марку по морозостойкости бетона для опор сборной железобетонной эстакады трубопровода на территории предприятия в отсутствии агрессивных сред. Место строительства – Владимирская область. Надземная часть эстакады подвергается воздействию дождей и мороза. Зона выхода опорных конструкций из грунта периодически насыщается водой.

По СП 131.13330 находим, что для Владимирской области температура воздуха наиболее холодной пятидневки равна минус 28 °С. По таблице И.1 (Ж.1) для водонасыщенного бетона при действии пресных вод (п.1.б) при расчетной

зимней температуре минус 32 °С находим марку бетона по морозостойкости $F_1$300. Для случая эпизодического водонасыщения (п. 1.в) для той же температуры требуется бетон марки по морозостойкости $F_1$200. Для сборных железобетонных конструкций опор эстакады выбираем требование к морозостойкости бетона $F_1$300 – по наиболее агрессивному воздействию.

Пример 12 – Определить требуемую марку по морозостойкости бетона для опор причального сооружения в Черном море в районе Сочи. Опоры причала в нижней части находятся под водой, выше - в зоне переменного горизонта и в зоне всплеска волн, еще выше – в зоне действия брызг морской воды. Наиболее подвержена агрессивному воздействию средняя часть, находящаяся в зоне переменного горизонта и всплеска волн.

По СП 131.13330 находим, что для города Сочи температура воздуха наиболее холодной пятидневки равна минус 3 °С. По таблице И.1 (Ж.1) для бетона, насыщенного морской водой (п.1.а) при расчетной зимней температуре минус 3 ° С находим марку бетона по морозостойкости F_2 100.

Пример 13 – Определить требуемую марку по морозостойкости бетона для опор причального сооружения в Баренцевом море в районе г. Мурманска. Опоры причала в нижней части находятся под водой, выше - в зоне переменного горизонта и в зоне всплеска волн, еще выше – в зоне воздействия брызг морской воды. Наиболее подвержена повреждению от морозного воздействия средняя часть, находящаяся в зоне переменного горизонта и всплеска волн.

По СП 131.13330 находим, что для города Мурманска температура воздуха наиболее холодной пятидневки равна минус 27 °С. По таблице И.1 (Ж.1) для бетона, насыщенного морской водой (п.1.а) при расчетной зимней температуре минус 27 °С находим марку бетона по морозостойкости F_2 300.

Для сооружений первого (повышенного) уровня ответственности и для конструкций со сроком эксплуатации 100 лет согласно п. 2.2 степень агрессивного воздействия должна быть повышена на одну ступень. С учетом этого марка бетона по морозостойкости должна быть принята равной F_2 450. Подобная марка бетона по морозостойкости была принята при строительстве Кислогубской приливной

электростанции. После 50 лет эксплуатации железобетонные конструкции станции не имеют морозного повреждения бетона.

Пример 14 – Определить требуемую марку по морозостойкости бетона, подвергающегося действию противогололедных реагентов дорожных покрытий в Москве.

По СП 131.13330 находим, что для города Москвы температура воздуха наиболее холодной пятидневки равна минус 28 °С. По таблице И.1 (Ж.1) для бетона, подвергающегося действию растворов противогололедных реагентов и мороза (п.1.а) при расчетной зимней температуре минус 28 °С находим марку бетона по морозостойкости F_2300.

Для железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в море, представляют опасность хлориды из состава морских солей, способные вызвать коррозию стальной арматуры. Для предупреждения опасного накопления хлоридов у поверхности арматуры необходимо ограничить диффузионную проницаемость бетона для хлоридов и назначить определенную толщину защитного слоя по таблице Г.1 (Г.1).

Пример 15 – Для условий эксплуатации, указанных в примере 13, назначить требования к бетону по диффузионной проницаемости для хлоридов и толщину защитного слоя. Содержание хлоридов в морской воде 18000 мг/дм^3.

По таблице Г.1 (Г.1) находим: толщина защитного слоя должна быть не менее 50 мм, диффузионная проницаемость для хлоридов – не более $5x10^{-13}$ м^2/с, что эквивалентно марке бетона по водонепроницаемости W10-W14.

Арматура

4.21 (5.4.9) Для армирования железобетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, допускаются виды арматуры, приведенные в таблицах И.3 (Ж.3) и И.4 (Ж.4).

Арматурные стали по коррозионной стойкости подразделяются на группы I и II. Группа III включает в себя композитную полимерную арматуру.

Группа I. Арматура для конструкций без предварительного напряжения горячекатаная и термомеханически упрочненная, с ненормируемой стойкостью

против коррозионного растрескивания, поставляемая в стержнях и мотках; холоднодеформированная, поставляемая в мотках.

Группа II. Напрягаемая арматура предварительно напряженных конструкций в виде горячекатаных и термомеханически упрочненных стержней, в том числе с нормированной стойкостью против коррозионного растрескивания, а также высокопрочная арматурная проволока и канаты арматурные из высокопрочной проволоки.

Группа III. Арматура композитная полимерная.

4.22 (5.4.10) Для армирования предварительно напряженных железобетонных конструкций, эксплуатируемых в агрессивных средах, следует применять стальную арматуру группы II и композитную полимерную арматуру группы III, отвечающую требованиям ГОСТ 31938.

4.23 (5.4.11) В железобетонных конструкциях без предварительного напряжения, эксплуатируемых в среднеагрессивных и сильноагрессивных средах, допускается применение горячекатанной арматуры и термомеханически упрочненного арматурного проката классов А400, А500, А600, а также холоднодеформированной арматуры класса В500, выдерживающей испытания на стойкость против коррозионного растрескивания по ГОСТ 10884 и ГОСТ 31383 в течение не менее 40 ч.

В предварительно напряженных железобетонных конструкциях, эксплуатируемых в среднеагрессивных и сильноагрессивных средах, в качестве напрягаемой арматуры допускается применение термомеханически упрочненного арматурного проката, выдерживающего испытания на стойкость против коррозионного растрескивания по ГОСТ 10884 в течение не менее 100 ч.

4.24 В агрессивных средах допускается применение нержавеющей, наномодифицированной стальной арматуры, стальной арматуры с антикоррозионным покрытием при наличии экспериментального подтверждения коррозионной стойкости арматуры с защитным покрытием или композитной полимерной арматуры, отвечающей требованиям соответствующей нормативной документации.

В конструкциях, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах, сварные стыки арматурных стержней следует располагать «вразбежку». Площадь поперечного сечения стержней, стыкуемых в одном сечении, не должна превышать 25% площади общего сечения.

4.24 (5.4.12) Для конструкций 3-й категории трещиностойкости, эксплуатируемых в агрессивных средах, не допускается применение арматурной проволоки классов B_p500 и B500 диаметром менее 4 мм.

4.25 (5.4.13) Для предварительно напряженных железобетонных конструкций, эксплуатируемых при воздействии агрессивных сред, допускается применение арматурных канатов, состоящих из проволоки диаметром не менее 2,5 мм в наружном и не менее 2,0 мм во внутренних слоях каната. При использовании 7-проволочных канатов торцы конструкций должны быть заглушены или напрягаемые арматурные элементы должны быть со специальным защитным покрытием.

Следует предусматривать защиту анкерных устройств преднапряженной арматуры и защиту инъектированием преднапряженной арматуры в каналах.

В предварительно напряженных конструкциях, изготавливаемых из шлакопемзобетона или с применением шлакопортландцемента, рекомендуется применять арматуру, стойкую к коррозионному растрескиванию.

Предварительно напряженные конструкции для зданий с агрессивными средами не допускается изготавливать способом натяжения арматуры на затвердевший бетон.

Применение высокопрочной проволочной арматуры в предварительно напряженных конструкциях из ячеистых, крупнопористых легких и тяжелых силикатных бетонов не допускается без специальных мер защиты независимо от условий эксплуатации. Возможно применение высокопрочной проволоки при армировании конструкций предварительно напряженными брусками из тяжелого бетона.

4.26 (5.4.14) На поверхности стержней арматуры конструкций без предварительного напряжения допустимо наличие равномерного налета ржавчины толщиной не более 150 мкм. При толщине слоя продуктов поверхностной коррозии

от 150 до 300 мкм следует предусматривать их удаление механическими и/или химическими методами, например, преобразователями ржавчины. При толщине слоя ржавчины более 300 мкм арматура должна быть очищена механически до полного удаления продуктов коррозии и подвергнута контрольным испытаниям на растяжение по ГОСТ 12004 на соответствие механических характеристик требованиям нормативного документа на данный вид арматуры.

Стальные закладные детали и соединительные элементы

4.27 Степень агрессивного воздействия среды на необетонируемые поверхности закладных деталей и соединительных элементов определяется, как к металлическим конструкциям по СП 28.13330.

4.28 (5.5.2) Закладные детали и соединительные элементы, эксплуатирующиеся в условиях воздействия агрессивных сред, следует изготавливать из коррозионностойких видов сталей или с защитой металлическими протекторными покрытиями.

4.29 (5.5.3) В обетонируемых стыках и узлах сопряжений конструкций закладные детали и соединительные элементы из обычных сталей без защитных покрытий должны иметь защитный слой бетона марки по водонепроницаемости не ниже, чем в стыкуемых конструкциях. Ширина раскрытия трещин в обетонируемых стыках и узлах сопряжения конструкций не должна превышать указанную в таблицах И.3 (Ж.3) и И.4 (Ж.4).

Незащищенные закладные детали перед установкой в формы для бетонирования должны быть очищены от пыли, ржавчины и других загрязнений.

Для защиты поверхностей элементов, полностью доступных для возобновления на них покрытий в процессе эксплуатации, независимо от степени агрессивного воздействия среды, могут предусматриваться лакокрасочные покрытия.

Во избежание повреждения металлического, неорганического или другого покрытия с тыльной стороны закладной детали при монтажной сварке рекомендуется для изготовления таких деталей применять стальные элементы (лист, полосу, профиль) толщиной не менее 6 мм.

4.30 (5.5.5) Защиту от коррозии необетонируемых стальных закладных деталей и соединительных элементов сборных и монолитных железобетонных конструкций в зависимости от их назначения и условий эксплуатации следует производить по таблице 5:

- лакокрасочными покрытиями (в помещениях с сухим и нормальным влажностным режимом при неагрессивной и слабоагрессивной степени воздействия среды);

- протекторными металлическими покрытиями, наносимыми гальваническим методом, методами горячего или холодного цинкования, газотермического, термодиффузионного напыления (в помещениях с влажным или мокрым режимом и на открытом воздухе);

- комбинированными покрытиями (лакокрасочными по металлизационному слою при средней степени агрессивного воздействия среды).

Примечания

1 «Холодное цинкование» – защита от коррозии цинкнаполненными композициями, наносимыми на поверхности металла методами, используемыми для лакокрасочных материалов: способами пневматического или безвоздушного распыления, окунанием, кистью, валиком.

2 Возможно применение других материалов при надлежащем обосновании их стойкости к агрессивным воздействиям и совместимости с покрытием, наносимым методом «холодного цинкования».

3 Допущение ограниченного коррозионного износа металла может быть принято при соответствующем технико-экономическом обосновании.

Таблица 5 – Защитные покрытия закладных деталей, назначаемые в зависимости от агрессивности газовой среды

Степень агрессивного воздействия среды	Влажностный режим помещения по СП 50.13330	Защитные покрытия		
		лакокрасочные	металлические (цинковые или алюминиевые)	комбинированные (лакокрасочные по металлизационному слою)
Неагрессивная	Сухой	+		
	Нормальный	+		
Слабоагрессивная	Сухой	+		
	Нормальный	+		
	Влажный или мокрый		+	

Окончание таблицы 5

Степень агрессивного воздействия среды	Влажностный режим помещения по СП 50.13330	Защитные покрытия		
		лакокрасочные	металлические (цинковые или алюминиевые)	комбинированные (лакокрасочные по металлизационному слою)
Среднеагрессивная	Сухой		+	
	Нормальный			+
	Влажный или мокрый			+
Сильноагрессивная	Сухой			+
	Нормальный			+
	Влажный или мокрый			+

Примечания

1) Защита закладных деталей, подвергающихся прямому воздействию атмосферных факторов (находящихся на открытом воздухе), производится как во влажной или мокрой среде.

2) Знаком «+» обозначена рекомендуемая область применения защитных покрытий.

4.31 Закладные и соединительные детали элементов зданий, возводимых в сейсмических районах, на просадочных грунтах и на подрабатываемых территориях, необходимо в слабоагрессивной среде при нормальном влажностном режиме помещения защищать металлическими покрытиями.

Закладные детали и соединительные элементы, находящиеся внутри стыков ограждающих конструкций, в которых возможно выпадение конденсата или увлажнение атмосферными осадками (например, при дожде с ветром) вследствие недостаточной герметичности стыков, следует защищать металлическими покрытиями, а в зданиях с агрессивными газами – комбинированными покрытиями.

4.32 (5.5.6, 5.5.7) Защиту от коррозии закладных деталей и соединительных элементов допускается не производить, если они необходимы только на период монтажа конструкций или до стабилизации неравномерных осадок здания (когда срок стабилизации не превышает 10 лет, а степень агрессивного воздействия среды не является средней или сильной, при влажном или мокром режиме помещения) и если при этом появление ржавчины на их поверхности в период эксплуатации здания не вызовет нарушения эстетических требований. Допускается также не наносить защитные покрытия на участке закладных деталей и соединительных элементов, обращенных друг к другу плоскими поверхностями (типа листовых накладок), свариваемыми по всему контуру.

4.33 (5.5.8) Минимальные толщины покрытий назначаются в зависимости от метода нанесения в соответствии с нормативной документацией на каждый вид покрытия и должны быть:

- гальваническим методом 30 мкм;

- методом горячего цинкования 50 мкм;

- методом холодного цинкования 60 мкм;

- методом газотермического напыления 100 мкм;

- методом термодиффузионного напыления 25 мкм.

4.34 (5.5.9) Толщина стальных закладных деталей и соединительных элементов (лист, полоса, профиль) должна приниматься не менее 6 мм, а арматурных стержней не менее 12 мм.

4.35 (5.5.10) Закладные детали и соединительные элементы в стыках наружных ограждающих конструкций, таких как сборные железобетонные стеновые панели (в том числе, трехслойные стеновые панели), подлежат защите от коррозии.

4.36 (5.5.11) По условиям воздействия окружающей среды стальные детали и соединительные элементы наружных стен зданий подразделяются на пять групп - таблица М.1 (И.1):

- группа I – стальные закладные и соединительные элементы фасадов зданий, расположенные вне пределов наружных стеновых панелей, экспонированные на открытом воздухе, без обетонирования;

- группа II – обетонируемые или замоноличиваемые стальные закладные и соединительные элементы фасадов зданий, расположенные вне пределов наружных стеновых панелей, а также в наружном слое бетона трехслойных стеновых панелей;

- группа III – замоноличиваемые стальные закладные и соединительные элементы, расположенные в горизонтальных и вертикальных стыках наружных трехслойных стеновых панелей во внутреннем слое бетона;

- группа IV – то же, что и в III, но расположенные по всей толщине стеновой панели;

- группа V – замоноличиваемые стальные закладные и соединительные элементы конструкций, находящихся внутри здания, примыкающие и не примыкающие к наружным стеновым панелям.

Оценка агрессивного воздействия среды и местоположение закладных деталей и соединительных элементов в зданиях с наружными стенами из трехслойных стеновых панелей приведены в таблице М.1 (И.1).

Примечание – Под обетонированием понимается заделка бетоном или раствором элементов деталей, расположенных на поверхностях конструкций; под замоноличиванием – внутри узла сопряжения конструкций.

4.37 (5.5.12) Каждой из пяти групп соответствуют определенные виды закладных и соединительных элементов, находящихся в относительно одинаковых температурно-влажностных условиях воздействия, для которых рекомендованы равноценные варианты методов защиты от коррозии - таблица Н.1 (К.1).

4.38 (5.5.13) Обетонирование закладных и соединительных элементов или их замоноличивание в узлах сопряжения конструкций групп II-IV должно осуществляться бетоном марки по водонепроницаемости, равной марке по водонепроницаемости бетона стыкуемых конструкций, но не ниже W4, а для группы V – по проекту.

Толщина защитного слоя бетона (расстояние от наружной поверхности до поверхности ближайшего стального элемента закладной или соединительной детали) должна быть не менее 20 мм.

4.39 (5.5.14) В цокольной части здания и в техническом подполье защиту закладных и соединительных элементов наружных панелей между собой и с панелями внутренних стен следует выполнять по группе II. В техническом подполье толщина всех элементов закладных и соединительных элементов (пластин, уголков) и диаметр анкерующих и соединяющих стержней должны быть увеличены не менее чем на 2 мм по сравнению с расчетными или конструктивными значениями.

В цокольной части здания и в техническом подполье бетон замоноличивания должен быть марки по водонепроницаемости не ниже W6.

4.40 (5.5.15) Открытые металлические элементы закладных деталей для крепления конструкций лестничных пролетов, находящихся внутри помещений, подлежат окраске лакокрасочным покрытием группы II по таблице (Ц.7) СП 28.13330 (два слоя общей толщиной не менее 55 мкм).

4.42 При защите поверхности железобетонных элементов и закладных деталей лакокрасочными или комбинированными покрытиями следует по возможности выбирать одно и то же лакокрасочное покрытие.

При защите комбинированными или лакокрасочными покрытиями нанесение последних на лицевую поверхность закладной детали осуществляется после проведения монтажной сварки и защиты сварного шва.

4.43 (5.5.16) Сварной шов, а также прилегающие к нему участки защитных покрытий, нарушенные при монтаже и сварке, должны быть защищены и восстановлены путем нанесения тех же самых или равноценных покрытий.

При наличии соответствующих обоснований восстановление покрытия на сварном шве может производиться другими покрытиями (например, протекторными грунтами на жидкостекольной и лакокрасочной основе и др.), обеспечивающими требуемую долговечность.

Дополнительные меры первичной защиты, предусматриваемые при проектировании конструкций

4.44 Расчет железобетонных конструкций, подверженных воздействию агрессивных сред, следует производить по СП 63.13330 с учетом требований СП 28.13330 по категории требований к трещиностойкости и предельно допустимой ширине раскрытия трещин, которые ужесточаются с повышением степени агрессивного воздействия среды.

Допустимая ширина раскрытия трещин назначается из условий обеспечения долговечности и непроницаемости и обусловливается степенью агрессивного воздействия среды, длительностью действия внешней нагрузки и видом применяемой арматуры.

В конструкциях третьей и второй категории требований к трещиностойкости первое значение ограничивает непродолжительное раскрытие трещин, соответствующее раскрытию трещин при совместном действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок. Второе значение соответствует раскрытию трещин при действии только постоянных и длительных нагрузок.

В конструкциях первой категории требований к трещиностойкости раскрытие трещин не допускается.

При эксплуатации конструкций в агрессивных средах предельно допустимая ширина раскрытия трещин контролируется также условиями непроницаемости, особенно для жидких агрессивных сред.

Сквозная фильтрация воды или агрессивных растворов вызывает интенсивную коррозию стальной арматуры в фильтрующих трещинах (вплоть до обрыва стержней). В конструкциях, эксплуатирующихся при наличии напора жидких сред, сквозные фильтрующие трещины не допускаются.

4.45 Категория требований к трещиностойкости, значения предельно допустимой ширины непродолжительного и продолжительного раскрытия трещин, толщина защитного слоя бетона, минимальные марки по водонепроницаемости для бетона конструкций, предназначенных к эксплуатации в газовых и твердых агрессивных средах, приведены в таблице И.3 (Ж.3), в жидких агрессивных средах – в таблице И.4 (Ж.4).

Условия, определяющие необходимость защиты поверхностей конструкций, и варианты защитных мер приведены в разделе 5.

При надлежащем технико-экономическом обосновании следует учитывать следующие положения.

Увеличение толщины защитного слоя бетона снижает опасность возникновения коррозии арматуры в трещинах ограниченного раскрытия. При увеличении толщины защитного слоя бетона на 10 мм и более сверх значений, указанных в таблицах И.3 (Ж.3) и И.4 (Ж.4), допускается увеличить предельно допустимую ширину непродолжительного и продолжительного раскрытия трещин на 10%.

При применении оцинкованной арматуры требования таблиц И.3 (Ж.3) и И.4 (Ж.4) допускается корректировать следующим образом:

снижать водонепроницаемость бетона на одну марку (при этом марка должна быть не менее W4), или уменьшать толщину защитного слоя бетона на 5 мм, или увеличивать предельно допустимую ширину непродолжительного и продолжительного раскрытия трещин конструкций со стержневой арматурной сталью на 15%.

При применении в конструкциях арматурных сталей большого диаметра допускается увеличивать предельно допустимую ширину непродолжительного и продолжительного раскрытия трещин для диаметров 28–32 мм на 10%, а для диаметров свыше 36 мм – на 15%.

В случаях одновременного изменения нескольких параметров первичной защиты (повышение толщины защитного слоя бетона, применение оцинкования и арматурных стержней большого диаметра) увеличение предельно допустимой ширины непродолжительного и продолжительного раскрытия трещин не должно превышать 30% значений, нормируемых таблицами И.3 (Ж.3) и И.4 (Ж.4), при этом ширина раскрытия трещин не должна превышать значений, указанных в СП 63.13330.

4.46 Примеры пользования таблицами И.3 (Ж.3) и И.4 (Ж.4) приведены ниже.

Пример 16 – Условия приняты по примеру 3 раздела 3. Требуется определить проектные требования для предварительно напряженных ферм, армированных стержневой арматурой класса А500, принятых в качестве несущей конструкции покрытия цеха электролиза водных растворов хлорида натрия. Среда цеха – среднеагрессивная.

По таблице И.3 (Ж.3) для среднеагрессивной среды находим, что нижний пояс фермы, армированный сталью класса А500, должен рассчитываться как элемент третьей категории требований к трещиностойкости. Предельно допустимая ширина непродолжительного раскрытия трещин в нижнем поясе не должна превышать 0,15 мм, а при длительно действующих нагрузках должна быть не более 0,1 мм. Величина защитного слоя бетона до поверхности арматуры по таблице И.3 (Ж.3) составляет 20 мм, бетон марки по водонепроницаемости W6.

Элементы решетки и верхнего пояса фермы, выполненные без предварительного напряжения арматуры, рассчитываются как элементы третьей категории требований к трещиностойкости с предельно допустимой шириной непродолжительного раскрытия трещин не более 0,15 мм, а продолжительного раскрытия трещины не более 0,10 мм. Защитный слой для элементов решетки и верхнего пояса ферм должен приниматься не менее 20 мм, бетон марки по водонепроницаемости W6.

Вторичная защита поверхности фермы назначается в соответствии с требованиями раздела 5.

4.47 Толщина защитного слоя бетона в конструкциях для агрессивных сред определяется как минимальное расстояние от поверхности конструкции до поверхности любого ближнего арматурного стержня. При этом защитный слой бетона в конструкциях должен быть не менее величин, указанных в СП 63.13330.

Для торцов поперечных и продольных стержней арматурных каркасов толщина защитного слоя бетона до арматуры должна быть не менее 10 мм.

Толщина защитного слоя бетона у арматуры второстепенных ребер плит может приниматься не менее величины защитного слоя полок этих плит.

Защитный слой бетона до арматуры или стальных закладных деталей в замоноличиваемых узлах конструкций, а также проницаемость бетона должна удовлетворять требованиям таблиц И.3 (Ж.3) и И.4 (Ж.4). При невозможности выполнения этого условия следует предусматривать защиту арматуры и стальных закладных деталей, находящихся в пределах стыка, металлическими покрытиями.

Для обеспечения требуемой толщины защитного слоя бетона и проектного положения арматуры следует предусматривать установку фиксаторов положения арматуры, изготавлаваемых из полиэтилена, капрона и других коррозионностойких полимерных материалов или из плотного цементно-песчаного раствора.

При использовании фиксаторов из полимерных материалов следует учитывать возможность образования трещин в растянутой зоне бетона на контакте с фиксатором, если он не имеет развитой поверхности.

Уменьшить опасность коррозии арматуры можно применением фиксаторов, конструкция которых уменьшает возможность образование трещин, например, фиксаторов с развитой боковой поверхностью, а также фиксаторов из цементно-песчаного раствора (состава Ц:П = 1:1,5 или 1:2 с В/Ц не более 0,5), проницаемость которого должна быть не выше проницаемости бетона конструкции.

К фиксаторам предъявляются также следующие общие требования: легкость установки, устойчивость в рабочем положении, способность выдержать без деформаций вес арматурного каркаса и нагрузок от бетонной смеси при заполнении формы.

4.48 Применение конструкционных легких бетонов в несущих конструкциях, предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах, допускается при условии соответствия конструкционных легких бетонов требованиям норм по коррозионной стойкости, предъявляемым к плотным тяжелым бетонам, проницаемости и способности пассивировать стальную арматуру. Марки легких бетонов по водонепроницаемости должны удовлетворять требованиям таблиц И.3 (Ж.3) и И.4 (Ж.4).

Для бетонов на пористых заполнителях допускается отклонение показателя водопоглощения в большую сторону от значений, приведенных в таблице Д.1 (Е.1) при условии соответствия по проницаемости бетонам по прямым показателям (для жидких сред по показателю водонепроницаемости или коэффициенту фильтрации или коэффициенту диффузии, для газовых сред – по показателю водонепроницаемости или коэффициенту диффузии).

Пассивирующая способность бетона на пористых заполнителях может быть снижена вследствие гидравлической активности самого заполнителя (связывание гидроксида кальция $Ca(OH)_2$ с понижением pH) усиливающейся при тепловой обработке, особенно при автоклавном твердении.

Гидравлическая активность заполнителя зависит от химического состава и крупности зерен заполнителя. Определяющим в химическом составе заполнителя является содержание активных алюминатов (в расчете на Al_2O_3) и диоксида кремния SiO_2. Наибольшей активностью обладают мелкие фракции пористого заполнителя с размером частиц 0,3 мм и менее. Гидравлическая активность мелкого пористого заполнителя устанавливается ускоренным методом, приведенным в приложении С. Мелкий пористый заполнитель по гидравлической активности подразделяется на три группы в соответствии с таблицей 6.

Для обеспечения первичного (на стадии изготовления и твердения) пассивирующего действия бетона, изготовленного с применением мелкого заполнителя со средней и сильной гидравлической активностью, необходимо рассчитывать минимальное количество цемента по формуле:

$$Ц = K\sum П a 100/(0{,}43\alpha\, C_3S + 0{,}11\beta C_2S),$$

где содержание C_3S (алит) и C_2S (белит) в составе цемента, %; К – коэффициент запаса, равный 1,25; П – количество отдельных фракций активных заполнителей, кг/м^3 бетона; *а* – количество CaO, которое может быть связано 1 кг заполнителя различных фракций, кг/кг; α и β – степень гидратации алита и белита к моменту окончания термообработки бетона (принимается соответственно 0,8 и 0,6); C_2S учитывается при содержании свыше 25%.

Пример 17 – В 1 м^3 бетона содержится 354 кг пористого песка. Гидравлическая активность (средняя по фракциям), определенная по приложению С, составила 120 мг/г, т. е. 1 кг пористого песка связывает 0,12 кг CaO. Количество C_3S в цементе 62%, C_2S – 17%. Отсюда минимальный необходимый для пассивации стальной арматуры расход цемента равен Ц = 100·1,25·354·0,12:(0,43·0,8·62) = 249 кг.

Таблица 6 – Группы заполнителей по гидравлической активности и минимальный допустимый расход цемента в бетоне

Группы заполнителей по гидравлической активности	Характеристика гидравлической активности мелкого пористого заполнителя	Количество CaO, мг, связанное 1 г заполнителя в процессе термообработки*	Рекомендуемые виды цемента	Минимальное содержание алита в клинкере портландцемента, %	Минимально допустимый расход цемента, кг/м^3
I	Слабоактивные	Свыше 40 до 50	Все цементы, отвечающие требованиям стандартов	-	220
II	Среднеактивные	Свыше 50 до 75	Портландцемент, Шлакопортландцемент Пуццолановый, напрягающий цемент	40	250
III	Сильноактивные	Свыше 75	Портландцемент	60	300

При принятых в расчете параметрах такое содержание цемента обеспечит первичную пассивность арматурной стали в бетоне.

4.49 Конструктивно-теплоизоляционные легкие и ячеистые бетоны в ограждающих конструкциях зданий с агрессивными средами имеют ограниченную область применения. Область применения и требования к таким конструкциям приведены в таблице Л.1 (Л.1).

В зданиях с влажным или мокрым режимом помещений при наличии в качестве агрессивного компонента только диоксида углерода (например, производственные помещения животноводческих зданий) допускается применение ограждающих конструкций из легких и ячеистых бетонов с защитными мерами, как для слабоагрессивной среды, таблица Л.1 (Л.1).

Кроме того, в конструкциях из легких бетонов можно заменить изолирующий слой на фактурный (однослойные конструкции) при толщине защитного слоя бетона не менее 30 мм.

При этом необходимо применять следующие дополнительные меры защиты:

- в слабоагрессивной среде в бетонную смесь следует вводить ингибиторы коррозии стали или наносить на поверхность конструкции со стороны помещения цементно-латексное покрытие толщиной 2 мм;

- в среднеагрессивной среде защиту конструкций следует осуществлять одним из следующих способов: введением в бетонную смесь ингибиторов коррозии стали; нанесением на ограждающие конструкции со стороны агрессивной среды цементно-латексного покрытия толщиной 3 мм; защитой стальной арматуры защитными покрытиями.

4.50 Железобетонные тонкостенные конструкции из мелкозернистого бетона допускается применять в слабоагрессивной газовой и твердой средах. В газовой среде толщина защитного слоя должна быть не менее 4 мм, водопоглощение бетона – не более 8% при защите арматурных сеток и проволок цинковым покрытием толщиной не менее 30 мкм или при защите поверхности конструкций лакокрасочным покрытием III группы. В твердой среде в дополнение к указанным мерам следует осуществлять одновременно защиту арматуры цинковым покрытием и поверхности конструкции лакокрасочными материалами.

5 Защита от коррозии поверхности бетонных и железобетонных конструкций

5.1 (5.6.3) Защита от коррозии поверхностей бетонных и железобетонных конструкций предусматривается со стороны непосредственного воздействия агрессивной среды и осуществляется в соответствии с СП 72.13330:

- лакокрасочными покрытиями – при действии газовых и твердых сред (аэрозолей);

- лакокрасочными толстослойными (мастичными) покрытиями – при действии жидких сред и при непосредственном контакте покрытия с твердой агрессивной средой;

- оклеечными покрытиями – при действии жидких сред, в грунтах – в качестве непроницаемого подслоя в облицовочных покрытиях;

- облицовочными материалами и покрытиями, в том числе из полимербетонов, – при действии жидких сред, в грунтах – в качестве защиты от механических повреждений оклеечного покрытия;

- обмазочными, футеровочными и штукатурными покрытиями на основе минеральных и полимерных вяжущих, жидкого стекла и битума – для повышения стойкости конструкций и оборудования к воздействию техногенных или иных агрессивных сред;

- пропиткой (уплотняющей) химически стойкими материалами – для повышения защитных и конструкционных свойств поверхностных слоев бетона при действии жидких сред, в грунтах;

- обработкой гидроизоляционными проникающими смесями - для повышения водонепроницаемости бетонов и стойкости к воздействию техногенных или иных агрессивных сред;

- гидрофобизацией – при периодическом увлажнении водой или атмосферными осадками в отсутствии напора воды, в качестве подготовки поверхности перед нанесением грунтовочного слоя под лакокрасочные покрытия;

- биоцидными материалами – при воздействии бактерий, выделяющих кислоты, и грибов;

- тонкослойными полимерцементными защитными покрытиями – при действии газовых сред и периодическом воздействии жидких сред, при периодическом увлажнении водой и атмосферными осадками, при образовании конденсата;

- толстослойными полимерцементными покрытиями – при действии жидких сред;

- инъекцированием – для защиты арматуры от коррозии в зонах раскрытия трещин и/или наличия внутренних пустот в железобетонных конструкциях, а также для снижения скорости развития коррозионных процессов в бетоне вследствие проникания жидкой агрессивной среды.

5.2 (5.6.4) Защиту от коррозии реконструируемых зданий и сооружений следует выполнять с учетом принципов защиты и ремонта конструкций по ГОСТ 32016, ГОСТ Р 56378.

5.3 (5.6.5) Защиту от коррозии поверхности надземных и подземных железобетонных конструкций следует назначать, исходя из условия возможности возобновления защитных покрытий. Для подземных конструкций, вскрытие и ремонт которых в процессе эксплуатации практически исключены, необходимо применять материалы, обеспечивающие защиту конструкций на весь период эксплуатации.

5.4 (5.6.6) Для оценки состояния поверхности бетонных и железобетонных конструкций перед нанесением антикоррозионной защиты устанавливаются следующие нормируемые показатели: класс нормируемой шероховатости; предел прочности поверхностного слоя на сжатие; допускаемая щелочность; влажность поверхностного слоя; отсутствие повреждений и дефектов; отсутствие острых углов и ребер у поверхности; отсутствие на поверхности загрязнений.

5.5 (5.6.7) Подготовленная бетонная поверхность в зависимости от вида защитного покрытия должна соответствовать требованиям СП 72.13330.

Прочность поверхностного слоя на сжатие должна быть не менее 15 МПа для бетона и не менее 8 МПа для цементно-песчаного раствора.

При применении лакокрасочных материалов на органических растворителях влажность бетона в поверхностном слое толщиной 20 мм должна быть не более 4% по массе (на поверхности не должно быть влаги, поверхность бетона должна быть на ощупь воздушно-сухой).

При применении материалов на водной основе влажность поверхностного слоя бетона должна быть не выше 10% по массе (на поверхности не должно быть видимой пленки воды).

При применении сухих строительных гидроизоляционных проникающих капиллярных смесей на цементном вяжущем по ГОСТ Р 56703 требуется тщательно увлажнить бетон до полного влагонасыщения.

5.6 (5.6.8) Защитные материалы должны изготавливаться в соответствии с требованиями нормативной и технической документации на конкретный материал, по рецептурам и технологическим регламентам, утвержденным в установленном порядке.

Защитные материалы в зависимости от предполагаемых условий эксплуатации железобетонных конструкций должны обладать определенными показателями качества: адгезией к бетону (ГОСТ 28574), водонепроницаемостью, диффузионной проницаемостью, морозостойкостью, химической стойкостью, трещиностойкостью (ГОСТ 31383), паропроницаемостью (ГОСТ 28575), биостойкостью, декоративными и другими свойствами.

Лакокрасочные материалы, применяемые в строительстве (краски, эмали, лаки, грунтовки, шпатлевки), должны соответствовать требованиям ГОСТ 33290.

Выбор материалов и системы защиты следует выполнять с учетом требований ГОСТ 32017.

Лакокрасочные, оклеечные и облицовочные покрытия в соответствии с их защитными свойствами подразделяются на четыре группы (защитные свойства групп покрытий повышаются от первой к четвертой).

Группы покрытий для конструкций в средах различной степени агрессивности приведены в таблице Р.1 (М.1).

Не допускается применение в жидких органических средах (масла, нефтепродукты, растворители) лакокрасочных покрытий, рулонных, листовых материалов, а также композиций герметиков на основе битума.

5.7 Защита бетонных поверхностей надземных конструкций, эксплуатирующихся в газовых и твердых агрессивных средах, осуществляется, как правило, лакокрасочными материалами.

Лакокрасочные защитные покрытия, применяемые в строительстве, делятся на типы: атмосферостойкие (а – на открытом воздухе, ан – тоже, под навесом, п – в помещениях), химически стойкие (х), трещиностойкие (тр), термостойкие (т).

Трещиностойкие лакокрасочные покрытия следует предусматривать для конструкций, деформации которых сопровождаются раскрытием трещин в пределах, указанных в таблицах И.3 (Ж.3) и И.4 (Ж.4).

К числу химически стойких лакокрасочных материалов относятся эпоксидные, алкидно-уретановые, каучуковые, полисилоксановые, перхлорвиниловые и поливинилхлоридные, сополимеро-винилхлоридные, хлорированные полиэтиленовые, эпоксидно-каучуковые.

Системы лакокрасочных покрытий включают грунтовочные и покрывные защитные слои.

Толщина одного слоя лакокрасочного покрытия зависит от способа его нанесения. Система покрытий в зависимости от числа защитных слоев может иметь различную общую толщину. Требуемую толщину покрытия следует стремиться получать нанесением наименьшего числа слоев, но не менее двух (для обеспечения перекрытия микропор).

Система покрытия при правильно выбранном виде лакокрасочного материала и оптимальной толщине определяет защитные свойства покрытия в данной агрессивной среде.

Характеристика лакокрасочных материалов по типу пленкообразующего, группы покрытий и некоторые технологические параметры приведены в таблицах С.1 (П.1) и С.2 (П.2). Более подробные данные по составу лакокрасочных покрытий и технологий их нанесения приведены в соответствующих нормативных документах по защите от коррозии лакокрасочными покрытиями.

5.8 Защита поверхностей подземных конструкций выбирается в зависимости от условий эксплуатации с учетом вида конструкций, их массивности, технологии изготовления и возведения.

Наружные боковые поверхности подземных конструкций зданий и сооружений (фундаментов, тоннелей, каналов, коллекторов и т.п.), а также ограждающих конструкций подвальных помещений (стен, полов), подвергающихся воздействию агрессивных грунтовых и производственных вод, защищаются, как правило, мастичными, оклеечными или облицовочными покрытиями. Тип покрытия, его группа и рекомендуемые варианты приведены в таблицах Р.1 (М.1), Т.1 (Н.1), С.1 (П.1), С.2 (П.2) и СП 72.13330. Химическая стойкость некоторых изоляционных материалов приведена в таблице Т.2. При применении рулонной изоляции для защиты боковых поверхностей, последнюю необходимо заводить под подошву фундамента.

При наличии водорастворимых солей свыше 1% массы грунта для районов со средней месячной температурой самого жаркого месяца свыше 25 °С при средней месячной относительной влажности воздуха менее 40% необходимо устройство гидроизоляции всех поверхностей фундаментов. Для цокольной части зданий, эксплуатирующихся в указанных условиях, следует принимать бетон марки по водонепроницаемости не менее W6.

Под подошвы бетонных и железобетонных фундаментов следует предусматривать устройство подготовки и изоляции, стойкой к воздействию агрессивной среды. Для защиты подошв фундаментов, расположенных в уровне агрессивных грунтовых вод (с учетом возможности их повышения), необходимо предусматривать:

- в кислых слабо- и среднеагрессивных средах – устройство щебеночной подготовки толщиной 100–150 мм из плотных изверженных пород с последующей укладкой слоя кислотостойкого асфальта, а в сильноагрессивных кислых средах – дополнительно по кислотостойкому асфальту наклеивать два слоя рулонной изоляции с последующей укладкой слоя асфальта;

- в сульфатных слабо- и среднеагрессивных средах – устройство щебеночной подготовки толщиной 100–150 мм с проливкой горячим битумом с последующей

подготовкой из бетона или цементно-песчанного раствора или слоя горячей асфальтовой мастики, а для сильноагрессивных сульфатных сред – подготовки из бетона или цементно-песчанного раствора на сульфатостойком портландцементе.

Защиту поверхностей фундаментов, располагаемых в сезонноотаивающем слое грунта (в районах вечной мерзлоты), следует осуществлять устройством дренирующей песчаной подсыпки толщиной около 60 см от поверхости грунта или устройством теплоизоляционного слоя (например, обшивка пропитанными деревянными щитами или слоем асфальтокерамзитобетона). Такая защита снижает количество циклов замораживания и оттаивания, сдерживает коррозионные процессы в бетоне за счет устранения испаряющих поверхностей. При этом исключается применения традиционной поверхностной защиты конструкций (обмазочной или оклеечной изоляции или пропитки), обусловливающих в указанных условиях накопление влаги в бетоне конструкций.

5.9 (5.6.18) Марка бетона по водонепроницаемости при изготовлении свай должна быть не ниже W6. Защита поверхности забивных и вибропогружаемых железобетонных свай покрытиями не допускается. Защита свай пропиткой или гидроизоляционными проникающими смесями допускается при условии, если доказано отсутствие их влияния на несущую способность свай.

Защиту забивных и погружаемых вибрацией свай следует выполнять максимально используя методы первичной защиты (применением соответствующих составу агрессивных сред цементов, снижением проницаемости бетона путем применения водоредуцирующих добавок в бетон) и лишь при недостаточности такой защиты применять пропитку бетона уплотняющими составами и составами проникающего действия.

5.10 При наличии в производстве жидких агрессивных сред бетонные и железобетонные фундаменты под металлические колонны и оборудование, а также участки поверхностей других конструкций должны выступать над уровнем пола не менее чем на 300 мм.

В случае невозможности выполнения данного требования должно предусматриваться обетонирование нижних участков колонн на высоту не менее

300 мм выше уровня пола с защитой от попадания агрессивных сред отгибом вверх рулонной изоляции пола на высоту 300 мм.

Изоляция фундаментов и пола должна быть сплошной и единой, а для ее сохранности следует предусматривать устройство температурных компенсаторов или других мероприятий. Для компенсаторов могут быть использованы нержавеющая сталь, полиизобутилен по черной стали и т.п.

Деформационные швы должны герметизироваться эластичными материалами.

При слабой степени агрессивности среды деформационные швы могут быть выполнены с применением в качестве компенсатора оцинкованной стали, при средней и сильной – нержавеющей стали, полиизобутилена и других эластичных полимерных материалов.

При систематическом попадании на фундаменты жидкостей средней и сильной степени агрессивного воздействия необходимо предусматривать устройство поддонов под оборудованием и трубопроводами.

Участки поверхностей конструкций, где невозможно технологическими мероприятиями избежать облива или обрызгивания агрессивными жидкостями, должны иметь местную дополнительную защиту оклеечными, облицовочными или другими покрытиями.

Трубопроводы подземных коммуникаций, транспортирующие агрессивные по отношению к бетону или железобетону жидкости, должны быть расположены в каналах или тоннелях и быть доступны для систематического осмотра.

Сточные лотки, приямки, коллекторы, транспортирующие агрессивные жидкости, должны быть удалены от фундаментов зданий, колонн, стен, фундаментов под оборудование не менее чем на 1 м.

В случае если температура технологических жидкостей внутри труб выше 60 °С, состав защитных материалов назначается с соответствующей термостойкостью.

5.11 Для конструкций, в которых устройство защиты поверхности затруднено (буронабивные сваи, конструкции, возводимые методом «стена в грунте» и т.п.), необходимо применять первичную защиту с использованием

специальных видов цементов, заполнителей, подбором составов бетона, введением добавок, повышающих стойкость бетона и т.п.

5.12 В деформационных швах ограждающих конструкций должны быть предусмотрены компенсаторы из оцинкованной, нержавеющей или гуммиронной стали, полиизобутилена или других материалов и установка их на химически стойкой мастике с плотным закреплением. Конструкция деформационного шва должна исключать возможность проникновения через него агрессивной среды. Герметизация стыков и швов ограждающих конструкций должна быть предусмотрена путем заполнения зазоров герметиками.

Пример 18 – В атмосфере отапливаемого цеха с нормальным влажностным режимом присутствует диоксид серы со средней концентрацией 50 мг/м^3. Необходимо выбрать защиту для необетонируемых закладных деталей, недоступных в процессе эксплуатации для возобновления на их поверхности защитных покрытий. По таблице Б.2 (Б.2) определяем, что среда цеха характеризуется наличием газов группы С.

По СП 28.13330 (таблица (Б.2) определяем, что по отношению к металлическим элементам воздушная среда цеха является среднеагрессивной. По таблицам (Ц.1) и (Ц.6) СП 28.13330 находим, что для защиты закладных и соединительных элементов следует применять комбинированные покрытия группы III-160 (горячее или термодиффузионное цинковое покрытие + лакокрасочное покрытие группы III) общей толщиной не менее 160 мкм.

6 Особенности защиты железобетонных конструкций от электрокоррозии

6.1 Проблема защиты от электрокоррозии армированных конструкций из бетона при наличии токов утечки исключается при использовании композитной полимерной арматуры, изготовленной с применением стекловолокна или базальтового волокна, по ГОСТ 31938. Применение арматуры, содержащей углеродное волокно, ввиду его высокой электропроводности не допускается.

Далее приведены меры защиты железобетонных конструкций со стальной арматурой.

6.2 Защита от электрокоррозии должна быть предусмотрена:

а) при наличии блуждающих токов от установок постоянного тока для

1) железобетонных конструкций зданий и сооружений отделений электролиза;

2) конструкций сооружений электрифицированного на постоянном токе рельсового транспорта;

3) трубопроводов, коллекторов, фундаментов и других протяженных подземных конструкций зданий и сооружений, расположенных в поле тока от постороннего источника;

б) от действия переменного тока

1) при использовании железобетонных конструкций в качестве заземляющих устройств;

2) для железобетонных конструкций железнодорожного транспорта, электрифицированного на переменном токе.

Опасность коррозии блуждающими токами следует устанавливать по основным показателям – величинам потенциала «арматура-бетон» или по плотности тока утечки с арматуры. Основные показатели опасности приведены в таблице В.8 (В.8).

Опасность коррозии блуждающими токами допускается оценивать также по косвенным показателям (ток утечки с арматуры, электрическое сопротивление цепи заземления и т.п.).

Косвенные показатели наиболее часто используются для оценки опасности электрокоррозии в анодных и знакопеременных зонах подземных частей железобетонных конструкций сооружений железнодорожного транспорта, электрифицированного на постоянном токе (таблица 7).

Таблица 7 – Косвенные показатели опасности электрокоррозии

Наименование конструкций	Косвенные показатели опасности электрокоррозии		
	Электрическое сопротивление цепи заземления на каждый вольт среднего значения положительных потенциалов «рельс-земля» или «трос-земля», Ом/В, менее	Ток утечки, мА, свыше	Электроческое сопротивление цепи заземления, Ом, менее
Железобетонные опоры контактной сети с индивидуальным заземлением на рельсы	25	40	-
Железобетонные опоры контактной сети при групповом заземлении тросом: без заземления троса на рельсы или с заземлением троса на рельсы через искровые промежутки (ИП), диодные заземлители (ЗД) и т.п. устройства при длине троса, м			
до 600	Опасность отсутствует		
св. 600 до 1500	-	-	10
св. 1500	-	-	100
Бетонные и железобетонные фундаменты металлических опор контактной сети с индивидуальным заземлением на рельсы	25	40	-
Бетонные и железобетонные фундаменты металлических опор контакетной сети при групповом соединении опор тросом: без заземления троса на рельсы через искровые промежутки (ИП), диодные заземлители (ЗД) и тому подобные устройства при длине троса			
до 600 м	Опасность отсутствует		
более 600 м	25	40	-
Бетонные фундаменты светофоров	400	2,5	-
Железобетонные мачты светофоров, фундаметы релейных шкафов	100	10	-

Опасность коррозии переменным током промышленной частоты для конструкций, используемых в качестве заземляющих устройств, определяется

плотностью тока, длительно стекающего с поверхности арматуры подземных конструкций в грунт, превышающей 10 мА/дм^2.

Состояние железобетонных конструкций зданий и сооружений отделений электролиза и железобетонных конструкций электрифицированного на постоянном токе рельсового транспорта является заведомо опасным, в связи с чем при проектировании этих конструкций следует в обязательном порядке предусматривать мероприятия по защите от электрокоррозии, а в период эксплуатации производить контроль за коррозионным состоянием с целью установления опасности электрокоррозии и осуществления дополнительных мероприятий по защите.

Опасность электрокоррозии подземных железобетонных конструкций, расположенных в поле тока от постоянного источника, и необходимость их защиты от электрокоррозии должны быть установлены: при проектировании – по результатам расчета плотности тока утечки с арматуры или по результатам электрических измерений потенциалов «арматура - бетон» и «арматура - земля», имеющихся на трассе (площадке) аналогичных подземных железобетонных конструкций зданий и сооружений; в период эксплуатации – по результатам электрических измерений.

6.3 Способы защиты железобетонных конструкций от коррозии блуждающими токами подразделяются на группы:

I – ограничение токов утечки, выполняемое на источниках блуждающих токов;

II – пассивная защита, выполняемая на железобетонных конструкциях;

III – активная (электрохимическая) защита, выполняемая на железобетонных конструкциях, если пассивная защита невозможна или недостаточна.

При проектировании железобетонных конструкций зданий и сооружений отделений электролиза и сооружений электрифицированного на постоянном токе рельсового транспорта следует предусматривать способы защиты от электрокоррозии I и II группы. Требования к источникам блуждающих токов отделений электролиза приведены в приложении У.

Мероприятия I группы по ограничению токов утечки выполняются на источниках блуждающих токов в соответствии с ГОСТ 9.602.

А) Мероприятия II группы защиты – пассивная защита железобетонных конструкций, зданий и сооружений отделений электролиза и сооружений электрифицированного на постоянном токе рельсового транспорта должна обеспечиваться:

- применением марки бетона по водонепроницаемостине ниже W6;
- исключением применения бетонов с добавками – электролитами, понижающими электросопротивление бетона, в том числе ингибирующими коррозию стали;
- ограничением ширины раскрытия трещин не более 0,1 мм для предварительно напряженных конструкций и не более 0,2 мм для конструкций без предварительного напряжения;
- назначением толщины защитного слоя бетона не менее:

а) для арматуры железобетонных конструкций отделений электролиза:

- плоских и ребристых плит, стен, стеновых панелей – 20 мм;
- балок, ферм, колонн – 25 мм;
- фундаментных балок, фундаментов – 30 мм;

б) для арматуры железобетонных конструкций сооружений электрифицированного железнодорожного транспорта:

- шпал – 20 мм;
- опор и фундаментов опор контактной сети – 16 мм;

в) для арматуры железобетонных конструкций объектов метрополитена:

- монолитных и сборных обделок – 30 мм;
- шпал – 20 мм.

При изготовлении железобетонных конструкций, предназначенных для укладки под землей или под водой, применение стальных фиксаторов положения арматуры не допускается. Следует применять фиксаторы из плотного цементно-песчаного раствора или из полимерных материалов.

Не допускается приемка в эксплуатацию подземных или подводных железобетонных конструкций, подвергающихся опасности электрокоррозии, с повреждениями защитного слоя бетона (отколы, выбоины) глубиной более 5 мм и

длиной более 50 мм. На поврежденных участках необходимо восстановить защитный слой бетона.

В бетон конструкций, находящихся в поле тока от постороннего источника, не допускается вводить добавки солей, понижающих электрическое сопротивление бетона.

Б) Для защиты от электрокоррозии в железобетонных конструкциях отделений электролиза следует предусматривать электроизоляционные швы шириной не менее 30 мм.

В отделениях водных растворов устройство швов необходимо:

- в перекрытиях под элетролизеры и рабочих площадках для обслуживания эдектролизеров не реже, чем через каждые 24 м в обоих направлениях;

- между перекрытием под электролизеры и примыкающими к нему железобетонными стенами, колоннами и перекрытиями других отделений;

- в подземных конструкциях (ленточных фундаментах, фундаментных балках, каналах, коллекторах) на выходе из отделения.

Швы выполняются из электроизоляционных мастичных, листовых и рулонных материалов на основе битума (кроме рубероида), полиэтилена, полихлорвинилового пластика и т.п., полимерраствора, в виде клеевых соединений монтажных стыков конструкций или в виде воздушных зазоров.

В отделениях электролиза расплавов устройство швов необходимо:

- в надземных конструкциях, совмещая их с температурными швами;

- в подземных конструкциях – не реже, чем через каждые 40 м и не менее одного между двумя продольными рядами электролизеров.

Швы заполняются материалами на основе битума и т.п. или в виде воздушных зазоров.

В условии эксплуатации воздушные зазоры должны содержаться в чистоте и ничем не перекрываться.

В) В отделениях электролиза водных растворов солей опоры под электролизеры, башмаки под электролизеры, башмаки для железобетонных опор под электролизеры, балки под электролизеры, опорные столбы под шинопроводы, фундаменты под электролизеры, опорные балки и фундаменты под оборудование,

соединяемое с электролизерами, рекомендуется предусматривать из полимербетона или сталеполимербетона.

Не допускается предусматривать из железобетона:

- фундаменты под электролизеры при установке электролизеров на нулевой отметке или отметке ниже нулевой;

- каналы, желоба и тому подобные конструкции для прокладки коммуникаций в полу отделений электролиза водных растворов солей.

Указанные конструкции следует проектировать:

- для отделений электролиза водных растворов солей – из неармированного бетона, полимербетона, кислотостойкого кирпича;

- для отделений электролиза расплавов солей – из неармированного бетона или из бетона с местным армированием.

Эстакады под электролизеры и фундаменты под оборудование (насосы, моечные машины и другое оборудование) в отделениях электролиза водных растворов солей рекомендуется устанавливать непосредственно на пол при сохранении сплошности гидроизоляции.

Для защиты от электрокоррозии железобетонных фундаментов зданий цехов электролиза следует предусматривать антикоррозионную защиту поверхности фундаментов не слабее, чем для слабоагрессивных сред. При наличии агрессивных грунтовых вод защита выполняется в соответствии с СП 28.13330 и настоящим Пособием (раздел 3).

Примечания:

1) При высоком уровне грунтовых вод любой агрессивности для повышения надежности защиты железобетонных фундаментов от электрокоррозии рекомендуется предусматривать (при соответствующем технико-экономическом обосновании) устройство электроизолирующего слоя между колонной и фундаментом:

- в отделениях электролиза водных растворов – омоноличиванием колонны в стакане полимерраствором на основе эпоксидных (в соответствии с [3], полиэфирных, полиамидных смол; при этом электроизолирующий слой (толщиной не менее 10 мм в отвержденном состоянии) должен быть выведен выше уровня пола на высоту 300 мм;

- в отделениях электролиза расплавов – укладкой плиток из диабаза, базальта, шлакоситалла на арзамит – замазке или полимеррастворе с введением добавок антипиренов, а также из других материалов с учетом температурных условий.

2) При высоком уровне грунтовых вод любой агрессивности для повышения надежности защиты от электрокоррозии свайных фундаментов под оборудование рекомендуется предусматривать (при соответствующем технико-экономическом обосновании) электроизолирующий слой по верху бетонной подготовки:

- в отделениях электролиза растворов – из полимеррастворa (толщиной не менее 10 мм в отвержденном состоянии), рулонных материалов и т.п.;

- в отделениях электролиза расплавов – из асфальта (толщиной 20 мм) и т.п.

Для защиты балок подванных эстакад отделений электролиза водных растворов солей в местах обливов должны предусматриваться козырьки из армированного винилпласта, полиэтилена и тому подобных материалов или металлические гуммированные козырьки.

Если по условиям технологического процесса и монтажа оборудования при выходе из отделения электролиза водных растворов солей не может быть обеспечен разрыв пути блуждающего тока по трубопроводам и другим коммуникациям, транспортирующим электролит, должны предусматриваться мероприятия по защите от электрокоррозии железобетонных конструкций других отделений цеха и отдельно стоящих зданий и сооружений, связанных с трубопроводами с отделением электролиза.

Г) Для защиты железобетонных конструкций сооружений транспорта, электрифицированного на постоянном токе, предусматриваются требования, изложенные в данном пункте.

Для железобетонных конструкций железнодорожного транспорта должна предусматриваться установка электроизолирующих деталей и устройство для изоляции:

- деталей крепления конструкций контактной сети от арматуры и бетона железобетонных конструкций опор контактной сети, мостов, эстакад, тоннелей и т.п. или деталей крепления от заземляемых на рельсы элементов конструкций контактной сети (щеток изоляторов, штырей и т.п.);

- железобетонных анкеров опор контактной сети от оттяжек;

- всех металлических конструкций (перила и т.п.), располагаемых на железобетонных сооружениях и по условиям техники безопасности заземляемых на рельсы, от арматуры сооружений;

- арматуры железобетонных опор и фундаментов металлических опор, устанавливаемых на мостах, эстакадах и т.п., от арматуры конструкций указанных сооружений;

- заземляющих проводников от бетона и арматуры;

- металлических мачт светофоров и консольных металлических опор от анкерных болтов и бетона фундаментов;

- заземленных на рельсы металлических частей железобетонных мачт светофоров от бетона и арматуры мачт.

Электрическое сопротивление цепи заземления опор контактной сети и деталей крепления контактной сети к конструкциям мостов, эстакад, тоннелей и т.п. при приемке их в эксплуатацию должно быть не менее 10000 Ом.

Арматура конструкций железобетонных платформ не должна иметь контактов с металлическими конструкциями и арматурой железобетонных конструкций пешеходных мостов.

Для защиты железобетонных конструкций линий трамвая:

- на лежневые части блоков или лежней следует укладывать прокладки из полимерных материалов, обладающих высокими диэлектрическими свойствами;

- арматура железобетонных элементов подрельсовых оснований и промежуточные рельсовые крепления не должны иметь прямого контакта с рельсами.

Для защиты железобетонных конструкций метрополитена:

- отделку перегонных тоннелей и станций метрополитена следует выполнять из водонепроницаемых материалов. В случаях применения отделок из сборных железобетонных конструкций должны предусматриваться надежная гидроизоляция, исключающая обводнение тоннелей, а также смачивание внутренней поверхности тоннелей и бетона верхнего строения пути;

- в местах примыкания перегонных тоннелей к вестибюлям станций метрополитена мелкого заложения должны предусматриваться швы, заполняемые

бетоном, с обеспечением сплошности гидроизоляции между тоннелями и вестибюлями станций;

- при необходимости применения непрерывных стержней распределительной арматуры для армированного омоноличивания элементов сборных обделок тоннелей метрополитена следует предусматривать разрывы этой арматуры, имея в виду, что длина участков омоноличивания должна быть не более 30 м;

- все железобетонные подземные коллекторы и трубопроводы, расположенные на территории депо метрополитена, должны иметь наружное защитное гидроизоляционное покрытие;

- в местах пересечения линий метрополитена мелкого заложения с трамвайными путями обделка тоннелей метрополитена со стороны, обращенной к грунту, должна иметь защитное гидроизоляционное покрытие в пределах трамвайной линии и по 20 м в каждую сторону от оси пересечения;

- не разрешается оставлять металлические монтажные связи между элементами обделки тоннелей метрополитена, если они создают непрерывную цепь для блуждающих токов.

Д) Мероприятия III группы защиты железобетонных конструкций от коррозии блуждающими токами заключаются в применении катодной, активной (электрохимической), протекторной, электродренажной защиты. Схемы электрозащиты приведены в Приложении Ф.

При проектировании активной защиты должны выполняться требования настоящего Пособия, а также ГОСТ 9.602, ГОСТ 16149 в части требований к установкам электродренажной, катодной и протекторной защиты и требований к безопасности при проведении работ по строительству и эксплуатации этих установок.

При активной (электрохимической) защите железобетонных конструкций от электрокоррозии вся арматура этих конструкций должна соединяться между собой электросваркой или должны предусматриваться другие меры по исключению опасного влияния токов на отдельные части арматуры. Конструкции должны иметь выводы арматуры для подсоединения к ним устройств активной защиты и контрольно-измерительных пунктов.

Электрохимическая защита должна осуществляться таким образом, чтобы исключалось вредное влияние токов защиты на смежные железобетонные и металлические сооружения. Вредным влиянием на смежные сооружения считается появление опасности электрокоррозии на соседних сооружениях, ранее не требовавших защиты; изменение величины защитного потенциала, которое не может быть снято регулировкой применяемых средств защиты.

Е) Катодная защита железобетонных конструкций от электрокоррозии заключается в катодной поляризации арматуры от внешнего источника тока; при этом отрицательный полюс источника тока подключается к арматуре защищаемых конструкций, положительный – к катодному заземлению, не имеющему непосредственной электрической связи с арматурой. Катодная защита железобетонных конструкций предусматривается в случае, если эти конструкции удалены от источника блуждающих токов. Кроме того, катодная защита применяется совместно с электродренажной защитой на участках железобетонных конструкций, удаленных от точки дренирования, если включением электродренажей не удается обеспечить защиту железобетонных конструкций в пределах опасной зоны.

Протекторная защита железобетонных конструкций от электрокоррозии заключается в катодной поляризации арматуры путем подключения к ней электродов (протекторов) из металла, обладающего в данной среде более отрицательным потенциалом, чем потенциал арматуры.

Протекторная защита железобетонных конструкций должна предусматриваться в тех же случаях, что и катодная, если величина блуждающих токов может быть скомпенсирована током протектора.

Электродренажная защита железобетонных конструкций от электрокоррозии заключается в том, что блуждающие токи, попавшие на железобетонные конструкции, отводятся на источник блуждающего тока путем устройства электрической перемычки между арматурой защищаемых конструкций и источником.

Электродренажная защита должна предусматриваться для железобетонных конструкций, расположенных вблизи источников блуждающих токов (как правило, на расстоянии не более 300–500 м).

Ж) Для подземных железобетонных конструкций зданий и сооружений, расположенных в поле тока от постороннего источника, рекомендуются следующие виды активной защиты:

- для трубопроводов, коллекторов, протяженных железобетонных фундаментов и т.п. – электродренажная, катодная или протекторная защита;

- для железобетонных заглубленных резервуаров – катодная и протекторная защита.

Примечания:

1) При заводском изготовлении железобетонных труб необходимо предусматривать специальные выводы арматуры или закладные детали, соединенные с арматурой, для устройства электрических перемычек между арматурой смежных секций труб.

2) В каждой секции железобетонных коллекторов должны оставляться специальные выводы арматуры для устройства электрических перемычек между арматурой смежных секций коллекторов.

3) При катодной и протекторной защите железобетонных резервуаров для создания электрического контакта всех витков арматуры между собой по примеру резервуара должна предусматриваться установка вертикальных стальных шин, а при многорядном размещении арматуры соединение витков арматуры между собой должно выполняться путем установки основных и дополнительных шин.

И) В отделениях электролиза при невозможности устранения в процессе эксплуатации утечки тока на отдельные конструкции рекомендуется предусматривать электродренажную защиту:

- для подванных железобетонных конструкций отделений электролиза водных растворов, заключающуюся в том, что металлические основания изоляторов последовательно расположенных электролизеров соединяются между собой металлическими перемычками, привариваемыми к основаниям изоляторов;

- для железобетонных фундаментов при попадании блуждающих токов на арматуру фундаментов с надземной части металлических и железобетонных конструкций, заключающуюся в том, что арматура фундаментов соединяется

металлическими перемычками с металлическими электродами, устанавливаемыми в грунт вокруг фундамента. При этом для повышения надежности защиты между заземляющими электродами и арматурой фундамента может устанавливаться вентильная перемычка.

6.4 Способы защиты от действия переменного тока при использовании железобетонных конструкций в качестве заземляющих устройств заключаются в соединении арматуры всех элементов конструкций (а также закладных деталей, устанавливаемых в железобетонные колонны для присоединения электрического технологического оборудования) в непрерывную электрическую цепь по металлу путем сварки арматуры или закладных деталей, соприкасающихся элементов конструкций (при этом не должна меняться расчетная схема работы конструкций).

Не допускается использование в качестве заземлителей железобетонных фундаментов, подвергающихся воздействию средне- и сильноагрессивных сред, а также железобетонных конструкций для заземления электроустановок, работающих на постоянном электрическом токе.

Для защиты от электрокоррозии железобетонных конструкций сооружений рельсового транспорта, электрифицированного на переменном токе, следует предусматривать установку электроизолирующих деталей и устройств, обеспечивающих электрическое сопротивление не менее 10000 Ом цепи заземления опор контактной сети и деталей крепления контактной сети к элементам конструкций мостов, эстакад, тоннелей и т.п. В этом случае опасность электрокоррозии железобетонных конструкций в период эксплуатации не устанавливается, так как указанное электрическое сопротивление, при котором отсутствует опасность электрокоррозии, обеспечивается при выполнении требований, необходимых для нормальной работы рельсовых цепей автоблокировки.

7 Защита от коррозии конструкций специального назначения

7.1 Емкостные сооружения

7.1.1 При проектировании емкостных сооружений, предназначенных для хранения жидких агрессивных сред, рекомендуется учитывать способ установки и размещения конструкций емкостей, обеспечивать контроль за состоянием самих железобетонных конструкций и антикоррозионного защитного покрытия в период эксплуатации. Проектом должны учитываться требования СП 43.13330 и требования безопасности антикоррозионных работ по ГОСТ 12.3.016.

Конструкции емкостных наливных сооружений с агрессивной средой не должны являться одновременно конструкциями зданий.

Не допускается:

- использование в качестве опор для стен, колонн и перекрытий зданий элементов железобетонных емкостных сооружений, находящихся в контакте со средне- и сильноагрессивными средами; устройство опор и колонн внутри сооружения;

- устройство смежных стен (перегородок) в сооружениях, предназначенных под налив различными по степени агрессивности средами;

- наличие металлических скоб и упоров на внутренней поверхности сооружения;

- прокладка трубопроводов в толще бетона днищ и заделка в бетон труб из полимерных материалов.

При проектировании железобетонных конструкций, устанавливаемых на фундаменте, конструкция последнего должна исключать просадку сооружения.

При проектировании железобетонных емкостей, заглубленных в грунт, следует предусматривать: контрольные колодцы, количество которых должно быть не менее двух.

Допускается использовать в качестве контрольных колодцы, которые предусматриваются в местах подсоединения коммуникаций к штуцерам сооружения.

При проектировании сооружений выше уровня грунта следует учитывать возможность промерзания стенок и в связи с этим предусматривать мероприятия (например, обваловку), исключающие возможность промерзания и деформацию защитного покрытия.

Проект строительной части емкостных железобетонных сооружений должен содержать указания о необходимости проверки сооружений на герметичность до начала защитных работ по соответствующим нормативным документам.

Для емкостей, расположенных в грунте, должны быть даны указания об испытании на герметичность до выполнения обратной засыпки грунта и устройства наружной гидроизоляции или защиты от коррозии.

Нагревательные элементы, установленные внутри емкости с защитным покрытием, кроме футеровочного и комбинированного футеровочного покрытия, следует располагать на расстоянии не менее 50 мм, а отверстия паровых барботеров – не менее 200 мм от поверхности защитного покрытия.

Отверстия для входа пара и воздуха в барботерах должны быть направлены в сторону от защитного покрытия.

Установку мешалок следует предусматривать на расстоянии не менее 300 мм от поверхности футеровочного покрытия днища или устанавливать под мешалки подкладные листы из нержавеющей стали или других материалов устойчивых против коррозии и абразивного износа в среде данной емкости.

Проектирование защиты от коррозии внутренних поверхностей емкостных сооружений (емкости для кислотных и щелочных растворов, растворов солей, воды, нефти и нефтепродуктов, очистные сооружения и т.д.) производится в зависимости от вида и степени агрессивного воздействия среды.

Степень агрессивного воздействия жидких сред для емкостных сооружений определяется по таблицам В.3-В.6 (В.3-В.6), Г.1 (Г.1), Г.2 (Г.2).

Для внутренних поверхностей днищ и стенок резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов воздействие на конструкции сырой нефти и мазута следует

оценивать как среднеагрессивное, а воздействие дизельного топлива и керосина – как слабоагрессивное. Для потолочных поверхностей указанных резервуаров среда является слабоагрессивной.

Требование к железобетонным конструкциям емкостных сооружений в зависимости от степени агрессивного воздействия среды следует принимать по таблицам И.3 (Ж.3), И.4 (Ж.4).

В емкостных сооружениях для нефти и нефтепродуктов должен быть применен бетон марки по водонепроницаемости не менее W8. Выбор группы и вида защитных покрытий производится по таблицам У.1 (П.1), У.2 (П.2).

Емкости, заглубленные в грунт, должны иметь наружную гидроизоляцию, исключающую контакт капиллярной влаги и агрессивных грунтовых вод с поверхностью железобетона.

Покрытия для защиты внутренних поверхностей емкостных сооружений должны удовлетворять следующим требованиям:

- быть стойкими к агрессивной среде, прочными, устойчивыми к абразивному истиранию, механическим нагрузкам;

- обеспечивать длительную эксплуатацию защищаемых емкостей, работоспособность в заданных условиях;

- быть технологичными при выполнении и ремонтопригодными.

Для штуцеров и люков больших диаметров (400 мм и более) может быть принята та же конструкция защитного покрытия, что и для корпуса аппарата.

Для штуцеров меньшего диаметра в большинстве случаев необходима установка в штуцер вкладышей из химически стойкого в агрессивной среде материала.

Для упрощения оценки эксплуатации и выбора защитных мер целесообразно оформлять задание на проектирование антикоррозионной защиты емкостных сооружений и их элементов в форме таблицы, куда включаются сведения по химическому составу агрессивной среды (по компонентам), концентрации компонентов, водородному показателю среды pH, температуре, давлению, наличию абразивных примесей, степени наполнения, месту установки и др.

7.2 Дымовые, газодымовые и вентиляционные трубы

7.2.1 Трубы по назначению разделяются на:

- дымовые и газодымовые – отводящие дым и газовоздушные смеси, образующиеся при сжигании различных видов топлива. В смесях содержатся газы среднеагрессивные или неагрессивные, взвеси сажи, золы и пыли. Влажность дымо- и газовоздушных смесей не превышает 60%, температура от 70 до 600 °С;

- вентиляционные – отводящие слабоагрессивные, следнеагрессивные или сильноагрессивные газовоздушные смеси от вентиляционных систем или местных отсосов газовыделяющей аппаратуры или образующиеся при сжигании топлива для обжига и плавления различных материалов. Влажность слабоагрессивных или среднеагрессивных газовоздушных смесей не превышает 80%. Температура 20–70 °С, периодически возможно образование конденсата. Влажность сильноагрессивных смесей достигает 95%.

Антикоррозионная защита труб устанавливается в зависимости от условий эксплуатации по среде и температуре и требований по рассеиванию дымовых газов с учетом конструктивного решения труб, СП 43.13330 и определяется:

- высотой трубы, внутренним диаметром выходного отверстия;

- температурой, относительной влажностью и химическим составом отводных газов;

- точкой росы удаляемых газов, возможностью образования и химическим составом конденсата на поверхности футеровки и несущего ствола;

- количеством, скоростью движения и статическим давлением или разрежением газов в газоотводящем стволе;

- суточными, месячными и годовыми изменениями условий эксплуатации;

- климатическим районом строительства трубы;

- способом возведения несущего ствола.

Для железобетонного ствола дымовых и газодымовых труб с агрессивными газовыми средами, содержащими соединения серы, необходимо применять бетон на сульфатостойком портландцементе или сульфатостойком портландцементе с минеральными добавками. Допускается применение портландцементов с

минеральными добавками, в клинкере которых содержание трехкальциевого алюмината C_3A не превышает 7% и общее количество $C_3A + C_4AF$ не более 22%.

В качестве заполнителей для бетона труб следует применять фракционированный щебень плотных и прочных невыветренных изверженных пород водопоглощением не более 0,5% и строительный песок с модулем крупности не менее 2,2.

Требования к материалам и бетону труб приведены в [4].

Применение материалов с другими характеристиками для приготовления бетона несущих стволов труб производится по согласованию с проектной организацией.

Защиту внутренней поверхности стволов железобетонных дымовых и газодымовых труб, также наружных поверхностей участков зоны окутывания при температуре до 80 °С следует выполнять в зависимости от степени агрессивного воздействия среды лакокрасочными покрытиями на основе эпоксидных, эпоксидно-каменноугольных, полиуретановых, бутилкаучуковых и других пленкообразующих, применимых для получения высоконаполненных утолщенных мастичных и обычных лакокрасочных покрытий.

Для защиты участков железобетонных стволов труб, на которых возможно образование конденсата от удаляемых газов, следует применять листовые и рулонные защитные покрытия: полиизобутилен, бутилкаучук и др., наклеиваемые на изолируемую поверхность в два слоя. От температурного воздействия дымовых газов, а также для обеспечения эффективной защиты при использовании листовых и рулонных материалов необходимо устройство прижимной футеровки.

В условиях непосредственного воздействия паров серной и других кислот с температурой до 50 °С следует применять кислотостойкие мастики.

Для таких же условий эксплуатации, но при температуре отходящих газов более 50 °С (100 – 140 °С), несущий бетонный ствол трубы рекомендуется защитить фторлоноэпоксидным лаком.

Покрытие из цементно-песчаного раствора, наносимого методом полусухого торкретирования или пневмобетонирования, применяется при подготовке поверхности бетона или кирпичной кладки, для нанесения антикоррозионной

защиты, а при отсутствии в отходящих газах агрессивных составляющих – в качестве самостоятельной защиты.

При повышенной влажности отходящих газов, но в отсутствии агрессивных составляющих, применяются торкрет-смеси из вяжущего, мелкого заполнителя, пластификатора и воды. Для улучшения качества торкрет-бетона рекомендуется добавлять в воду пластификаторы.

При наличии в отходящих газах агрессивных компонентов применяются кислотоупорные торкрет-штукатурки в соответствии [5].

7.3 Подземные трубопроводы

7.3.1 К подземным трубопроводам, выполненнымх из железобетонных труб, относятся:

- напорныех виброгидропрессованные (ГОСТ 12586.0);
- безнапорные (ГОСТ 6482);
- со стальным цилиндром (ГОСТ 26819).

Указанные трубы предназначены для транспортирования неагрессивных по отношению к бетону и стальной арматуре жидкостей и эксплуатации в неагрессивных грунтах или грунтовых водах.

В агрессивных средах для обеспечения их долговечности следует предусматривать меры защиты от коррозии стальной арматуры и бетона.

Степень агрессивного воздействия внутренней или внешней жидкой агрессивной среды по отношению к бетону незащищенных железобетонных труб устанавливается по таблицам В.3-В.7 (В.3-В.7).

Проектирование защиты от коррозии подземных трубопроводов должно учитывать требования СП 43.13330, СП 31.13330, СП. 32.13330.

Железобетонные конструкции канализационных сооружений с агрессивной газовой внутренней средой следует изготавливать из бетона класса по прочности не ниже В30, по водонепроницаемости – не менее W8. Оценку агрессивности среды следует выполнять с учетом требований таблицы В.7 (В.7). При проектировании канализационных трубопроводов, колодцев, камер на участках с агрессивной

газовой внутренней средой следует предусматривать защиту химически стойкими нецементными силикатными, полимерными и другими материалами, использовать железобетонные трубы с внутренней полимерной футеровкой по СП 72.13330, железобетонные трубы с внутренней полиэтиленовой оболочкой по [6]. Эффективность защитных покрытий канализационных сооружений должна быть подтверждена натурными испытаниями. Металлические элементы, подверженные газовой коррозии, следует выполнять из нержавеющей стали, защищать химически стойкими покрытиям или заменять коррозионностойкими композитными полимерными материалами.

По отношению к стальным элементам железобетонных труб внутренняя или внешняя среды считаются агрессивными по содержанию хлоридов (в транспортируемой жидкости, грунтовых водах или выше уровня грунтовых вод в поровой влаге грунтов), мг/л:

- для виброгидропрессованых труб – свыше 500;

- для труб со стальным цилиндром, не пропитанных защитными материалами, при марке по водонепроницаемости защитного слоя бетона более W4 и допустимой ширине раскрытия трещин 0,1 мм – свыше 300;

- при марке по водонепроницаемости защитного слоя бетона менее W4 и допустимой ширине раскрытия трещин 0,2 мм – свыше 150;

- для труб со стальным цилиндром, пропитанных защитными материалами – свыше 500.

При содержании хлоридов более величин, указанных выше, необходимо применять электрохимическую защиту подземных трубопроводов от электрокоррозии и почвенной коррозии.

Защиту металлических элементов железобетонных трубопроводов от электрокоррозии следует выполнять в анодных и знакопеременных зонах при обнаружении опасных значений потенциала «арматура - бетон» или плотности тока утечки с арматуры по таблицей В.8 (В.8) в соответствии с требованиями раздела 6 настоящего Пособия.

Защиту подземных трубопроводов от коррозии в грунте следует осуществлять катодной поляризацией с помощью установок катодной защиты или

протекторов, которые могут использоваться самостоятельно или в комплексе друг с другом.

Катодную поляризацию труб следует осуществлять так, чтобы создаваемые на поверхности металлических элементов защитные поляризационные потенциалы были (по абсолютной величине) не ниже –0,85 В и не выше –1,1 В по медносульфатному электроду сравнения.

Защитные поляризационные потенциалы на поверхности металлических элементов труб следует измерять в специально оборудованных контрольно-измерительных пунктах, устанавливаемых с интервалом 150–200 м по методике ГОСТ 9.602.

На трубопроводах, подлежащих электрохимической защите, следует выполнять мероприятия по созданию непрерывной электрической проводимости по металлу. Для этого металлические элементы отдельных труб (арматура, стальные цилиндры) должны соединяться металлическими перемычками. Электрическое сопротивление перемычки не должно превышать электрического сопротивления 1 м трубопровода.

Установка электрохимической защиты (катодные станции, анодные заземления, протекторы, датчики электрохимического потенциала, неполяризующиеся электроды сравнения, кабели) должны соответствовать ГОСТ 9.602.

Для электрохимической защиты виброгидропрессованных труб рекомендуется использовать автоматические катодные станции АКС, импульсные катодные станции ИКС, типовые катодные станции малой мощности КСС-150, КСС-300, КСС-600, КГС-500, для протекторной защиты – протектор МП-10, для дренажной защиты –поляризованные электродренажи ПГД-200, ПГД-100, ПГД-60.

Трубопроводы подземных коммуникаций, транспортирующие агрессивные по отношению к бетону или железобетону жидкости, должны быть расположены в каналах или тоннелях и быть доступны для систематического осмотра. При организации систематического контроля (мониторинга) коррозионного состояния железобетонных конструкций в труднодоступных местах, например, в

канализационных коллекторах, следует применять системы дистанционного контроля.

Сточные лотки, приямки, коллекторы, транспортирующие агрессивные жидкости, должны быть удалены от фундаментов зданий, колонн, стен, фундаментов под оборудование на расстояние не менее 1 м. Внутренние поверхности указанных строительных конструкций должны быть доступны для обследования и ремонта.

8 Требования безопасности и охраны окружающей среды

8.1 (10.1) Материалы, используемые для защитных покрытий в помещениях и других местах, предназначенных для пребывания людей, содержания животных и птиц, продовольственных и лекарственных складах и хранилищах, резервуарах для питьевой воды, а также на предприятиях, где по условиям производства не допускается применение вредных веществ, должны быть безопасными для людей, животных и птиц.

8.2 (10.2) Строительные материалы не должны оказывать негативное влияние на здоровье человека, т.е. не выделять вредных веществ, например, аммиака, сульфида водорода и др., а также спор грибов и бактерий в окружающую среду.

8.3 (10.3) При производстве работ по защите поверхностей строительных конструкций зданий и сооружений необходимо соблюдать правила техники безопасности [7,8].

8.4 (10.4) Все работы, связанные с применением лакокрасочных материалов в строительстве, должны проводиться в соответствии с общими требованиями безопасности по ГОСТ 12.3.002 и ГОСТ 12.3.005.

8.5 (10.5) При проектировании участков антикоррозионной защиты, складов, узлов приготовления эмульсий, водных растворов, суспензий должны соблюдаться требования действующих норм в части санитарной, взрывной, взрывопожарной и пожарной безопасности.

8.6 (10.6) Антикоррозионные покрытия не должны выделять во внешнюю среду вредные химические вещества в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК), утвержденные в установленном порядке.

8.7 (10.7) Запрещается сбрасывать или сливать в водоемы санитарно-бытового использования и канализацию материалы антикоррозионной защиты, их растворы, эмульсии, а также отходы, образующиеся от промывки технологического оборудования и трубопроводов. В случае невозможности исключения сброса или слива вышеуказанных материалов или отходов необходимо предусматривать предварительную очистку стоков.

9 Пожарная безопасность

9.1 (11.1) Защита от коррозии поверхностей строительных конструкций должна осуществляться с учетом требований по пределу огнестойкости и пожарной опасности. Выбор антикоррозионных материалов должен осуществляться с учетом их пожарно-технических характеристик (пожарной опасности) и их совместимости с огнезащитными материалами.

9.2 (11.2) Порядок классификации строительных конструкций по огнестойкости и пожарной опасности устанавливается в соответствии СП 2.13130 и [9].

9.3 (11.3) Пределы огнестойкости и классы пожарной опасности строительных конструкций с первичной защитой должны соответствовать требуемой степени огнестойкости и классу конструкционной пожарной опасности зданий и сооружений по СП 2.13130.

9.4 (11.4) Требуемые классы пожарной опасности антикоррозионных материалов вторичной защиты определяются нормативными документами и нормативными правовыми актами по пожарной безопасности.

9.5 (11.5) Совместное применение антикоррозионных и огнезащитных составов должно осуществляться с учетом их совместимости и адгезии. Возможность применения огнезащитных составов поверх антикоррозионных необходимо подтверждать огневыми испытаниями. Средства огнезащиты, наносимые на конструкции, не должны приводить к коррозии конструкций.

9.6 (11.6) В случаях, когда в результате замены противокоррозионных покрытий эксплуатируемой конструкции нарушается огнезащитное покрытие, необходимо предусматривать мероприятия по восстановлению огнезащитного покрытия для обеспечения требуемых пределов огнестойкости и (или) классов функциональной пожарной опасности.

9.7 (11.7) При использовании конструкционной огнезащиты необходимо предусматривать дополнительные мероприятия по обеспечению коррозионной защиты конструкций с учетом вида и степени агрессивного воздействия среды.

9.8 (11.8) Напыляемые огнезащитные составы и тонкослойные огнезащитные покрытия должны предусматриваться стойкими к условиям агрессивной среды или быть защищены специальными (не огнеопасными) покрытиями. При применении огнезащитных составов с защитой поверхности покрытия огнезащитные характеристики следует определять с учетом поверхностного слоя.

10 Технико-экономические обоснования выбора эффективных проектных решений антикоррозионной защиты

10.1 При проектировании защиты от коррозии железобетонных конструкций выбор конструктивных решений, средств и способов защиты в зависимости от вида, степени и условий агрессивного воздействия должен проводиться на основе оценки технико-экономической целесообразности их применения в конкретных условиях строительства и эксплуатации. Основной технической задачей при этом является учет функционального назначения производственных зданий и сооружений при обеспечении нормальной эксплуатации размещаемого технологического оборудования и машин в течение длительного срока службы и соответствующих условий производственной среды для работающих. Срок службы защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций с учетом необходимого периодического восстановления должен соответствовать проектному сроку эксплуатации здания или сооружения. Жизненный цикл конструкций должен отвечать требованиям ГОСТ Р ИСО 14040 - ГОСТ Р ИСО 14045.

При сравнении рекомендуемых вариантов защиты следует учитывать периодичность возобновления мер вторичной защиты конструкций, освоение промышленного выпуска и порядок поставки коррозионностойких материалов для конкретных объектов строительства. Примерные сроки службы (периодичность возобновления) антикоррозионной защиты поверхностей конструкции в зависимости от условий эксплуатации приведены в таблице 8.

Предусматриваемые в проекте меры первичной и вторичной защиты должны обеспечивать указанные в таблице 9 межремонтные сроки службы (периодичность капитальных ремонтов) бетонных и железобетонных конструкций – при различных условиях эксплуатации в агрессивных средах.

Капитальным ремонтом считается ремонт, при котором производятся восстановление или частичная замена изношенных за межремонтный срок службы строительных конструкций, состояние которых снижает эксплуатационные характеристики зданий и сооружений или их отдельных частей.

Таблица 8 – Периодичность возобновления антикоррозионной защиты поверхностей конструкции в зависимости от условий эксплуатации

Конструктивные элементы и способы защиты	Сроки службы защиты (лет) при степени агрессивности воздействия среды		
	слабоагрессивная	среднеагрессивная	сильноагрессивная
Лакокрасочные покрытия:			
химстойкие нетрещиностойкие	6	4	3
химстойкие трещиностойкие	10	7	5
Покрытия для защиты закладных металлических деталей и стыковых соединений:			
лакокрасочные	6	4	3
металлические	15	10	8
комбинированные	20	15	10
Футеровка и облицовка химстойкими штучными материалами	13	10	8
Пленочные и мастичные (толстослойные) защитные покрытия	12	9	7
Гидроизоляция (рулонная и обмазочная) и штукатурка	7	4	3
Покрытия полов производственных зданий:			
цементные и бетонные	10	8	4
асфальтовые и асфальтобетонные	8	5	3
керамические и клинкерные	15	13	10
полимербетонные и полимерные	20	18	15
Примечание – Указанные сроки службы следует уточнять по результатам натурных наблюдений и экспериментальных исследований.			

Таблица 9 – Периодичность капитальных ремонтов бетонных и железобетонных конструкций при различных условиях эксплуатации в агрессивных средах

Конструкции	Ориентировочная периодичность капитального ремонта (лет) при степени агрессивности воздействия среды		
	слабоагрессивная	среднеагрессивная	сильноагрессивная
Фундаменты массивные	60	40	35
Элементы сборных фундаментов (в том числе сваи, балки)	50	30	25
Стеновые панели и блоки	20	18	15
Колонны и стойки	50	45	40
Фермы, балки, ригели и связи	30	23	18
Плиты покрытий и перекрытий	20	18	15

Приведенные сроки возобновления вторичной защиты и периодичность капитальных ремонтов конструкций следует рассматривать как минимальные при соблюдении действующих правил проектирования, строительства и эксплуатации производственных зданий в агрессивных средах.

При применении новых коррозионностойких материалов и средств антикоррозионной защиты с использованием достижений науки, техники и передового опыта они могут быть повышены до оптимальных с учетом ожидаемой экономической эффективности [10,11].

Оптимальные меры защиты от коррозии с точки зрения экономичности выявляются сопоставлением приведенных затрат различных вариантов антикоррозионных мероприятий.

Приведенные затраты по каждому из сравниваемых вариантов антикоррозионной защиты учитываются в сфере изготовления изделий и деталей, транспортирования и монтажа конструкций, возведения зданий и сооружений, а также затрат по последующей их эксплуатации.

Из рассматриваемых вариантов защиты от коррозии наиболее экономичным (оптимальным) следует принимать тот, при котором суммарные приведенные затраты будут наименьшими.

ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное)

Классификация сред эксплуатации

Таблица А.1 (А.1) – **Среды эксплуатации**

Индекс	Среда эксплуатации	Примеры конструкций
1 Среда без признаков агрессии		
ХО	Для бетона без арматуры и закладных деталей: среды, кроме воздействия замораживания – оттаивания, истирания и химической агрессии. Для железобетона: сухая	Конструкции внутри помещений с сухим режимом эксплуатации
2 Коррозия арматуры вследствие карбонизации		
ХС 1	Сухая и постоянно влажная среда	Конструкции помещений в жилых домах, за исключением кухонь, ванных, прачечных Бетон постоянно под водой
ХС 2	Влажная и кратковременно сухая	Поверхности бетона, длительно смачиваемые водой. Фундаменты
ХС 3	Умеренно влажная среда (влажные помещения, влажный климат)	Конструкции, на которые часто или постоянно воздействует наружный воздух без увлажнения атмосферными осадками. Конструкции под навесом. Конструкции внутри помещений с высокой влажностью (общественные кухни, ванные, прачечные, крытые бассейны, помещения для скота)
ХС 4	Переменное увлажнение и высушивание	Наружные конструкции, подвергающиеся действию дождя
3 Коррозия вследствие действия хлоридов (кроме морской воды)		
В случае, когда бетон, содержащий стальную арматуру или закладные детали, подвергается действию хлоридов, включая соли, применяемые как антиобледенители, агрессивная среда классифицируется по следующим показателям:		
XD 1	Среда с умеренной влажностью	Конструкции, подвергающиеся воздействию аэрозоля солей хлоридов
XD 2	Влажный и редко сухой режим эксплуатации	Плавательные бассейны. Конструкции, подвергающиеся воздействию промышленных сточных вод, содержащих хлориды
XD 3	Переменное увлажнение и высушивание	Конструкции мостов, подвергающиеся обрызгиванию растворами противогололедных реагентов. Покрытие дорог. Перекрытия парковок

Продолжение таблицы А.1 (А.1)

Индекс	Среда эксплуатации	Примеры конструкций
4 Коррозия, вызванная действием морской воды		
В случае, когда бетон, содержащий стальную арматуру и закладные детали, подвергается действию хлоридов из морской воды или аэрозолей морской воды, агрессивная среда классифицируется по следующим показателям:		
XS 1	Воздействие аэрозолей, но без прямого контакта с морской водой	Береговые сооружения
XS 2	Под водой	Подводные части морских сооружений
XS 3	Зона прилива и отлива, обрызгивание	Части морских сооружений в зоне переменного уровня воды
5 Повреждение бетона, вызванное переменным замораживанием и оттаиванием, в присутствии или без солей противообледенителей		
При действии на насыщенный водой бетон переменного замораживания и оттаивания агрессивная среда классифицируется по следующим признакам:		
XF 1	Умеренное водонасыщение без антиобледенителей	Вертикальные поверхности зданий и сооружений при действии дождя и мороза
XF 2	Умеренное водонасыщение с антиобледенителями	Вертикальные поверхности зданий и сооружений, подвергающиеся обрызгиванию растворами антиобледенителей и замораживанию
XF 3	Сильное водонасыщение без антиобледенителей	Сооружение при действии дождей и мороза
XF 4	Сильное насыщение растворами солей антиобледенителей или морской водой	Дорожные покрытия, обрабатываемые противогололедными реагентами. Горизонтальные поверхности мостов, ступени наружных лестниц и др. Зона переменного уровня для морских сооружений при действии мороза
6 Химическая и биологическая агрессия		
При действии химических агентов из почвы, подземных вод, коррозионная среда классифицируется по следующим признакам:		
XA 1	Незначительное содержание агрессивных агентов – слабая степень агрессивности среды по таблицам Б.3 (Б.3), Б.4 (Б.4), В.1 – В.7 (В.1-В.7), Г.2 (Г.2)	Конструкции в подземных водах
XA 2	Умеренное содержание агрессивных агентов – средняя степень агрессивности среды по таблицам Б.3 (Б.3), Б.4 (Б.4), В.1 – В.7 (В.1-ВА.7), Г.2 (Г.2)	Конструкции, находящиеся в контакте с морской водой. Конструкции в агрессивных грунтах
XA 3	Высокое содержание агрессивных агентов – сильная степень агрессивности среды по таблицам таблицам Б.3 (Б.3), Б.4 (Б.4), В.1 – В.7 (В.1-В.7), Г.2 (Г.2)	Промышленные водоочистные сооружения с химическими агрессивными стоками. Кормушки в животноводстве. Градирни с системами газоочистки. Склады минеральных удобрений

Окончание таблицы А.1 (А.1)

Индекс	Среда эксплуатации	Примеры конструкций
7 Коррозия бетона вследствие реакции щелочей с кремнеземом заполнителей		
В зависимости от влажности среда классифицируется по следующим признакам		
WO	Бетон находится в сухой среде	Конструкции внутри сухих помещений. Конструкции в наружном воздухе вне действия осадков, поверхностных вод и грунтовой влаги
WF	Бетон часто или длительно увлажняется	Наружные конструкции, не защищенные от воздействия осадков, поверхностных вод и грунтовой влаги. Конструкции во влажных помещениях, например, бассейнах, прачечных и других помещениях с относительной влажностью преимущественно более 80%. Конструкции, часто подвергающиеся действию конденсата, например, трубы, станции теплообменников, фильтровальные камеры, животноводческие помещения. Массивные конструкции, минимальный размер которых превосходит 0,8 м, независимо от доступа влаги
WA	Бетон, на который помимо воздействий среды WF действуют часто или длительно щелочи, поступающие извне	Конструкции, подвергающиеся воздействию морской воды. Конструкции, на которые воздействуют противогололедные соли без дополнительного динамического воздействия (например, зона обрызгивания). Конструкции промышленных и сельскохозяйственных зданий (например, шламонакопители), подвергающиеся воздействию щелочных солей
WS	Бетон с высокими динамическими нагрузками и прямым воздействием щелочей	Конструкции, подвергающиеся воздействию противогололедных солей и дополнительно высоким динамическим нагрузкам (например, бетон дорожных покрытий)
Примечания 1) Для морской воды с различным содержанием хлоридов требования к бетону указаны в таблице Г.1 (Г.1). 2) Агрессивное воздействие должно быть дополнительно изучено в случае: - действия химических агентов, не указанных в таблицах Б.2 (Б.2), Б.4 (Б.4), В.3 (В.3); - высокой скорости (более 1 м/с) течения воды, содержащей химические агенты по таблицам В.3 (В.3), В.4 (В.4), В.5 (В.5)		

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное)

Классификация агрессивности сред

Таблица Б.1 (Б.1) – **Классификация агрессивных газовых сред**

Влажностный режим помещений[4] / Зона влажности[5]	Группа газов	Степень агрессивного воздействия газовых сред[2] на конструкции из	
		бетона	железобетона
Сухой Сухая	A B C D	Неагрессивная То же » »	Неагрессивная То же Слабоагрессивная Среднеагрессивная
Нормальный Нормальная	A B C D	Неагрессивная То же » Слабоагрессивная	Неагрессивная Слабоагрессивная Среднеагрессивная Сильноагрессивная
Влажный или мокрый[1] Влажная	A B[3] C[3] D[3]	Неагрессивная То же Слабоагрессивная Среднеагрессивная	Слабоагрессивная Среднеагрессивная Сильноагрессивная То же

[1] Для конструкций отапливаемых зданий, на поверхностях которых допускается образование конденсата, степень агрессивного воздействия среды устанавливается как для конструкций в среде с влажным или мокрым режимом помещений.

[2] При наличии в газовой среде нескольких агрессивных газов степень агрессивного воздействия среды определяется по наиболее агрессивному газу.

[3] При наличии в газовой среде сульфида водорода степень агрессивного воздействия среды к бетону принимается как сильная.

[4] Определяется по СП 50.13330 (таблицы 1, 2)

[5] Определяется по СП 50.13330 (Приложение В).

Примечание – Степень агрессивного воздействия указана для бетона марки по водонепроницаемости W4.

Таблица Б.2 (Б.2) – Группы агрессивных газов в зависимости от их вида и концентрации

Наименование	Концентрация, мг/м^3, для групп газов			
	A	*B*	*C*	*D*
Диоксид углерода	До 2000	Св. 2000	–	–
Аммиак	До 0,2	Св. 0,2 до 20	Св. 20	–
Диоксид серы	До 0,5	Св. 0,5 до 10	Св. 10 до 200	Св. 200 до 1000
Фторид водорода	До 0,05	Св. 0,05 до 5	Св. 5 до 10	Св. 10 до 100
Сульфид водорода	До 0,01	Св. 0,01 до 5	Св. 5 до 100	Св. 100
Оксиды азота[1]	До 0,1	Св. 0,1 до 5	Св. 5 до 25	Св. 25 до 100
Хлор	До 0,1	Св. 0,1 до 1	Св. 1 до 5	Св. 5 до 10
Хлорид водорода	До 0,05	Св. 0,05 до 5	Св. 5 до 10	Св. 10 до 100

1) Растворяющиеся в воде с образованием растворов кислот.

Примечания

1) В чистом воздухе содержание диоксида углерода около 600 мг/м^3.

2) При концентрации газов, превышающей пределы, указанные в столбце *D* настоящей таблицы, возможность применения материала для строительных конструкций следует определять на основании данных экспериментальных исследований. При наличии в среде нескольких газов принимается более агрессивная (от *A* к *D*) группа.

Таблица Б.3 (Б.3) – Классификация агрессивных твердых сред

Влажностный режим помещений[4] / Зона влажности[5]	Растворимость твердых сред в воде [1,2] и их гигроскопичность	Степень агрессивного воздействия твердых сред на конструкции из	
		бетона	железобетона
Сухой Сухая	Хорошо растворимые малогигроскопичные	Неагрессивная	Слабоагрессивная
	Хорошо растворимые гигроскопичные	Слабоагрессивная	Среднеагрессивная
Нормальный Нормальная	Хорошо растворимые малогигроскопичные	То же	Слабоагрессивная
	Хорошо растворимые гигроскопичные	»	Среднеагрессивная[3]
Влажный или мокрый Влажная	Хорошо растворимые малогигроскопичные	»	Среднеагрессивная[4]
	Хорошо растворимые гигроскопичные	Среднеагрессивная[3]	Среднеагрессивная[4]

[1] Перечень наиболее распространенных растворимых веществ и их характеристики приведены в таблице Б.4 (Б.4).

[2] Присутствие малорастворимых веществ не влияет на агрессивность среды.

[3] Степень агрессивного воздействия следует уточнять по таблицам В.3–В.5 (В.3-В.5), Г.1 (Г.1).

[4] Соли, содержащие хлориды, следует относить к сильноагрессивной среде.

[4] Определяется по СП 50.13330 (таблицы 1, 2)

[5] Определяется по СП 50.13330 (Приложение В).

Примечания:

1) При воздействии хорошо растворимых гигроскопических сред в помещениях с влажным и мокрым режимом и периодическом воздействии отрицательных температур следует учитывать морозную деструкцию бетона по таблице И.2 (Ж.2).

2) Степень агрессивного воздействия указана для бетона марки по водонепроницаемости W4.

Таблица Б.4 (Б.4) – Характеристика твердых сред (солей, оксидов, гидроксидов, органических соединений, аэрозолей и пыли)

Растворимость твердых сред в воде и их гигроскопичность	Наиболее распространенные соли, оксиды, гидроксиды, органические соединения, аэрозоли, пыли
Малорастворимые	Силикаты, фосфаты, (вторичные и третичные) и карбонаты магния, кальция, бария, свинца, сульфаты бария, свинца, оксиды и гидроксиды железа, хрома, алюминия, кремния, суперфосфат
Хорошо растворимые, малогигроскопичные	Хлориды и сульфаты натрия, калия, аммония, нитраты кальция, бария, свинца, магния, карбонаты щелочных металлов, карбамид
Хорошо растворимые, гигроскопичные	Хлориды кальция, магния, алюминия, цинка, железа, сульфаты магния, марганца, цинка, железа, нитраты и нитриты натрия, калия, аммония, все первичные фосфаты, вторичный фосфат натрия, оксиды и гидроксиды натрия, калия

Примечание – К малорастворимым относятся соединения растворимостью менее 2 г/дм^3, к хорошо растворимым – свыше 2 г/дм^3. К малогигроскопичным относятся соединения, имеющие при температуре 20 °С равновесную относительную влажность 60% и более, а к гигроскопичным – менее 60%.

ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное)

Степень агрессивного воздействия сред

Таблица В.1 (В.1) – Степень агрессивного воздействия сульфатов в грунтах на бетоны марок по водонепроницаемости W4 – W20

Цемент		Показатель агрессивности грунта, мг/кг, на бетон марки по водонепроницаемости					Степень агрессивного воздействия грунта на бетон
Группа цементов по сульфатостойкости	Вид цемента	W4	W6	W8	W10-W14	W16-W20	
I	Портландцементы по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108, не входящие в группу II	500-1000	Св.1000-1500	Св.1500-2000	Св.2000-3000	Св.3000-4000	Слабоагрессивная
		1000-1500	Св.1500-2000	Св.2000-3000	Св.3000-4000	Св.4000-5000	Среднеагрессивная
		Св. 1500	Св. 2000	Св.3000	Св.4000	Св.5000	Сильноагрессивная
II	Портландцементы по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108 с содержанием в клинкере C_3S - не более 65%, C_3A – не более 7%, C_3A+C_4AF не более 22% и шлакопортландцементы	3000-4000	Св.4000-5000	Св.5000-8000	Св.8000-10000	Св.10000-12000	Слабоагрессивная
		4000-5000	Св.5000-8000	Св.8000-10000	Св.10000-12000	Св.12000-15000	Среднеагрессивная
		Св. 5000	Св. 8000	Св.10000	Св. 12000	Св.15000	Сильноагрессивная
III	Сульфатостойкие цементы по ГОСТ 22266	6000-8000	Св.8000-10000	Св.10000-12000	Св.12000-15000	Св.15000-20000	Слабоагрессивная
		8000-10000	Св.10000-12000	Св.12000-15000	Св.15000-20000	Св.20000-24000	Среднеагрессивная
		Св. 10000	Св. 12000	Св.15000	Св.20000	Св. 24000	Сильноагрессивная

Таблица В.2 (В.2) – Степень агрессивного воздействия хлоридов в грунтах на стальную арматуру железобетонных конструкций

Показатель агрессивности грунта* с содержанием хлоридов, мг/кг, для бетонов марок по водонепроницаемости			Степень агрессивного воздействия грунта на стальную арматуру в бетоне
W4-W6	W8-W10	Более W10	
Св. 250 до 500	Св.500 до 1000	Св.1000 до 7500	Слабоагрессивная
Св. 500 до 5000	Св.1000 до 7500	Св.7500 до 10000	Среднеагрессивная
Св. 5000	Св. 7500	Св.10000	Сильноагрессивная

*При наличии подземных вод толщина защитного слоя бетона и проницаемость принимаются по таблице Г.1 (Г.1).

Примечание – Показатели приведены для конструкций с защитным слоем бетона толщиной 20 мм. При толщине защитного слоя 25, 30 и 50 мм показатели умножаются на 1,5, 1,7 и 2,5.

Таблица В.3 (В.3) – Степень агрессивного воздействия жидких неорганических сред на бетон

Показатель агрессивности	Показатель агрессивности жидкой среды [1] для сооружений, расположенных в грунтах с коэффициентом фильтрации свыше 0,1 м/сут, в открытом водоеме и для напорных сооружений при марке бетона по водонепроницаемости				Степень агрессивного воздействия жидкой неорганической среды на бетон
	W4	W6	W8	W10-W12	
Бикарбонатная щелочность HCO_3^-, мг-экв/дм^3 (град) [3]	Св. 0 до 1,05	-	-	-	Слабоагрессивная
Водородный показатель pH [4]	Св. 5,0 до 6,5	Св. 4,0 до 5,0	Св. 3,5 до 4,0	Св. 3,0 до 3,5	То же
	Св. 4,0 до 5,0	Св. 3,5 до 4,0	Св. 3,0 до 3,5	Св.2,5 до 3,0	Среднеагрессивная
	4,0 и менее	3,5 и менее	3,0 и менее	2,0 и менее	Сильноагрессивная
Содержание агрессивной углекислоты CO_2, мг/дм^3	Св. 10 до 40	Св. 40 до 100	Св. 100	-	Слабоагрессивная
	Св. 40 до 100	Св. 100	-	-	Среднеагрессивная
Содержание солей магния, мг/дм^3, в пересчете на ион Mg^{2+}	Св. 1000 до 2000	Св. 2000 до 3000	Св. 3000 до 4000	Св. 4000 до 5000	Слабоагрессивная
	Св. 2000 до 3000	Св. 3000 до 4000	Св. 4000 до 5000	Св.5000 до 6000	Среднеагрессивная
	Св. 3000	Св. 4000	Св. 5000	Св. 6000	Сильноагрессивная
Содержание солей аммония, мг/дм^3, в пересчете на ион NH_4^+	Св. 100 до 500	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1000	-[5]	Слабоагрессивная
	Св. 500 до 800	Св. 800 до 1000	Св. 1000 до 1500	-[5]	Среднеагрессивная
	Св. 800	Св. 1000	Св. 1500	-[5]	Сильноагрессивная
Содержание едких щелочей мг/дм^3, в пересчете на ионы Na^+ и K^+	Св. 50000 до 60000	Св. 60000 до 80000	Св. 80000 до 100000	-[5]	Слабоагрессивная
	Св. 60000 до 80000	Св. 80000 до 100000	Св. 100000 до 150000	-[5]	Среднеагрессивная
	Св. 80000	Св. 100000	Св. 150000	-[5]	Сильноагрессивная
Суммарное содержание хлоридов, сульфатов[2], нитратов и др. солей, мг/дм^3, при наличии испаряющих поверхностей	Св. 10000 до 20000	Св. 20000 до 50000	Св. 50000 до 60000	-[5]	Слабоагрессивная
	Св. 20000 до 50000	Св. 50000 до 60000	Св. 60000 до 70000	-[5]	Среднеагрессивная
	Св. 50000	Св. 60000	Св. 70000	-[5]	Сильноагрессивная

[1] При оценке степени агрессивного воздействия среды в условиях эксплуатации сооружений, расположенных в слабофильтрующих грунтах с коэффициентом фильтрации менее 0,1 м/сут, значения показателей данной таблицы (кроме значений pH) должны быть умножены на 1,3. Значения водородного показателя pH должны быть уменьшены на 0,5 для бетонов марок по водонепроницаемости W4-W8; для бетонов марок по водонепроницаемости более W8 степень агрессивного воздействия по величине pH оценивается как для бетона марки по водонепроницаемости W8.

[2] Агрессивность растворов солей кристаллогидратов (сульфатов, хлоридов, нитратов и др.) при понижении температуры ниже 10 °С повышается на один уровень. Содержание сульфатов в зависимости от вида и минералогического состава цемента не должно превышать пределов, указанных в таблицах В.4 (В.4) и В.5 (В.5).

[3] При любом значении бикарбонатной щелочности среда неагрессивна по отношению к бетону с маркой по водонепроницаемости W6 и более, а также W4 при коэффициенте фильтрации грунта ниже 0,1 м/сут.

[4] Оценка агрессивного воздействия среды по водородному показателю pH не распространяется на растворы органических кислот высоких концентраций и углекислоту.

[5] Степень агрессивности устанавливается исследованиями.

Таблица В.4 (В.4) – Степень агрессивного воздействия жидких сульфатных сред, содержащих бикарбонаты, для бетонов марок по водонепроницаемости W4-W8

Цемент		Показатель агрессивности жидкой среды [1] с содержанием сульфатов в пересчете на ионы SO_4^{2-}, мг/дм^3, для сооружений, расположенных в грунтах с коэффициентом фильтрации св. 0,1 м/сут, в открытом водоеме и для напорных сооружений при содержании ионов HCO_3^-, мг–экв/дм^3			Степень агрессивного воздействия жидкой среды на бетон марки по водонепроницаемости W4 [2]
Группа цементов по сульфатостойкости	Вид цемента	св. 0,0 до 3,0	св. 3,0 до 6,0	св. 6,0	
I	Портландцементы по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108, не входящие в группу II	Св. 250 до 500	Св. 500 до 1000	Св. 1000 до 1200	Слабоагрессивная
		Св. 500 до 1000	Св. 1000 до 1200	Св. 1200 до 1500	Среднеагрессивная
		Св. 1000	Св. 1200	Св. 1500	Сильноагрессивная
II	Портландцементы по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108 с содержанием в клинкере C_3S - не более 65%, C_3A – не более 7%, C_3A+C_4AF не более 22% и шлакопортландцементы	Св. 1500 до 3000	Св. 3000 до 4000	Св. 4000 до 5000	Слабоагрессивная
		Св. 3000 до 4000	Св. 4000 до 5000	Св. 5000 до 6000	Среднеагрессивная
		Св. 4000	Св. 5000	Св. 6000	Сильноагрессивная
III	Сульфатостойкие цементы по ГОСТ 22266	Св. 3000 до 6000	Св. 6000 до 8000	Св. 8000 до 12000	Слабоагрессивная
		Св. 6000 до 8000	Св. 8000 до 12 000	Св. 12 000 до 15 000	Среднеагрессивная
		Св. 8000	Св. 12 000	Св. 15 000	Сильноагрессивная

[1] При оценке степени агрессивности среды в условиях эксплуатации сооружений, расположенных в слабофильтрующих грунтах с коэффициентом фильтрации менее 0,1 м/сут, показатели данной таблицы должны быть умножены на 1,3.

[2] Показатели агрессивности приведены для бетона марки по водонепроницаемости W4. При оценке степени агрессивности среды для бетона марки по водонепроницаемости W6 показатели данной таблицы должны быть умножены на 1,3, для бетона марки по водонепроницаемости W8 – на 1,7.

[3] Применение в бетоне портландцемента группы II с одновременным использованием добавок на основе микрокремнезема приравнивается к применению цемента группы III

Таблица В.5 (В.5) – Степень агрессивного воздействия жидких сульфатных сред для бетонов марок по водонепроницаемости W10-W20

Цементы		Показатель агрессивности жидкой среды* с содержанием сульфатов в пересчете на ионы SO_4^{2-}, мг/дм^3, для сооружений, расположенных в грунтах с коэффициентом фильтрации св. 0,1 м/сут, в открытом водоеме и для напорных сооружений при марке бетона по водонепроницаемости		Степень агрессивного воздействия жидкой среды на бетон
Группа цементов по сульфато стойкости	Вид цемента	W10 – W14	W16-W20	
I	Портландцементы по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108, не входящие в группу II	850-1250	Св. 1250-2500	Слабоагрессивная
		1250-2500	Св. 2500-5000	Среднеагрессивная
		Св. 2500	Св. 5000	Сильноагрессивная
II	Портландцементы по ГОСТ 10178, ГОСТ 31108 с содержанием в клинкере C_3S - не более 65%, C_3A – не более 7%, C_3A+C_4AF не более 22% и шлакопортландцементы	5100-8000	Св. 8000-9000	Слабоагрессивная
		8000-9000	Св. 9000-10000	Среднеагрессивная
		Св. 9000	Св. 10000	Сильноагрессивная
III	Сульфатостойкие цементы по ГОСТ 22266	10200-12000	Св. 12000-15000	Слабоагрессивная
		12000-15000	Св. 15000-20000	Среднеагрессивная
		Св. 15000	Св. 20000	Сильноагрессивная

*При оценке степени агрессивности среды в условиях эксплуатации конструкций, расположенных в слабофильтрующих грунтах с K_f менее 0,1 м/сут, показатели агрессивности данной таблицы должны быть умножены на 1,3.

Примечания

1) Применение в бетоне портландцемента группы II с одновременным использованием добавок на основе микрокремнезема приравнивается к применению цементов группы III

2) Сульфатостойкость определяется по ГОСТ Р 56687.

Таблица В.6 (В.6) – Степень агрессивного воздействия жидких органических сред

Среда	Степень агрессивного воздействия жидких органических сред на бетон при марке по водонепроницаемости		
	W4	W6	W8
Масла:			
минеральные	Слабоагрессивная	Слабоагрессивная	Неагрессивная
растительные	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная	Слабоагрессивная
животные	То же	То же	То же
Нефть и нефтепродукты:			
сырая нефть [1)]	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная	Слабоагрессивная
сернистая нефть	То же	Слабоагрессивная	То же
сернистый мазут [1)]	»	То же	»
дизельное топливо [1)]	Слабоагрессивная	»	Неагрессивная
керосин [1)]	То же	»	То же
бензин	Неагрессивная	Неагрессивная	»
Растворители:			
предельные углеводороды (гептан, октан, декан и т.д.)	Неагрессивная Слабоагрессивная	Неагрессивная То же	Неагрессивная То же
ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол, хлорбензол и т.д.)	То же	Слабоагрессивная	»
кетоны (ацетон, метилэтилкетон, диэтилкетон и т.д.)			
Кислоты:			
водные растворы кислот (уксусная, лимонная, молочная и т.д.) концентрацией свыше 0,05 г/дм^3	Сильноагрессивная	Сильноагрессивная	Сильноагрессивная
жирные водонерастворимые кислоты (каприловая, капроновая и т.д.)	Сильноагрессивная	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная
Спирты:			
одноатомные	Слабоагрессивная	Неагрессивная	Неагрессивная
многоатомные	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная	Слабоагрессивная
Мономеры:			
хлорбутадиен	Сильноагрессивная	Сильноагрессивная	Среднеагрессивная
стирол	Слабоагрессивная	Слабоагрессивная	Неагрессивная
Амиды:			
карбамид (водные растворы концентрацией от 50 до 150 г/дм^3)	Слабоагрессивная	Слабоагрессивная	Неагрессивная
свыше 150 г/дм^3	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная	Слабоагрессивная
дициандиамид (водные растворы концентрацией до 10 г/дм^3)	Слабоагрессивная	Слабоагрессивная	Слабоагрессивная
диметилформамид (водные растворы концентрацией от 20 до 50 г/дм^3)	Среднеагрессивная	Слабоагрессивная	Слабоагрессивная
свыше 50 г/дм^3	Сильноагрессивная	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная

Окончание таблицы В.6 (В.6)

Среда	Степень агрессивного воздействия жидких органических сред на бетон при марке по водонепроницаемости		
	W4	W6	W8
Прочие органические вещества:			
фенол (водные растворы концентрацией до 10 г/дм^3)	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная
формальдегид (водные растворы концентрацией от 20 до 50 г/дм^3),	Слабоагрессивная	Слабоагрессивная	Неагрессивная
свыше 50 г/дм^3	Среднеагрессивная	Среднеагрессивная	Слабоагрессивная
дихлорбутен	То же	То же	То же
тетрагидрофуран	»	Слабоагрессивная	»
сахар (водные растворы концентрацией свыше 0,1 г/дм^3)	Слабоагрессивная	То же	Неагрессивная

[1)] Для внутренних поверхностей днищ и стенок резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов воздействие сырой нефти и мазута следует оценивать как среднеагрессивное, а воздействие мазута, дизельного топлива и керосина – как слабоагрессивное. Для внутренних поверхностей покрытий резервуаров воздействие перечисленных жидкостей следует оценивать как слабоагрессивное.

Таблица В.7 (В.7) – Степень агрессивного воздействия биологически активных сред на бетонные и железобетонные конструкции

Агрессивная среда	Степень агрессивного воздействия среды:		
	сухой*	нормальной*	влажной*
Грибы	Неагрессивная	Слабоагрессивная	Слабоагрессивная
Тионовые бактерии (концентрация сульфида водорода), мг/м^3			
до 0,01	То же	То же	Среднеагрессивная
0,01–5	»	Среднеагрессивная	Сильноагрессивная То же
свыше 5	»	Сильноагрессивная	

*Влажность среды определяется по СП 50.13330 (таблицы 1, 2).

Примечания

1) Степень агрессивного воздействия биологически активных сред приведена для бетона марки по водонепроницаемости W4. Для бетонов более высоких марок агрессивность среды оценивают по результатам специальных исследований. Для штукатурки степень агрессивного воздействия грибов возрастает по сравнению с бетоном марки по водонепроницаемости W4 на два уровня.

2) Для коллекторов сточных вод концентрацию сульфида водорода принимают по опыту эксплуатации сооружений или рассчитывают при проектировании в зависимости от состава сточных вод и конструктивных характеристик коллектора.

3) Степень агрессивного воздействия сред указана для температуры от 15 до 25 °С. При температуре выше 25 °С степень агрессивного воздействия в нормальной и влажной среде повышается на один уровень. При температуре ниже 15 °С степень агрессивного воздействия в нормальной и влажной среде понижается на один уровень.

Таблица В.8 (В.8) – Показатели опасности коррозии железобетонных конструкций, вызываемой блуждающими токами

Местонахождение конструкций	Здания и сооружения	Основные показатели опасности в анодных и знакопеременных зонах[1)]	
		Потенциал «арматура-бетон» по отношению к медно-сульфатному электроду, В	Плотность тока утечки с арматуры, мА/дм^2
Под землей	Указанные в 7.3 при содержании ионов Cl^- в подземной воде до 0,2 г/дм^3	Св. 0,5	Св. 0,6
Над землей	Отделений электролиза расплавов, сооружений промышленного рельсового транспорта	Св. 0,5	Св. 0,6
	Отделений электролиза водных растворов	Св. 0,0	Св. 0,6

[1)]Приведенные показатели действительны при условии защиты арматуры бетоном в конструкциях с шириной раскрытия трещин не более указанной в .7.3. При наличии в защитном слое бетона трещин с шириной раскрытия, более указанной в .7.3, показатели опасности электрокоррозии следует принимать по ГОСТ 9.602.

[2)] Содержание ионов хлора в грунтовой воде определяют по ГОСТ 4245.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное)

Агрессивное воздействие хлоридов

Таблица Г.1 (Г.1) – Максимально допустимая концентрация хлоридов в условиях воздействия жидких хлоридных сред на стальную арматуру железобетонных конструкций в открытом водоеме и в грунте

Толщина защитного слоя бетона, мм	Максимальная допустимая концентрация хлоридов в жидкой среде, мг/дм^3, для бетона с коэффициентом диффузии, м^2/с (марками по водонепроницаемости)		
	Менее $5\cdot10^{-12}$ до $1\cdot10^{-12}$ (W6 - W8)	Менее $1\cdot10^{-12}$ до $5\cdot10^{-13}$ (W10 - W14)	Менее $5\cdot10^{-13}$ (W16 - W20)
Зона переменного уровня воды и капиллярного подсоса в открытом водоеме или грунте с коэффициентом фильтрации 0,1 м/сут и более			
20	500	1300	4100
30	700	1850	8300
50	1000	2700	18000
Зона переменного уровня воды и капиллярного подсоса в грунте с коэффициентом фильтрации менее 0,1 м/сут			
20	1150	3000	5000
30	1400	3700	9500
50	1750	4700	20000

Примечание

1 При указанных толщинах защитного слоя и проницаемости бетона среда является агрессивной, если концентрации хлоридов превышают указанные в таблице; требуется вторичная защита.

2 В условиях полного и постоянного погружения содержание хлоридов не нормируется.

Таблица Г.2 (Г.2) – Максимально допустимое содержание хлоридов в бетоне конструкций

Вид армирования	Марка по содержанию хлоридов	Максимальное допустимое содержание хлоридов, % массы цемента
Неармированные конструкции	Cl 1,0	1,0
Ненапрягаемая арматура	Cl 0,4	0,4
Предварительно напряженная арматура	Cl 0,2	0,2
Примечание – Содержание хлоридов в бетоне подсчитывается с учетом их количества в составе цемента, заполнителей, воде затворения, химических и минеральных добавок в расчете на ионы хлора.		

ПРИЛОЖЕНИЕ Д (справочное)

Показатели проницаемости бетона

Таблица Д.1 (Е.1) – Показатели проницаемости бетона

Категория проницаемости бетона	Нормальная	Пониженная	Низкая	Особо низкая	
Марка бетона по водонепроницаемости	W4	W6	W8	W10-W14	W16-W20
Коэффициент фильтрации, м/с	Свыше $2\cdot10^{-11}$ до $7\cdot10^{-11}$	Свыше $6\cdot10^{-12}$ до $2\cdot10^{-11}$	Свыше $1\cdot10^{-12}$ до $6\cdot10^{-12}$	Свыше $5\cdot10^{-13}$ до $1\cdot10^{-12}$	Менее $5\cdot10^{-13}$
Коэффициент диффузии для хлоридов, $м^2/с$	-	Менее $5\cdot10^{-12}$ до $1\cdot10^{-12}$		Менее $1\cdot10^{-12}$ до $5\cdot10^{-13}$	Менее $\cdot5\cdot10^{-13}$
Водоцементное отношение, не более	0,6	0,55	0,45	0,35	0,3
Водопоглощение по массе,%	Свыше 4,7 до 5,7	Свыше 4,2 до 4,7	Свыше 3,7 до 4,2	Свыше 3,0 до 3,7	Менее 3,0

Примечания

1 Коэффициент фильтрации и марку бетона по водонепроницаемости следует определять по ГОСТ 12730.5, водопоглощение бетона – по ГОСТ 12730.3.

2 Показатели водопоглощения и водоцементного отношения, приведенные в таблице Д.1 (Е.1), относятся к тяжелому бетону. Водопоглощение легких бетонов следует определять умножением значений, приведенных в таблице Д.1 (Е.1), на коэффициент, равный отношению средней плотности тяжелого бетона к средней плотности легкого бетона.. Водоцементное отношение легких бетонов следует определять умножением значения, приведенного в таблице Д.1 (Е.1), на 1,3.

3 Коэффициент диффузии хлоридов в бетоне определяют по ГОСТ 31383.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е (рекомендуемое)

Метод определения агрессивной углекислоты

Содержание агрессивной углекислоты в жидкой среде определяется экспериментально в пробе воды или путем вычисления по содержанию свободной углекислоты в пробе воды при выполнении химического анализа. Пробы воды отбирают в сухую емкость объемом 250 мл с хорошо подобранной пробкой, в которую предварительно помещают 2–3 г химически чистого карбоната кальция. Анализ проводят через 5–6 дней (метод Гейера).

Вычисление содержания агрессивной углекислоты проводят по разности между содержанием свободной и равновесной углекислоты.

Концентрация свободной CO_2, мг/м^3, согласно требованиям ГОСТ 31954, должна быть определена в день отбора пробы воды на анализ.

Количество углекислоты рассчитывают по формуле:

$$(CO_2)\text{равновесной} = a[Ca^{2+}] + b\ ,$$

где a и b –коэффициенты, зависящие от содержания в воде ионов HCO^{3-}, SO_4^{2-}, Cl^-; концентрацию Ca^{2+}, мг/дм^3, определяют по таблице Е.1.

Таблица Е.1 – Значения коэффициентов *a* и *b*

Бикарбонатная щелочность		Суммарное содержание ионов Cl^- и SO_4^{2-}, мг/дм^3											
мг-экв/л	град	0–200		201–400		401–600		601–800		801–1000		Более 1000	
		a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
1,05	3	0	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	4	0,01	16	0,01	17	0,01	17	0	17	0	17	0	17
1,8	5	0,04	17	0,04	18	0,03	17	0,02	18	0,02	18	0,02	18
2,1	6	0,07	19	0,06	19	0,05	18	0,04	18	0,04	18	0,04	18
2,5	7	0,1	21	0,08	20	0,07	19	0,06	18	0,06	18	0,05	18
2,9	8	0,13	23	0,11	21	0,09	19	0,08	18	0,07	18	0,07	18
3,2	9	0,16	25	0,14	22	0,11	20	0,1	19	0,09	18	0,08	18
3,6	10	0,2	27	0,17	23	0,14	21	0,12	19	0,11	18	0,1	18
4,0	11	0,24	29	0,2	24	0,16	22	0,15	20	0,13	19	0,12	19
4,3	12	0,28	32	0,24	26	0,19	23	0,17	21	0,16	20	0,14	20
4,7	13	0,32	34	0,28	27	0,22	24	0,2	22	0,19	21	0,17	21
5,0	14	0,360	29	0,32	29	0,25	26	0,23	23	0,22	22	0,19	22
5,4	15	,4	38	0,36	30	0,29	27	0,26	24	0,24	23	0,22	23
5,7	16	0,44	41	0,4	32	0,32	28	0,29	25	0,27	24	0,25	24
6,1	17	0,48	43	0,44	34	0,36	30	0,33	26	0,3	25	0,28	25
6,4	18	0,54	46	0,47	37	0,4	32	0,36	28	0,33	27	0,31	27
6,8	19	0,61	48	0,51	39	0,44	33	0,4	30	0,37	29	0,34	28
7,1	20	0,67	51	0,55	41	0,48	35	0,44	31	0,41	30	0,38	29
7,5	21	0,74	53	0,6	43	0,53	37	0,48	33	0,45	31	0,41	31
7,8	22	0,81	55	0,65	45	0,58	38	0,53	34	0,49	33	0,44	32
8,2	23	0,88	58	0,7	47	0,63	40	0,58	35	0,53	34	0,48	33
8,6	24	0,96	60	0,76	49	0,68	42	0,63	37	0,57	36	0,52	35
9,0	25	1,04	63	0,81	51	0,73	44	0,67	39	0,61	38	0,56	37
10,7	30	1,44	75	1,06	61	0,98	54	0,87	49	0,81	48	0,76	47
14,3	40	2,34	95	1,56	81	1,48	74	1,27	69	1,21	68	1,16	67
17,8	50	3,34	120	2,16	102	1,98	94	1,67	79	1,61	88	1,56	87
21,3	60	4,44	145	2,66	123	2,48	114	2,17	99	2,01	98	1,96	97
25,0	70	5,44	165	3,16	143	2,98	134	2,67	119	2,41	118	2,36	117
28,5	80	6,54	195	3,76	163	3,48	154	3,07	139	2,81	138	2,76	137
32,1	90	7,64	215	4,36	183	3,98	174	3,47	159	3,2	148	3,16	147

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж (справочное)
Показатели качества бетона для различных классов сред эксплуатации

Таблица Ж.1 – Требования к бетонам[4)] в зависимости от классов сред эксплуатации

Требования к бетонам	Классы сред эксплуатации																	
	Неагрессивная среда	Карбонизация				Хлоридная коррозия						Замораживание-оттаивание				Химическая коррозия		
						Морская вода			Прочие хлоридные воздействия									
	Индексы сред эксплуатации																	
	XO	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
Максимальное В/Ц	-	0,65	0,6	0,55	0,5	0,5	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,5	0,45	0,55	0,5	0,45
Минимальный класс по прочности В	15	25	30	35	35	30	35	45	35	45	45	20	35	25	35	35	35	45
Минимальный расход цемента, кг/м^3	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
Минимальное воздухововлечение,%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0	4,0	4,0	-	-	-
Приведенные в колонках значения показателей используют совместно с требованиями, указанными в следующих таблицах	-	И.5 (Ж.5)				Г.1 (Г.1)			Г.1 (Г.1)			И.1 (Ж.1)				В.1 – В.6 (В.1-В.6)		

[1)] Справочные данные таблицы используются в качестве исходных при подборе составов бетона для конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных средах.
[2)] Виды цемента для бетона в различных агрессивных средах приведены в таблице Ж.2 (Д.1).
[3)] Требуемая проницаемость бетона приведена в таблицах В.1-В.6 (В.1-В.6), Г.1 (Г.1), И.3, И.4 (Ж.3, Ж.4).
[4)] Значения величин в данной таблице относятся к бетону на цементе класса CEM I 32,5 по ГОСТ 30515 и заполнителе с максимальной крупностью 30 мм.

Таблица Ж.2 – Виды цемента для бетона в агрессивных средах

Вид цемента	Среды эксплуатации																	
	Неагрессивная среда	Карбонизация				Морская вода			Прочие хлоридные воздействия			Замораживание-оттаивание				Химическая коррозия		
		Хлоридная коррозия																
	Индексы сред эксплуатации																	
	XO	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
ЦЕМ I	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
ЦЕМ II/А-Ш	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+	+	и	и	и	++[1)]	+[1)]	+[1)]
ЦЕМ II/В-Ш	++	+	+	+	+	++	++	–	+	+	–	+	–	–	–	++[1)]	++[1)]	++[1)]
ЦЕМ II/А-П	++	–	–	–	–	–	++	–	–	–	–	–	–	–	–	++[1)]	++[1)]	++[1)]
ЦЕМ II/А-З	++	–	–	–	–	–	++	–	–	–	–	–	–	–	–	++[1)]	++[1)]	++[1)]
ЦЕМ II/А-Г	++	+	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и
ЦЕМ II/А-МК	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+	+	+	++	++	++
ЦЕМ II/А-И	++	++	+	+	+	+	+	и	+	+	+	+	–	–	–	++	+	–
ЦЕМ II/А-К	++	+	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и	и
ЦЕМ III/А	++	++	+	+	+	++	++	++	++	++	++	+	–	–	–	+	+	+
ЦЕМ IV/А	++[2)]	+	–	–	–	–	++[2)]	–	+	–	–	–	–	–	–	–[3)]	–[3)]	–[3)]
ЦЕМ V/А	++	+	и	и	и	и	и	и	+	и	и	и	и	и	и	и	и	и
ПЦ-Д0	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
ПЦ-Д5	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+
ПЦ-Д20 со шлаком	++	+	+	+	+	++	++	–	+	+	–	+	–	–	–	++[1)]	++[1)]	и
ПЦ-Д20 с пуццоланой	++	–	–	–	–	–	++	–	–	–	–	–	–	–	–	++[1)]	++[1)]	
ШПЦ	++	++	+	+	+	++	++	++	++	++	++	+	–	–	–	+	+	+
ПЦ 400, 500-Д0-Н	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
ПЦ 500-Д5-Н	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+
ПЦ 400, 500-Д20-Н со шлаком	++	+	+	+	+	++	++	–	+	+	+	+	–	–	–	++[1)]	++[1)]	++[1)]
ПЦ 400, 500-Д20-Н с пуццоланой	++	–	–	–	–	–	++	–	–	–	–	–	–	–	–	++[1)]	++[1)]	++[1)]

[1)]Рекомендуется в сульфатных средах.
[2)]Рекомендуется в подводной и внутренней зоне массивных конструкций.
[3)]Допускается в сульфатных средах.
Обозначения: «++» рекомендуется; «+» допускается; «–» не допускается; «и» требуется испытание.

Окончание таблицы Ж.2

ПРИЛОЖЕНИЕ И (обязательное)

Требования к бетонам и железобетонным конструкциям

Таблица И.1 (Ж.1) – Требования к морозостойкости бетона конструкций, работающих в условиях знакопеременных температур

Условия работы конструкций		Марка бетона по морозостойкости*, не ниже
Характеристика режима	Расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С	
1 Попеременное замораживание и оттаивание: а) в насыщенном состоянии при действии морской воды, минерализованных, в том числе надмерзлотных вод, противогололедных реагентов	Ниже –40 Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. – 5 и выше	$F_2$450 $F_2$300 $F_2$200 $F_2$100
б) в насыщенном состоянии при действии пресных вод	Ниже –40 Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. – 5 и выше	$F_1$400 $F_1$300 $F_1$200 $F_1$150
в) в условиях эпизодического увлажнения (например, надземные конструкции, подвергающиеся атмосферным воздействиям)	Ниже –40 Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. – 5 и выше	$F_1$300 $F_1$200 $F_1$150 $F_1$100
г) в условиях воздушно-влажного состояния, в отсутствии эпизодического увлажнения (например, конструкции, подвергающиеся воздействию окружающего воздуха, но защищенные от воздействия атмосферных осадков)	Ниже –40 Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. – 5 и выше	$F_1$200 $F_1$100 $F_1$75 $F_1$50

Окончание таблицы И.1 (Ж01)

Условия работы конструкций		Марка бетона по морозостойкости*, не ниже
Характеристика режима	Расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С	
2 Одноразовое в течение года воздействие отрицательной температуры в водонасыщенном состоянии (например, конструкции, находящиеся в грунте или под водой)	Ниже –40 Ниже –20 до –40 включ. Ниже –5 до –20 включ. – 5 и выше	$F_1$200 $F_1$150 $F_1$100 $F_1$75

*F_1 – марка бетона по морозостойкости по первому базовому методу ГОСТ 10060, F_2 – марка бетона по морозостойкости по второму базовому методу ГОСТ 10060.

Примечания

1) При консервации незавершенного строительства, а также в период строительства, следует обеспечить защиту от увлажнения или теплоизоляцию конструкций, например, обваловкой грунтом фундаментных конструкций.

2) Для конструкций, части которых находятся в различных влажностных условиях, например, опоры ЛЭП, колонны, стойки и т.п. марку бетона по морозостойкости назначают как для наиболее подверженного увлажнению и замораживанию участка конструкции.

3) Марки бетона по морозостойкости для конструкций сооружений водоснабжения, мостов и труб, аэродромов, автомобильных дорог и гидротехнических сооружений при воздействии пресной воды в отсутствии агрессивных сред следует назначать согласно требованиям соответствующих нормативных документов СП 31.13330, СП 35.13330, СП 121.13330, СП 34.13330, СП 41.13330; при воздействии минерализованной воды (в том числе морской воды) – по СП 28.13330.

4) При назначении марки бетона по морозостойкости по данному пособию расчетная зимняя температура наружного воздуха принимается согласно СП 131.13330 как температура наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92.

Таблица И.2 (Ж.2) – Требования к морозостойкости бетона и раствора стеновых конструкций

Условия работы конструкций		Минимальная марка бетона по морозостойкости наружных стен отапливаемых зданий из бетона		
Относительная влажность внутреннего воздуха помещения φ_{int},%	Расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С [1)]	ячеистого[2)]	легкого[3)], поризованного[3)]	тяжелого[3)] и мелкозернистого[3)]
$\varphi_{int} > 75$	Ниже –40	F100	F_1100	F_1200
	Ниже –20 до –40 включ.	F75	F_175	F_1100
	Ниже –5 до –20 включ.	F50	F_150	F_175
	– 5 и выше	F35	F_135	F_150
$60 < \varphi_{int} \leq 75$	Ниже –40	F75	F_175	F_1100
	Ниже –20 до –40 включ.	F50	F_150	F_150
	Ниже –5 до –20 включ.	F35	F_135	-
	– 5 и выше	F25	F_125	-
$\varphi_{int} \leq 60$	Ниже –40	F50	F_150	F_175
	Ниже –20 до –40 включ.	F35	F_135	-
	Ниже –5 до –20 включ.	F25	F_125	-
	– 5 и выше	F15	F_125	-

[1)]Расчетная зимняя температура наружного воздуха принимается согласно согласно СП 131.13330 как температура наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92.

[2)]Марка ячеистого бетона по морозостойкости определяется по ГОСТ 25485.

[3)]Марка тяжелого, мелкозернистого, легкого, поризованного бетонов и растворов по морозостойкости определяется по ГОСТ 10060.

Таблица И.3 (Ж.3) – Требования к железобетонным конструкциям, эксплуатирующимся при воздействии газовых и твердых грессивных сред

Группа арматурной стали	Классы арматуры[1]	Категория требований к трещиностойкости и предельно допустимая ширина непродолжительного и продолжительного раскрытия трещин, мм, [2] в среде			Минимальная толщина защитного слоя бетона[3], мм (над чертой), и марка бетона по водонепроницаемости[4] (под чертой) в среде		
		слабо-агрес-сивной	средне-агрес-сивной	сильно-агрес-сивной	слабо-агрес-сивной	средне-агрес-сивной	сильно-агрес-сивной
	Конструкции без предварительного напряжения						
I	A240, A400, A500, B_p500, B500	3 0,25 (0,20)	3[5] 0,15 (0,10)	3[5] 0,10 (0,05)	20 W4	20 W6	25 W8
	Конструкции с предварительным напряжением						
II	A600,	2 015 (0,10)	1 -	1 -	25 W6	25 W8	25 W8
	A800[6], A1000[6]	2 0,15(0,10)	1 –	1 –	25 W6	25 W8	25 W8
	B_p 1200[7], B_p 1300[7], B_p 1400[7], B_p 1500[7], B_p 1600[7], K 1400 (K7), K 1500 (K7), K 1600, K 1700	2 0,10	1 –	1 –	25 W8	25 W8	25 W8
III	Арматура композитная полимерная	Ширина раскрытия трещин из условий коррозионного воздействия не нормируется. Максимально допустимая ширина раскрытия трещин (0,5 мм – при продолжительном раскрытии; 0,7 мм – при непродолжительном раскрытии), марка бетона по водонепроницаемости, минимальная толщина защитного слоя назначаются с учетом конструктивных требований согласно СП 63.13330.					

[1] Обозначения классов арматуры приняты в соответствии с СП 63.13330. Классы арматуры, методы их изготовления и эксплуатационные характеристики принимаются в соответствии с нормативными документами.

[2] Над чертой – категория требований к трещиностойкости; под чертой – допустимая ширина непродолжительного и продолжительного (в скобках) раскрытия трещин.

[3] Значение толщины защитного слоя для сборных железобетонных конструкций, для монолитных конструкций его следует увеличивать на 5 мм.

[4] Марки бетона по водонепроницаемости для средне- и сильноагрессивных сред даны из условия наличия изоляционных покрытий. При отсутствии покрытий марки бетона по водонепроницаемости должны быть увеличены и назначаются в каждом конкретном случае в зависимости от вида конструкций и условий воздействия среды.

[5] В конструкциях без предварительного напряжения арматура классов А400, А500 и А600, подвергаемая при изготовлении термомеханическому упрочнению, допускается к применению при условии подтверждения стойкости против коррозионного растрескивания испытаниями по ГОСТ 10884 продолжительностью не менее 40 ч.

[6] В конструкциях с предварительным напряжением арматура классов А600, А800, А1000, подвергаемая при изготовлении термомеханическому упрочнению, допускается к применению при условии подтверждения стойкости против коррозионного растрескивания испытаниями по ГОСТ 10884 продолжительностью не менее 100 ч.

[7] Высокопрочная проволока может выпускаться гладкой или периодического профиля.

Таблица И.4 (Ж.4) – Требования к железобетонным конструкциям при воздействии агрессивных жидких сред

Группа арматурной стали	Классы арматуры[1]	Категория требований к трещиностойкости и предельно допустимая ширина непродолжительного и продолжительного раскрытия трещин, мм,[2] в среде			Минимальная толщина защитного слоя бетона[3], мм (над чертой), и марка бетона по водонепроницаемости[4] (под чертой) в среде		
		слабо-агрес-сивной	средне-агрес-сивной	сильно-агрес-сивной	слабо-агрес-сивной	средне-агрес-сивной	сильно-агрес-сивной
	Конструкции без предварительного напряжения						
I	A240, A400, A500, A600, B_p500, B500	3 / 0,20 (0,15)	3[5] / 0,15 (0,10)	3[5] / 0,10 (0,05)	20 / W4	20 / W6	25 / W8
	Конструкции с предварительным напряжением						
II	A600,	2 / 0,15 (0,10)	1 / -	1 / -	25 / W6	25 / W8	25 / W8
	A800[6], A1000[6]	2 / 0,15(0,10)	1 / –	1 / –	25 / W6	25 / W8	25 / W8
	B1200[7], B1300[7], B1400[7], B1500[7], B1600[7], K1400 (K7), K1500 (K7), K1600, K1700	2 / 0,10	1 / –	1 / –	25 / W8	25 / W8	25 / W8
III	Арматура композитная полимерная	Ширина раскрытия трещин из условий коррозионного воздействия не нормируется. Максимально допустимая ширина раскрытия трещин (0,5 мм - при продолжительном раскрытии; 0,7 мм - при непродолжительном раскрытии), марка бетона по водонепроницаемости, минимальная толщина защитного слоя назначаются с учетом конструктивных требований согласно СП 63.13330.					

Окончание таблицы И.4 (Ж.4)

[1] Обозначения классов арматуры приняты в соответствии с СП 63.13330. Классы арматуры, методы их изготовления и эксплуатационные характеристики принимаются в соответствии с нормативными документами.

[2] Над чертой – категория требований к трещиностойкости; под чертой – допустимая ширина непродолжительного и продолжительного (в скобках) раскрытия трещин.

[3] Значение толщины защитного слоя для сборных железобетонных конструкций, для монолитных конструкций его следует увеличивать на 5 мм.

[4] Марки бетона по водонепроницаемости для средне- и сильноагрессивных сред даны из условия наличия изоляционных покрытий. При отсутствии покрытий марки бетона по водонепроницаемости должны быть увеличены и назначаются в каждом конкретном случае в зависимости от вида конструкций и условий воздействия среды.

[5] В конструкциях без предварительного напряжения арматура классов А400, А500 и А600, подвергаемая при изготовлении термомеханическому упрочнению, допускается к применению при условии подтверждения стойкости против коррозионного растрескивания испытаниями по ГОСТ 10884 продолжительностью не менее 40 ч.

[6] В конструкциях с предварительным напряжением арматура классов А600, А800, А1000, подвергаемая при изготовлении термомеханическому упрочнению, допускается к применению при условии подтверждения стойкости против коррозионного растрескивания испытаниями по ГОСТ 10884 продолжительностью не менее 100 ч.

[7] Высокопрочная проволока может выпускаться гладкой или периодического профиля.

Примечания

1 При возможной фильтрации через трещины жидкие среды оцениваются как средне- и сильноагрессивные по отношению к стальной арматуре. Защита от коррозии железобетонных конструкций осуществляется исключением фильтрации совместным применением методов первичной и вторичной защиты.

2 В средах, характеризующихся периодическим смачиванием и капиллярным всасыванием растворов хлоридов, трещины шириной раскрытия более 0,10 (0,05) мм в бетоне защитного слоя железобетонных конструкций не допускаются.

Таблица И.5 (Ж.5) – Требования к защитному слою бетона железобетонных конструкций, эксплуатирующихся при воздействии диоксида углерода

Концентрация диоксида углерода в воздухе, мг/м^3	Толщина защитного слоя, мм	Максимально допустимая величина коэффициента диффузии $D \cdot 10^4$, см^2/с, диоксида углерода* в бетоне железобетонных конструкций со сроком эксплуатации, лет		
		20	50	100
До 600	10	1,14	0,45	0,23
	15	2,57	1,03	0,51
	20	4,57	1,83	0,91
От 600 до 6000	10	0,26	0,10	0,05
	15	0,46	0,18	0,09
	20	0,71	0,28	0,14
*Коэффициент диффузии диоксида углерода в бетоне определяют по ГОСТ 31383.				

ПРИЛОЖЕНИЕ К (справочное)

Область применения некоторых химических добавок

Таблица К.1 – Ограничение области применения некоторых химических добавок в зависимости от их коррозионного воздействия на арматуру

Изделия и конструкции, условия эксплуатации	Исключается применение
1.Предварительно напряженные изделия и конструкции	Хлоридов
2. То же, армированные сталью классов Ат800, Ат1000, А800, А1000	хлоридов и нитратов
3. Железобетонные изделия и конструкции с ненапряженной рабочей арматурой диаметром 5 мм и менее	Хлоридов
4. Железобетонные изделия и конструкции, имеющие выпуски арматуры или закладные детали:	
а) без специальной защиты стали	Хлоридов
б) с цинковыми покрытиями по стали	хлоридов, нитратов, сульфата натрия, тринатрийфосфата, бихромата натрия и калия
в) с алюминиевым покрытием по стали	хлоридов, сульфата натрия, тринатрийфосфата, бихромата натрия и калия, нитрита и нитрата натрия
5. Железобетонные изделия и конструкции,	
а) в агрессивных газовых средах	Хлоридов
б) в зоне переменного уровня воды и в зонах действия блуждающих постоянных токов от постоянных источников	Хлоридов
в) в агрессивных сульфатных водах и в растворах солей и едких щелочей при наличии испаряющих поверхностей	хлоридов и нитратов
6. Железобетонные изделия и конструкции для электрифицированного транспорта и промышленных предприятий, потребляющих постоянный электрический ток	всех электролитов
Примечание – Добавку нитрат железа запрещается применять в бетонах, подвергающихся тепловой обработке или периодическому нагреванию выше 70 °С при эксплуатации.	

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Требования к защите ограждающих конструкций

Таблица Л.1 (Л.1) – Защита ограждающих конструкций в помещении в зависимости от степени агрессивности среды

Степень агрессивного воздействия среды в помещении	Требования к защите ограждающих конструкций	
	из легких бетонов по ГОСТ 25820 (плотной и поризованной структуры)	из ячеистых бетонов по ГОСТ 25485
Слабоагрессивная	Применение конструкций допускается при наличии изолирующего слоя из тяжелого или легкого конструкционного бетона со стороны воздействия агрессивной среды	Применение конструкций допускается при защите арматуры специальными покрытиями и поверхности бетона пароизолирующим лакокрасочным покрытием со стороны воздействия агрессивной среды
Среднеагрессивная	Применение конструкций допускается при наличии изолирующего слоя из тяжелого или легкого конструкционного бетона с лакокрасочным покрытием со стороны воздействия агрессивной среды и гидрофобизации со стороны воздействия атмосферных осадков	То же, с лакокрасочными покрытиями для среднеагрессивной среды
Сильноагрессивная	Применение конструкций допускается при наличии изолирующего слоя из тяжелого или легкого конструкционного бетона со стороны воздействия агрессивной среды с лакокрасочным покрытием для сильноагрессивной среды	Не допускаются к применению

Примечания

1) Марка по водонепроницаемости и толщина защитного слоя изолирующего тяжелого или легкого конструкционного бетона должна соответствовать требованиям таблицы И.3 (Ж.3).

2) В зданиях и сооружениях, где агрессивные среды характеризуются влажным или мокрым режимом помещений и наличием диоксида углерода, допускается применение конструкций из легких бетонов без лакокрасочной защиты, а ячеистых бетонов – с защитой для слабоагрессивной среды. Группы покрытий приведены в таблице Т.1 (М.1).

ПРИЛОЖЕНИЕ М (справочное)

Условия воздействия среды на закладные детали и соединительные элементы в зданиях с наружными стенами из трехслойных стеновых панелей

Таблица М.1 (И.1) – Степень агрессивного воздействия среды на закладные детали и соединительные элементы

№ группы	Характеристика среды и условная степень ее агрессивного воздействия	Типы закладных деталей и соединительных элементов
I	Влажность воздуха и температура соответствуют условиям открытой экспозиции; степень агрессивного воздействия среды – среднеагрессивная	В узлах соединения: а) ограждений лоджий между собой и со стенками лоджий вне уровня пола; б) плит перекрытий лоджий к стеновым панелям и стенкам лоджий в потолочном углу
II	То же, но коррозионные процессы замедлены в связи с наличием обетонирования; степень агрессивного воздействия среды слабоагрессивная	В обетонируемых или замоноличиваемых узлах соединений: а) ограждений лоджий между собой, со стенками лоджий, с панелями перекрытий лоджий в уровне пола; б) плит перекрытий лоджий к стенкам лоджий и стеновым панелям
III	Возможность увлажнения зависит от качества устройства стыков, температура положительная; степень агрессивного воздействия среды неагрессивная	В замоноличиваемых узлах соединений, в которых закладные и соединительные детали расположены в уровне внутреннего слоя бетона наружной стеновой панели
IV	Возможность увлажнения зависит от качества устройства стыков; температуры – от положительных внутренних до климатических наружных, образование фазовой пленки влаги в точке росы; степень агрессивного воздействия среды среднеагрессивная	В замоноличиваемых узлах соединений, в которых закладные и соединительные детали расположены по всей толщине наружной трехслойной стеновой панели
V	Влажность воздуха и температура соответствуют условиям отапливаемых зданий; степень агрессивного воздействия среды – неагрессивная	В узлах соединения внутренних конструкций между собой независимо от их примыкания к наружным стенам

ПРИЛОЖЕНИЕ Н (справочное)

Способы защиты закладных деталей и соединительных элементов в наружных стенах

Таблица Н.1 (К.1) – Способы защиты закладных деталей и соединительных элементов

Группа по таблице Н.1 (И.1)	Способы защиты
I	1 Горячее цинкование толщиной 60 мкм. 2 Холодное цинкование цинкнаполненными композициями толщиной 120 – 150 мкм. 3 Комбинированное покрытие – холодное цинкование цинкнаполненными композициями толщиной 60 – 70 мкм и лакокрасочное атмосферостойкое покрытие групп IIа или IIIа (толщиной 80 – 100 мкм). 4 Гальванический метод толщиной от 30 мкм. 5 Газотермическое напыление толщиной от 100 мкм. 6 Термодиффузионное напыление толщиной от 25 мкм.
II	Обетонирование или замоноличивание при наличии защиты по вариантам: 1 Горячее цинкование толщиной 50 мкм; 2 Холодное цинкование цинкнаполненными композициями толщиной 60 – 70 мкм. 3 Гальванический метод толщиной от 30 мкм. 4 Газотермическое напыление толщиной от 100 мкм. 5 Термодиффузионное напыление толщиной от 25 мкм.
III	Замоноличивание без требований по защите поверхностей
IV	Замоноличивание при наличии защиты по вариантам: 1 Горячее цинкование толщиной 60 мкм; 2 Холодное цинкование цинкнаполненными композициями толщиной 80 – 100 мкм. 3 Гальванический метод толщиной от 30 мкм. 4 Газотермическое напыление толщиной от 100 мкм. 5 Термодиффузионное напыление толщиной от 25 мкм.
V	Защита не требуется

ПРИЛОЖЕНИЕ П (рекомендуемое)

Ускоренное определение способности пористого заполнителя связывать гидроксид кальция

1 Определение активности пористого заполнителя заключается в оценке его способности поглощать гидроксид кальция из насыщенного раствора $Ca(OH)_2$.

2 Применяемая аппаратура и реактивы:

- гидроксид кальция $Ca(OH)_2$, насыщенный раствор;
- кислота HCl, концентрации 0,05 моль·$л^{-1}$;
- индикатор метиловый оранжевый;
- штатив с бюреткой на 50 мл;
- сосуд из фторопласта или другого инертного к щелочам материала;
- стакан или стеклянная коническая колба для титрования;
- пипетка для отбора проб.

Приготовление насыщенного раствора гидроксида кальция.

В бутыль вместимостью 20-25 л помещают 50 г гидроксида кальция, наливают дистиллированной воды (15 л) и плотно закрывают резиновой пробкой, в которую вставлена трубка с натронной известью. Раствор взбалтывают 2-3 раза в сут.

Через 3-4 сут бутыль вскрывают, отфильтровывают небольшое количество раствора, отбирают пипеткой 50 мл в коническую колбу и титруют раствором кислоты HCl.

Если результат титрования покажет, что раствор имеет концентрацию не ниже 1,15 CaO на 1 л, то приступают к его фильтрованию; в противном случае подвергают дальнейшему насыщению.

3. Подготовка испытуемой пробы и проведение испытания.

Определяют активность любой требуемой фракции пористого заполнителя. Отбирают среднюю пробу испытуемого материала в количестве 100 г и

высушивают до постоянной массы. От подготовленной пробы берут навеску массой 1 г, взвешивают на аналитических весах с точностью до 4-го знака. Навеску помещают в плотно закрывающийся сосуд из фторопласта или другого стойкого к щелочам материала и заливают 100 мл насыщенного раствора гидроксида кальция (соотношение навески и раствора может быть больше 1:100 для высокоактивных материалов). Сосуд закрывают пробкой и выдерживают при температуре 85-90 ^{0}C не менее 8 ч. После чего сосуд вынимают, охлаждают 15 мин под струей воды при температуре 16-20 ^{0}C, отбирают 50 мл раствора пипеткой, добавляют 2-3 капли раствора метилового оранжевого и титруют раствором хлороводоролдной кислоты кислоты до появления розовой окраски.

4. Обработка результатов.

Количество CaO в мг, поглощенное 1 г заполнителя, определяют по формуле

$$CaO = (\upsilon_0-\upsilon)^2 T \cdot 10^3,$$

где υ_0 – количество раствора хлороводородной кислоты, пошедшего на титрование 50 мл насыщенного раствора гидроксида кальция, мл;

υ – количество раствора соляной кислоты, пошедшего на титрование 50 мл анализируемого раствора;

T – титр раствора хлороводородной кислоты по CaO, равный 0,0014 г/мл.

ПРИЛОЖЕНИЕ Р (рекомендуемое)

Требования к выбору покрытий в зависимости от условий эксплуатации конструкций

Таблица Р.1 (М.1) – Группы условий эксплуатации покрытий

Требования к покрытиям	Группы условий эксплуатации покрытий по степени агрессивности среды			
	Неагрессивная	Слабоагрессивная	Среднеагрессивная	Сильноагрессивная
Атмосферостойкие	$I_а$	$II_а$	$III_а$	$IV_а$
Атмосферостойкие и химически стойкие	-	$I_{ах}$	$III_{ах}$	$IV_{ах}$
Атмосферостойкие, химически стойкие и трещиностойкие	-	$II_{ахтр}$	$III_{ахтр}$	$IV_{ахтр}$
Обозначения: «а» - атмосферостойкие покрытия, «х» – химически стойкие, «тр» - трещиностойкие				

ПРИЛОЖЕНИЕ С (обязательное)

Виды защиты конструкций

Таблица С.1 (П.1) – Лакокрасочные тонкослойные покрытия для защиты железобетонных конструкций от коррозии

Характеристика лакокрасочного материала по типу пленкообразующего	Группа покрытия	Индекс, характеризующий стойкость	Условия применения покрытия на конструкциях из железобетона
Алкидно-уретановые	II, III	а, ан, п, х	Наносится по грунтовкам лаками типа АУ
Органосиликатные	II, III	а, ан, п	Наносятся по грунтовкам на основе разбавленной краски
Кремнийорганические	III	а, ан, п, т	То же
Каучуковые	III	а, ан, п, х, тр	Наносятся по грунтовкам лаками типа КЧ
Полисилоксановые	III,IV	а, ан, п, х	Наносятся по грунтовкам на основе разбавленной краски
Полиуретановые	III ,IV	а, ан, п, х, тр	Наносятся по грунтовкам лаками типа УР
Перхлорвиниловые и поливинилхлоридные	III ,IV	а, ан, п, х	То же, ХВ
Сополимеро-винилхлоридные	III ,IV	а, ан, п, х	Наносятся по грунтовкам лаками типа ХС
Хлорсульфированные полиэтиленовые	III ,IV	а, ан, п, х, тр	Наносятся по грунтовкам лаками типа ХП
Эпоксидные	III ,IV	а, ан, п, х	Наносятся по грунтовкам лаками типа ЭП или по грунтовкам на основе разбавленной краски
Эпоксидно-каучуковые	III ,IV	а, ан, п, х	Наносятся по грунтовкам лаками или по грунтовкам на основе разбавленной краски
Водно-дисперсионные полиакриловые	II, III	а, ан, п	Наносятся по водно-дисперсионным грунтовкам или по грунтовкам на основе разбавленной краски
Водно-дисперсионные полиакриловые фосфатные	II, III	а, ан, п, т	
Водно-дисперсионные эпоксидно-акриловые	III ,IV	а, ан, п, х	
Водно-дисперсионные эпоксидно-каучуковые	III ,IV	а, ан, п, х	
Водно-дисперсионные полиуретановые	III ,IV	а, ан, п, х	
Обозначения: «а» – на открытом воздухе; «ан» – то же, под навесом; «п» – в помещениях; «х» – химически стойкие; «тр» – трещиностойкие; «т» – термостойкие.			

Таблица С.2 (П.2) – Лакокрасочные толстослойные, комбинированные, пропиточно-кольматирующие системы защиты

Вид защиты	Характеристика материала	Группа условий эксплуа-тации	Толщина системы покрытия, мм	Основной тип действия	Основные свойства
Лакокрасочные толстослойные и комбинированные системы покрытий	Полиуретановые Каучуковые Эпоксидно-Каучуковые Хлорсульфированные Полиэтиленовые На основе полимочевины	III, IV	0,3-2,0	Защитное гидроизолирующее	Наносятся на поверхность бетона. Предотвращает попадание влаги в тело бетона, защищает поверхность бетона от воздействия некоторых жидких агрессивных сред, карбонизации, воздействия солей, в т.ч. хлоридов. Повышает сохранность арматуры в бетоне, стойкость бетона к морозным воздействиям. Покрытия трещиностойкие, допускается раскрытие трещин в бетоне
Полимерцементные системы покрытий	Материалы на цементно-полимерной основе	III, IV	2,0–4,0	Защитное, гидроизолирующее	Наносятся на поверхность бетона. Предотвращает попадание влаги в тело бетона, защищает поверхность бетона от воздействия некоторых жидких агрессивных сред, карбонизации, воздействия солей, в т.ч. хлоридов. Повышает сохранность арматуры в бетоне, стойкость бетона к морозным воздействиям. Покрытия трещиностойкие, допускается раскрытие трещин в бетоне

Окончание таблицы С.2 (П. 2)

Вид защиты	Характеристика материала	Группа условий эксплуа-тации	Толщина системы покрытия, мм	Основной тип действия	Основные свойства
Пропиточно-кольматирующие проникающего действия	Материалы на полимерной основе	II	-	Гидрофобизирующее, защитное	Наносятся на поверхность бетона. Предотвращает попадание влаги в тело бетона
		II, III	-	Защитное, уплотняющее, гидроизолирующее	Наносится на поверхность бетона. Предотвращает попадание влаги в тело бетона, защищает поверхность бетона от воздействия некоторых жидких агрессивных сред, повышает сохранность арматуры в бетоне, стойкость бетона к морозным воздействиям.
	Материалы на цементно-полимерной основе	II, III	1,0-5,0	Гидроизолирующее, кольматирующее, уплотняющее	Наносится на поверхность бетона независимо от направления давления воды (прямое или обратное) по отношению к поверхности нанесения. Предотвращает попадание влаги в тело бетона, защищает поверхность бетона от воздействия некоторых жидких сред, повышает сохранность арматуры в бетоне. Обладает эффектом залечивания трещин в бетоне с шириной раскрытия не более 0,4 мм
Гидропломбы	Материалы на цементно-полимерной основе	-	-	Тампонирующее, гидроизолирующее	Наносится на поверхность бетона и дефектные места. Быстрое устранение напорных течей

ПРИЛОЖЕНИЕ Т

(справочное)

Требования к изоляции различных типов

Таблица Т.1 (Н.1) – Типы изоляционных покрытий

Требования к изоляции	Торкрет-штукатурка		Битумная			Битумно-полимерная			Асфальтовая			Полимерная	
	на цементе	с полим. добавками	окрасочная	пропиточная	оклеечная	окрасочная	пропиточная	оклеечная	холодная	горячая	горячая литая	окрасочная	оклеечная
По величине напора													
Капиллярное всасывание	-	-	++	-	-	++	-	-	+	=	-	-	-
Напор до 10 м	+	+	+[1)]	+	+	+	+	+	+	+	=	+[2)]	=
Напор более 10 м	+	++	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
При работе на отрыв	+	++	-	+	О, анк	-	+	О, анк	++	-	О, анк	++	++
По условиям производства работ													
Строительная площадка	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Зимние условия	О,с	О,с	О,с	+	О,с	О,с	О,с	О,с	О,с	О,с	++	О,с	О,с
По химической агрессивности воды-среды													
Выщелачивающая	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	=
Общекислотная	-	-	+	+	+	+	+	+	О,с	++,с	++	++	++
Углекислотная	+	+	+	+	+	+	+	+	О,с	+	+	+	+
Магнезиальная	-	+	+	+	+	+	+	+	О,с	+	+	+	+

Окончание таблицы Т.1 (Н.1)

Сульфатная	-	+	+	+	+	+	+	+	О,с	+	+	+	+
Нефтехимическая	О,окр	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	++	++
Электрохимическая	-	-	О,кр	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
По механической прочности													
-	+	+	+	+	+	=	+	+	++	++	-	+	-
По трещиностойкости													
Без трещин	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	-	+	-
Трещины до 0,3 мм	О, арм	+	О, арм	-	+	О, арм	-	++	+	+	-	О, арм	-
По внешним воздействиям													
Надземная зона	+	+	О, с	+	О, защ	О, с	+	+	+	-	-	О, с	+
Подземная зона	+	+	+	+	+	+	+	+	++	+	+	+	+

Примечания

1) Покрытие выдерживает напор до 3 м.
2) Покрытие выдерживает напор до 5 м.

Обозначения: «++» – имеет безусловное преимущество; «+» – рекомендуется; «-» – не рекомендуется; «=» – возможно при экономическом обосновании; «О» – требуются дополнительные мероприятия; «с» – со специальным подбором состава; «защ» – со специальным защитным ограждением; «окр» – с дополнительной окраской поверхности; «анк» – с анкеровкой; «арм» – с армированием.

Таблица Т.2 – Химическая стойкость некоторых изоляционных материалов в агрессивных органических средах

Среда	Облицовочные материалы				Мастики, замазки, лакокрасочные материалы на основе								Оклеечные гидроизоляционные материалы		
	кислотостойкая керамика	шлакоситалл	керамическая плитка	каменное литье	силиката натрия	перхлорвиниловой смолы	фенолоформальдегидной смолы	полиэфирной смолы (насыщенной	полиуретановой смолы	битума	хлорсульфированного полиэтилена	эпоксидной смолы	рубероид, бризол, изол	полиизобутилен	полиэтилен
Октан*					++	++	++	++	++	-	++	++			
Декан*					++	++	++	++	++	-	++	++			
Бензол	++	++	++	++	++	-	++	-	++	-	+	++	-	++	++
Толуол	++	++	++	++	++	-	++	++	+	-	-	++	-	++	++
Ксилол	++	++	++	++	++	-	++	+	+	-	-	++	-	++	++
Ацетон	++	++	++	++	++	-	+	-	-	-	-	+	-	++	++
Этанол (водный раствор)	++	++	++	++	+	+	++	+	++	+	++	++	+	++	++
Гептанол	++	++	++	++	++	+	++	++	++	-	++	++	+	++	++
Деканол*					++	++	++	++	++	-	++	++			
Глицерин					+	++	++	++	++	+	++	++			
Диметилформамид (водный раствор 40 %)	++	++	++	++	+	-	++	-	-	++	++	++	-	++	++
Фенол	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	-	++	++	++
Формалин	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++
Тетрагидрофуран*					++	-	++	-	-	-	-	+			
-бутиролактон															
Уксусная кислота (водный раствор, %)															
10	++	++	-	++	++	++	++	-	++	++	++	++	++	++	++
40	++	++	-	++	++	+	++	-	-	++	+	-	+	++	++
60	++	++	-	++	++	+	++	-	-	++	+	-	+	++	++
92	++	++	-	++	++	-	++	-	-	-	-	-	-	++	++
Муравьиная кислота (водный раствор, %)															
10	++	++	-	++	++	+	++	++	++	++	++	++	++	++	++
20	++	++	-	++	++	-	++	-	++	++	+	-	+	++	++
40	++	++	-	++	++	-	++	-	-	++	+	-	+	++	++
80	++	++	-	++	++	-	+	-	-	+	-	-	+	++	++

Окончание таблицы Т2

Среда	Облицовочные материалы				Мастики, замазки, лакокрасочные материалы на основе								Оклеечные гидроизоляционные материалы		
	кислотостойкая керамика	шлакоситалл	керамическая плитка	каменное литье	силиката натрия	перхлорвиниловой смолы	фенолоформальдегидной смолы	полиэфирной смолы (насыщенной	полиуретановой смолы	битума	хлорсульфированного полиэтилена	эпоксидной смолы	рубероид, бризол, изол	полиизобутилен	полиэтилен
Бензолсульфокислота (водный раствор, %)															
15	++	++	+	+	++	++	++		++	++	-	++			
50*					++	++	++		+	+	-	++			
80*					++	++	++		-	-	-	++			
Каприновая кислота	++	++	+	+	++	+	++	++	++	-	+	++	-	++	++

*Химическую стойкость изоляционных материалов, не указанную в настоящей таблице, следует уточнять по литературным данным или экспериментальным путем.

Обозначения: «-» - материалы нестойкие; «+» – относительно стойкие; «++» – стойкие.

ПРИЛОЖЕНИЕ У (обязательное)

Требования к потенциальным источникам блуждающих токов отделений электролиза

1 Выпрямители преобразовательных подстанций электролизных цехов на стороне постоянного тока должны быть надежно изолированы от земли и строительных конструкций. Сопротивление изоляции обеих шин выпрямителя относительно земли при отключенной электролизной установке должно быть не ниже 0,5 МОм.

2 При многорядовом расположении электролизных установок подключение их к выпрямителям рекомендуется выполнять так, чтобы соседние электролизные установки были обращены друг к другу участками одинаковой полярности.

3 Шины, технологические трубопроводы, желоба, как металлические, так и выполненные из неэлектропроводных материалов, должны быть изолированы от строительных конструкций воздушными зазорами не менее 50 мм, а от заземленного оборудования (баков, насосов и т.п.) и стоек под оборудование, не защищенных специальной оклеечной изоляцией, - зазорами не менее 200 мм.

4 Все проемы в местах пересечения шин и металлических трубопроводов с железобетонными конструкциями оборудуются гильзами и вставками из электроизоляционных материалов.

5 Для крепления трубопроводов и шин рекомендуется применять кронштейны из электроизоляционных материалов (например армированного винилпласта) или металлические кронштейны и подвески с изоляцией в двух точках. Крепление кронштейнов к железобетонным конструкциям следует осуществлять с помощью обжимных хомутов, накладываемых на бетонную поверхность конструкции.

Крепления и подвески, пропускаемые через железобетонные конструкции, не рекомендуются. При вынужденном использовании таких креплений и подвесок места контакта с железобетонными конструкциями должны оборудоваться

электроизоляционными вставками или закладные детали креплений должны устанавливаться на полимерном клее.

Примечание

При выборе материала для кронштейнов следует учитывать теплостойкость материала.

6 Железобетонные конструкции не должны иметь контакта с подземными шпунтами или подземными металлическими контурами (грозозащитными, дренажными и др.).

Отделения электролиза водных растворов

7 Для изоляции электролизеров, шин, трубопроводов и другого технологического оборудования рекомендуется применять подвесные и опорные изоляторы зонтичного типа для наружных установок на соответствующие механические нагрузки и напряжение 3 – 6 кВ.

8 Рекомендуется технологические трубопроводы крепить через изоляционные подвески к элементам электролизных ванн, избегая креплений к железобетонным конструкциям.

9 Трубопроводы и желоба, по которым транспортируют электролит и продукты электролиза, должны, как правило, выполняться из неэлектропроводных материалов (фторопласт, стеклопластики, фаолит и др.)

10 Металлические трубопроводы, соединяемые с электролизерами, могут применяться только при соблюдении следующих условий:

а) внутренняя поверхность металлических труб должна быть гуммирована или защищена другими электроизоляционными и химически стойкими покрытиями; монтаж трубопроводов осуществляется с электроизоляцией стыков; при применении титановых или других металлических трубопроводов, обладающих высокой коррозионной стойкостью и используемых без защиты внутренней поверхности, уменьшение блуждающих токов должно быть выполнено по специальному проекту;

б) соединение с электролизерами должно осуществляться трубами и шлангами из неэлектропроводных материалов длиной не менее 3 м; уменьшение длины вставок до 1 м возможно на газопроводах при условии выполнения вставок из фторопласта-4;

в) соединение рядовых трубопроводов (коллекторов) со сборным трубопроводом должно производиться трубами из неэлектропроводных материалов длинной не менее 6 м во всех случаях, кроме газопроводов, соединение которых с электролизерами выполняется с помощью вставок фторопласта-4;

г) на всех металлических трубопроводах в местах перехода из грунта в электролизное отделение должны устанавливаться электроизолирующие вставки для разрыва цепи тока по трубопроводу.

11 Для разрыва струи поступающего и вытекающего электролита рекомендуется снабжать электролизеры капельницами и другими устройствами, разрывающими электрическую цепь.

12 Ввод электролита в коллекторы и вывод продуктов электролиза из коллекторов электролизной установки, а также присоединение технологического оборудования к электролизной установке необходимо осуществлять в местах с наименьшим потенциалом относительно земли ближе к нейтральной точке.

13 Технологическое оборудование необходимо располагать в цехе и подключать к электролизной установке симметрично относительно середины электролизной установки.

14 Каждый ряд электролизеров должен иметь индивидуальные коллекторы и желоба, транспортирующие входящие электролиты и продукты электролиза.

15 Катодная, дренажная и протекторная защита оборудования электролизных установок может быть применена только после специальных проектных разработок и экспериментальных исследований, подтверждающих, что применение защиты уменьшает ток утечки через защищаемый участок и не приводит к резкому увеличению тока утечки на незащищенных участках.

Отделения электролиза расплавов

Напольные металлические решетки, находящиеся под потенциалом катода электролизера, должны быть электроизолированы от несущих строительных конструкций.

В отделениях электролиза расплавов солей аммония допускается использовать в качестве электроизоляционных материалов: ацеид, асбокартон, асбест (в сухом состоянии).

ПРИЛОЖЕНИЕ Ф (справочное)

Схема электрозащиты блочной железобетонной конструкции

Схему электродренажной защиты (рисунок Ф.1, *а*) рекомендуется предусматривать для железобетонных конструкций, расположенных в знакопеременных зонах потенциалов электрифицированных рельсовых путей, в которых преобладают по величине и времени катодные значения потенциалов более 1 В.

Схему катодной защиты (рисунок Ф.1, *б*) рекомендуется предусматривать для железобетонных конструкций, расположенных в анодных зонах потенциалов электрифицированных рельсовых путей. При этом в случае необходимости глухого соединения блочных конструкций между собой соединения должны выполняться в соответствии с рисунком Ф.2.

Схему протекторной защиты (см. рисунок Ф.1, *в*) рекомендуется предусматривать для железобетонных конструкций, расположенных в знакопеременных зонах потенциалов при значениях потенциалов “рельс-земля” в пределах ±1 В.

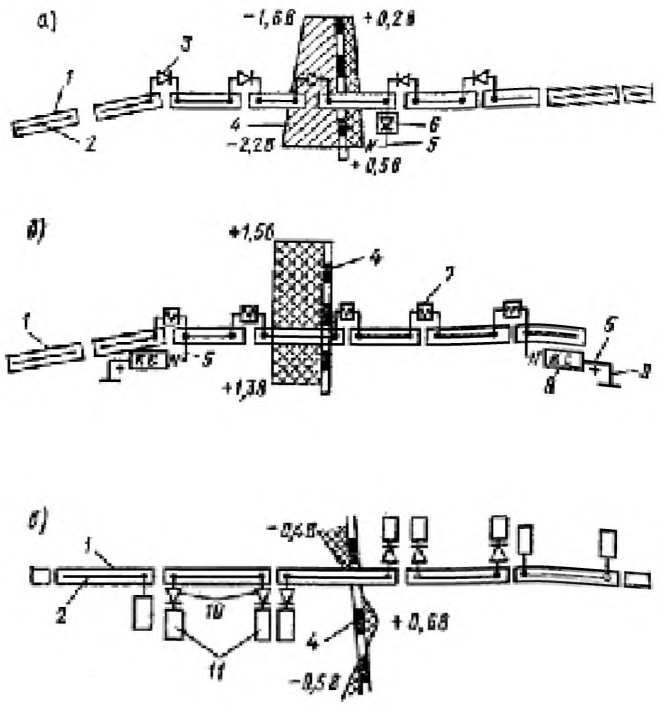


Рисунок Ф.1 – Схемы защиты блочной железобетонной конструкции

а — электродренажная защита; *б* — катодная защита; *в* — протекторная защита; *1* — отдельный железобетонный блок; *2* — арматурный каркас блока; *3* ¾ регулируемая вентильная перемычка; *4* — рельсовый путь электрифицированной железной дороги и потенциальная диаграмма; *5* — дренажный кабель; *6* — устройство электрического дренажа; *7* — регулируемая перемычка; *8* — источник постоянного тока (катодная станция); *9* — анодное заземление; *10* — диод; *11* — протектор

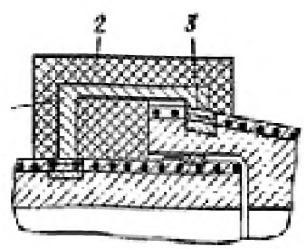


Рисунок Ф.2 – Общий вид перемычки между арматурой смежных секций труб

1 — стальная полоса 10´ 60 мм; *2* — битум марки IV; *3* — закладные части, установленные на арматурном каркасе

БИБЛИОГРАФИЯ

1 СНиП 1.02.07-87 Инженерные изыскания для строительства

2 СНиП 82-02-95 Федеральные (типовые) элементные нормы расхода цемента при изготовлении бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

3 Рекомендации по приготовлению и применению полимеррастворов на основе эпоксидных смол для защиты строительных конструкций от электрокоррозии», Свердловск, Уральский ПромстройНИИпроект, 1985.

4 ВСН 430-82 ММСС, СССР Инструкция по возведению монолитных железобетонных труб и башенных градирен.

5 ВСН 421-81 ММСС СССР Инструкция по составам, технологии изготовления и укладки кислотоупорных торкрет-штукатурок.

6 ТР 162-04 Технические рекомендации по применению железобетонных труб с внутренней полиэтиленовой оболочкой.

7 СНиП 12-03-2001 Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования.

8 СНиП 12-04-2002 Безопасность труда в строительстве. Часть 2. Строительное производство.

9 Федеральный закон от 22 июня 2008 г. №123 ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изменениями от 13 июля 2015 г.).

10 Руководство по определению экономической эффективности повышения качества и долговечности строительных конструкций М.: Стройиздат, 1981, МДС 80-1.99

11 Методические рекомендации по определению экономической эффективности защиты от коррозии в строительстве. ГУП НИИЖБ, 1983.

gost.e-ecolog.ru