

**МИНИСТЕРСТВО РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

СВОД ПРАВИЛ

СП 13330. 2016

**БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ
КОНСТРУКЦИИ ИЗ
ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ**

ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

(Проект 1-ой редакции)

Издание официальное

Москва 2016

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила разработки – постановлением Правительства Российской Федерации «О порядке разработки и утверждения сводов правил» от 19 ноября 2008 г. № 858.

Сведения о своде правил

1 ИСПОЛНИТЕЛИ – НИИЖБ им. А.А. Гвоздева – институт ОАО «НИЦ «Строительство»

2 ВНЕСЕН

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению

4 УТВЕРЖДЕН приказом

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН

Информация об изменениях к настоящему своду правил публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего свода правил соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте разработчика (Минрегион России) в сети Интернет.

© Минрегион России, 20

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

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	3
4 Общие требования к бетонным и железобетонным конструкциям	3
5 Требования к расчету бетонных и железобетонных конструкций	5
6 Материалы бетонных и железобетонных конструкций.....	6
6.1 Бетон	6
6.2 Арматура	11
7 Требования к расчету железобетонных конструкции без предварительного напряжения арматуры.....	13
7.1 Расчет элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы	13
7.2 Расчет элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы	15
8 Требования к расчету предварительно напряженных железобетонных конструкции.....	17
8.1 Предварительные напряжения арматуры.....	17
8.2 Расчет элементов предварительно напряженных железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы.....	18
8.3 Расчет предварительно напряженных элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы.....	19
9 Требования к расчету бетонных конструкций.....	20
9.1 Расчет бетонных элементов по прочности.....	20
10 Конструктивные требования.....	21
11 Требования к изготовлению, возведению и эксплуатации железобетонных конструкций	23
11.1 Бетон.....	23
11.2 Арматура.....	25
11.3 Опалубка	26
11.4 Железобетонные конструкции	27
11.5 Контроль качества.....	28

Введение

Настоящий свод правил разработан с учетом обязательных требований, установленных в Федеральных законах от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и содержит требования к расчету и проектированию бетонных и железобетонных конструкций промышленных и гражданских зданий и сооружений.

В состав положений свода правил вошли результаты проведенных ранее НИОКР «Исследование совместной работы высокопрочных бетонов и высокопрочной арматуры».

Свод правил разработан авторским коллективом НИИЖБ им. А.А. Гвоздева – института ОАО «НИЦ «Строительство» (руководитель работы – канд. техн. наук *В.В. Дьячков*; доктор техн. наук *С.А. Мадатян*, инженеры *Слышенков С.О.*, *Черныгов Е.А.*, *Климов Д.Е.*)

СВОД ПРАВИЛ**БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ.
ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Дата введения:

1 Область применения

Настоящий свод правил разработан в развитие СП 63.13330 и распространяется на проектирование бетонных и железобетонных конструкций из высокопрочного бетона зданий и сооружений различного назначения, эксплуатируемых в климатических условиях России (при систематическом воздействии температур не выше 50 °С и не ниже минус 70 °С), в среде с неагрессивной степенью воздействия.

Свод правил устанавливает требования к проектированию бетонных и железобетонных конструкций, изготавливаемых из высокопрочных тяжелого и напрягающего бетона классов В80...В150 и мелкозернистого бетона класса В80...В100.

Требования настоящего свода правил не распространяются на проектирование сталежелезобетонных конструкций, фибробетонных конструкций, сборно-монолитных конструкций, бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений, мостов, покрытий автомобильных дорог и аэродромов и других специальных сооружений, а также на конструкции, изготавливаемые из бетонов средней плотностью менее 2000 и свыше 2500 кг/м³, бетонополимеров и полимербетонов, бетонов на известковых, шлаковых и смешанных вяжущих, на гипсовом и специальных вяжущих, бетона крупнопористой структуры.

При проектировании бетонных и железобетонных конструкций, предназначенных для работы в определенных условиях эксплуатации (при повышенной влажности, повышенных температурах, в среде с агрессивной степенью воздействия и др.) должны соблюдаться дополнительные требования в соответствии с нормативной документацией.

Настоящий свод правил не содержит требования по проектированию специфических конструкций (пустотные плиты, конструкции с подрезками, капители и т.п.).

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы ссылки на следующие нормативные документы:

СП 20.13330.2011 СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия

СП

СП 22.13330.2011 СНиП 2.02.01-83* Основания зданий и сооружений

СП 28.13330.2012 СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии

СП 48.13330.2011 СНиП 12-01-2004 Организация строительства

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 70.13330.2012 СНиП 3.03.01-87 Несущие и ограждающие конструкции

СП 130.13330.2012 СНиП 3.09.01-85 Производство сборных железобетонных конструкций и изделий

ГОСТ Р 52085–2003 Опалубка. Общие технические условия

ГОСТ Р 52086–2003 Опалубка. Термины и определения

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

ГОСТ Р 54257–2010 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования

ГОСТ 7473–94 Смеси бетонные. Технические условия.

ГОСТ 8267–93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 8736–93 Песок для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 8829–94 Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости.

ГОСТ 10060.0–95 Бетоны. Методы определения морозостойкости. Основные требования.

ГОСТ 10180–2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

ГОСТ 10181–2000 Смеси бетонные. Методы испытания.

ГОСТ 10922–2012 Арматурные и закладные изделия сварные, соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Общие технические условия.

ГОСТ 12730.0–78 Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости.

ГОСТ 12730.1–78 Бетоны. Метод определения плотности.

ГОСТ 12730.5–84 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.

ГОСТ 13015–2003 Изделия железобетонные и бетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения.

ГОСТ 14098–2015 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкция и размеры.

ГОСТ 17624–87 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.

ГОСТ 18105–2010 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности

ГОСТ 22690–88 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.

ГОСТ 23732–79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия.

ГОСТ 23858–79 Соединения сварные стыковые и тавровые арматуры железобетонных конструкций. Ультразвуковые методы контроля качества. Правила приемки.

ГОСТ 24211–91 Добавки для бетонов. Общие технические требования.

ГОСТ 25192–82 Бетоны. Классификация и общие технические требования.

ГОСТ 25781–83 Формы стальные для изготовления железобетонных изделий. Технические условия.

ГОСТ 26633–91 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.

ГОСТ 27006–86 Бетоны. Правила подбора составов.

ГОСТ 28570–90 Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций.

ГОСТ 30515–97 Цементы. Общие технические условия

ГОСТ 31914-2012 Бетоны высокопрочные тяжелые и мелкозернистые для монолитных конструкций. Правила контроля и оценка качества

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован на 01 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим сводом правил следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем своде правил приняты термины и определения в соответствии с СП 63.13330.

4 Общие требования к бетонным и железобетонным конструкциям

4.1. Для обеспечения нормального функционирования бетонных и железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов в условиях эксплуатации в течение установленного срока службы зданий и сооружений железобетонные конструкции должны удовлетворять требованиям безопасности (по несущей способности), эксплуатационной пригодности, долговечности. Железобетонные конструкции также должны удовлетворять требованиям по несущей способности в процессе возведения.

4.2. Для удовлетворения требования безопасности бетонных и железобетонные конструкции из высокопрочных бетонов должны иметь такие характе-

СП

ристки, которые с надлежащей степенью надежности предотвратят разрушение конструкций при различных воздействиях.

4.3. Для удовлетворения требования эксплуатационной пригодности бетонных и железобетонные конструкции из высокопрочных бетонов должны иметь такие характеристики, которые с надлежащей степенью надежности при различных воздействиях предотвратят образование или чрезмерное раскрытие трещин, а также чрезмерные деформации, препятствующие нормальной эксплуатации (нарушение требований по охране здоровья людей и окружающей среды, требований к внешнему виду конструкции, технологических требований по нормальной работе оборудования и механизмов, конструктивных требований по совместной работе элементов и т.д.).

4.4. Для удовлетворения требований долговечности бетонных и железобетонные конструкции из высокопрочных бетонов должны иметь такие начальные характеристики, которые с надлежащей степенью надежности в течение установленного длительного времени (заданного срока службы) конструкции удовлетворяли бы требованиям безопасности и эксплуатационной пригодности при различных воздействиях.

4.5. При проектировании бетонных и железобетонных конструкций должны быть установлены вид и показатели качества бетона и арматуры с соответствующими их значениями.

Нагрузки и воздействия, срок эксплуатации (службы) сооружений, предел огнестойкости и способы защиты конструкций от коррозии железобетонных конструкций надземных и подземных сооружений устанавливаются соответствующими нормативными документами.

4.6. Расчеты бетонных и железобетонных конструкций необходимо, как правило, производить с учетом возможного образования трещин, неупругих и длительных деформаций в бетоне и арматуре.

4.7. Определение усилий и деформаций от различных воздействий в конструкциях и в образуемых ими системах зданий и сооружений следует производить по общим правилам строительной механики, как правило, с учетом их совместной работы, физической и геометрической нелинейности работы конструкций в системе.

4.8. Расчеты железобетонных конструкций в общем случае следует производить для двух стадий работы конструкций, связанных с состоянием бетона:

I. До приобретения бетоном в конструкции требуемой прочности – на воздействие массы этого бетона и технологических нагрузок на данном этапе возведения конструкции;

II. После приобретения бетоном в конструкции требуемой прочности – на воздействие как технологических, так и эксплуатационных нагрузок.

4.9. Рассчитывать железобетонную конструкцию следует на действие изгибающих моментов, продольных и поперечных сил и крутящих моментов, возникающих в конструкциях от различных воздействий, а также на действие

местной нагрузки.

4.10. Расположение температурно-усадочных швов и границ захваток (технологических швов) при бетонировании в проектируемых конструкциях должно назначаться по расчету. Это связано с необходимостью обеспечить термическую трещиностойкость при перепадах температуры окружающей среды и в конструкциях.

5 Требования к расчету бетонных и железобетонных конструкций

5.1 Расчеты бетонных и железобетонных конструкций следует производить по методу предельных состояний, включающему:

- предельные состояния первой группы (по пригодности к эксплуатации без потери несущей способности);
- предельные состояния второй группы (по пригодности к нормальной эксплуатации без образования или чрезмерного раскрытия трещин, появления недопустимых деформаций и др.).

5.2 Расчеты по предельным состояниям первой группы должны включать расчеты по прочности.

5.3 Расчеты по предельным состояниям второй группы должны включать расчеты по образованию и раскрытию трещин и по деформациям.

5.4 С необходимой надежностью расчеты должны гарантировать от наступления предельных состояний конструкций.

Кроме того, в необходимых случаях по соответствующим нормативным документам следует производить расчеты по огнестойкости, теплопроводности, звукоизоляции, обеспечивающие нормальные условия жизнедеятельности.

5.5 При проектировании бетонных и железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов классов В80-В150 надежность конструкций устанавливают полуметодом расчета путем использования расчетных значений нагрузок и воздействий, расчетных характеристик бетона и арматуры, определяемых с помощью частных коэффициентов надежности по нормативным значениям этих характеристик, с учетом уровня ответственности здания или сооружения.

5.6 Нормативные значения нагрузок и воздействий, значения коэффициентов надежности по нагрузке, а также коэффициентов надежности по ответственности конструкций устанавливают соответствующие нормативные документы для строительных конструкций.

Расчетные значения нагрузок и воздействий принимают в зависимости от вида расчетного предельного состояния и расчетных ситуаций.

Нормативные значения характеристик материалов определяют с учетом изменчивости свойств материалов.

Уровень надежности расчетных значений характеристик материалов устанавливают в зависимости от опасности достижения соответствующего предельного состояния и регулируют значением коэффициента надежности по

СП

бетону и арматуре.

5.7 Расчет бетонных и железобетонных конструкций из высокопрочных и конструкционных можно производить по заданному значению надежности на основе полного вероятностного расчета с учетом изменчивости основных факторов, входящих в расчетные зависимости.

5.8 При проектировании бетонных и железобетонных конструкций необходимо выполнять конструктивные требования по геометрическим параметрам элементов конструкций, по армированию и по защите конструкций от неблагоприятного воздействия среды эксплуатации.

6 Материалы для бетонных и железобетонных конструкций

6.1 Бетон

6.1.1 Для бетонных и железобетонных конструкций, проектируемых в соответствии с требованиями настоящего свода правил, следует предусматривать следующие высокопрочные конструкционные бетоны:

- тяжелый средней плотности от 2350 до 2500 кг/м³ включительно;
- мелкозернистый средней плотности от 2000 до 2350 кг/м³ включительно;
- напрягающий.

6.1.2 При проектировании железобетонных конструкций в зависимости от их назначения и условий работы следует устанавливать показатели качества бетона, основными из которых являются:

- а) класс по прочности на сжатие B ;
- б) класс по прочности на осевое растяжение B_t (назначают в случаях, когда эта характеристика имеет главенствующее значение и контролируется на производстве);
- в) марка по морозостойкости F (должна назначаться для конструкций, подвергающихся в увлажненном состоянии действию попеременного замораживания и оттаивания);
- г) марка по водонепроницаемости W (должна назначаться для конструкций, к которым предъявляются требования ограничения проницаемости);
- д) марка по самонапряжению S_p – для напрягающих бетонов

6.1.3 Для железобетонных конструкций следует предусматривать бетоны следующих классов и марок, приведенных в таблицах 6.1–6.5.

Т а б л и ц а 6.1 – Классы бетона по прочности на сжатие

Бетон	Классы по прочности на сжатие
Тяжелый бетон	B80; B90; B100; B110; B120; B130; B140; B150
Мелкозернистый бетон	B80; B90; B100
Напрягающий бетон	B80; B90; B100; B110; B120; B130; B140; B150

Т а б л и ц а 6.2 – Классы бетона по прочности на осевое растяжение

Бетон	Класс прочности на осевое растяжение
Тяжелый, напрягающий и мелкозернистый бетоны	B ₇ 2,0; B ₇ 2,4; B ₇ 2,8; B ₇ 3,2; B ₇ 3,6; B ₇ 4,0; B ₇ 4,4; B ₇ 4,8

Т а б л и ц а 6.3 – Марки бетона по морозостойкости

Бетон	Марки по морозостойкости
Тяжелый, напрягающий и мелкозернистый бетоны	F150; F200; F300; F400; F500; F600; F700; F800; F1000

Т а б л и ц а 6.4 – Марки бетона водонепроницаемости

Бетон	Марки по водонепроницаемости
Тяжелый, напрягающий и мелкозернистый бетоны	W8; W10; W12; W14; W16; W18; W20

Т а б л и ц а 6.5 – Марки бетона по самоупрочнению

Бетон	Марки по самоупрочнению
Напрягающий бетон	S _{p0,6} ; S _{p0,8} ; S _{p1} ; S _{p1,2} ; S _{p1,5} ; S _{p2} ; S _{p3} ; S _{p4}

6.1.5 Возраст бетона, отвечающий его классу по прочности на сжатие и осевое растяжение, назначается при проектировании исходя из возможных реальных сроков загрузки конструкции проектными нагрузками, способа возведения, условий твердения бетона. При отсутствии этих данных класс бетона устанавливается в возрасте 28 сут.

Значение нормируемых отпускной и передаточной прочности бетона в элементах сборных конструкций следует назначать в соответствии с ГОСТ 13015 и стандартами на конструкции конкретных видов.

Передаточную прочность бетона R_{bp} (прочность бетона к моменту его обжатия, контролируемая аналогично классу бетона по прочности на сжатие) следует назначать не менее 50 % принятого класса бетона по прочности на сжатие.

6.1.6 Мелкозернистый бетон без специального экспериментального обоснования не допускается применять для железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию многократно повторяющейся нагрузки.

6.1.7 Нормативными сопротивлениями бетона являются сопротивление осевому сжатию призм (призменная прочность) R_{bn} и сопротивление осевому растяжению R_{btm} .

Нормативные значения сопротивления бетона осевому сжатию (призменная прочность) и осевому растяжению (при назначении класса бетона на прочность на сжатие) принимают в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие В согласно таблице 6.7.

СП

6.1.8 Расчетные сопротивления бетона для предельных состояний первой R_b , R_{bt} и второй $R_{b,ser}$, $R_{bt,ser}$ групп определяются делением нормативных сопротивлений на соответствующие коэффициенты надежности по бетону при сжатии γ_b или растяжении γ_{bt} , принимаемые для основных видов бетона по таблице 6.6.

Т а б л и ц а 6.6

Вид бетона	Коэффициенты надежности по бетону при сжатии и растяжении γ_b и γ_{bt} для расчета конструкций по предельным состояниям			
	Первой группы			Второй группы γ_b и γ_{bt}
	γ_b	γ_{bt} при назначении класса бетона по прочности		
		на сжатие	на растяжение	
Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий бетон	1,3	1,5	1,3	1,0

Расчетные значения сопротивления бетона осевому сжатию R_b и осевому растяжению R_{bt} определяют по формулам:

$$R_b = \frac{R_{b,n}}{\gamma_b}; \quad (6.1)$$

$$R_{bt} = \frac{R_{bt,n}}{\gamma_{bt}}. \quad (6.2)$$

Расчетные значения сопротивления бетона R_b , R_{bt} , $R_{b,ser}$, $R_{bt,ser}$ (с округлением) в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие и осевое растяжение приведены: для предельных состояний первой группы – в таблицах 6.8, 6.9, второй группы – в таблице 6.7.

Т а б л и ц а 6.7

Вид	Бетон	Нормативные сопротивления бетона $R_{b,n}$ и $R_{bt,n}$ МПа, и расчетные сопротивления бетона для предельных состояний второй группы R_{ser} и $R_{bt,ser}$ МПа при классе высокопрочного бетона по прочности на сжатие							
		В80	В90	В100	В110	В120	В130	В140	В150
Сжатие осевое (призменная прочность) $R_{b,n}$ и $R_{b,ser}$	Тяжелый и напрягающий	57	64	71	78	85	92	99	106
	Мелкозернистый	57	64	71	-	-	-	-	-
Растяжение осевое $R_{bt,n}$ и $R_{bt,ser}$	Тяжелый и напрягающий	3,30	3,60	3,8	4,00	4,20	4,40	4,60	4,80
	Мелкозернистый	3,30	3,60	3,8	-	-	-	-	-

Примечание:
Для напрягающего бетона значения $R_{bt,n}$ и $R_{bt,ser}$ следует принимать с умножением на коэффициент 1,2.

6.1.9 Расчетные значения прочностных характеристик бетона принимаются с учетом коэффициентов условия работы γ_{bi} , учитывающие особенности работы бетона в конструкции (вид бетона, характер нагрузки, условия окружающей среды и т.д.), приведенные в таблице 6.10.

Т а б л и ц а 6.8

Вид	Бетон	Расчетные сопротивления бетона R_b и R_{bt} МПа для предельных состояний первой группы при классе высокопрочного бетона по прочности на сжатие							
		B80	B90	B100	B110	B120	B130	B140	B150
Сжатие осевое (призменная прочность) R_b	Тяжелый и напрягающий	41	44	47,5	50	52	54	55,5	57
	Мелкозернистый	41	44	47,5	-	-	-	-	-
Растяжение осевое R_{bt}	Тяжелый и напрягающий	2,1	2,15	2,2	2,2	2,25	2,25	2,25	2,25
	Мелкозернистый	2,1	2,15	2,2	-	-	-	-	-

Примечание:
 1. Для высокопрочных бетонов класса B80-B150 расчетные значения сопротивления осевому сжатию R_b и осевому растяжению R_{bt} приняты с учетом понижающего коэффициента $\gamma_{b,br}$, учитывающего увеличение хрупкости высокопрочных бетонов в связи с уменьшением деформаций ползучести и равного $(360-B)/300$, где B - класс бетона по прочности на сжатие.
 2. Для напрягающего бетона значения R_{bt} следует принимать с умножением на коэффициент 1,2.

Т а б л и ц а 6.9

Вид сопротивления	Расчетные значения сопротивления бетона для предельных состояний первой группы R_{bt} , МПа, при классе бетона по прочности на осевое растяжение							
	$B_t 2,0$	$B_t 2,4$	$B_t 2,8$	$B_t 3,2$	$B_t 3,6$	$B_t 4,0$	$B_t 4,4$	$B_t 4,8$
Растяжение осевое R_{bt}	1,55	1,85	2,15	2,45	2,75	3,05	3,35	3,7

6.1.10 Основными деформационными характеристиками бетона являются значения предельных относительных деформаций бетона при осевом сжатии и растяжении при однородном напряженном состоянии бетона (ε_{b0} и ε_{bt0}), начального модуля упругости (E_b), модуля сдвига (G), коэффициента (характеристики) ползучести ($\varphi_{b,cr}$), коэффициента поперечной деформации бетона (коэффициента Пуассона) ($\nu_{b,P}$), коэффициента линейной температурной деформации бетона α_{bt} .

6.1.11 Значения предельных относительных деформаций для тяжелого и мелкозернистого бетона:

Для тяжелого и мелкозернистого бетона:

– при непродолжительном действии нагрузки:

$\varepsilon_{b0} = 0,002$ при осевом сжатии;

СП

$\varepsilon_{bt0} = 0,0001$ при осевом растяжении;

– при продолжительном действии нагрузки значения принимаются по таблице 6.10 СП 63.13330.

Т а б л и ц а 6.10

Факторы, обуславливающие введение коэффициента условий работы бетона	Коэффициент условий работы бетона	
	условное обозначение	числовое значение
1. Длительность действия нагрузки: - при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки - при продолжительном действии нагрузки	γ_{b1}	1,00 0,90
2. Бетонирование в вертикальном положении (высота слоя бетонирования свыше 1,5 м) для бетона:	γ_{b2}	0,85
3. Коэффициент, принимаемый для высокопрочных бетонов класса В80-В150, учитывающий увеличение хрупкости высокопрочных бетонов в связи с уменьшением деформаций ползучести, вводимый к расчетным значениям сопротивлений R_b и R_{bt} и учитывающий влияние длительности действия статической нагрузки	$\gamma_{b\ br}$	$\frac{360 - B}{300}$

6.1.12 Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении принимают в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие В согласно таблице 6.11. Значения модуля сдвига бетона принимают равным $0,4E_b$.

При продолжительном действии нагрузки значения модуля деформаций бетона определяют по формуле

$$E_{b,\tau} = \frac{E_b}{1 + \varphi_{b,cr}}, \quad (6.3)$$

где $\varphi_{b,cr}$ – коэффициент ползучести бетона, принимаемый согласно 6.1.13.

Т а б л и ц а 6.11

Бетон	Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении E_b , МПа · 10 ⁻³ при классе бетона по прочности на сжатие							
	В80	В90	В100	В110	В120	В130	В140	В150
Тяжелый	42	42,5	43	43,5	44,0	44,5	45,0	45,5
Мелкозернистый	34,5	36,0	37,5	-	-	-	-	
Примечания: 1. Для напрягающего бетона значения E_b принимаются как для тяжелого бетона с умножением на коэффициент $\alpha = 0,56 + 0,006B$								

6.1.13 Значения коэффициента ползучести для тяжелого и мелкозернистого бетона $\varphi_{b,cr}$ принимают в зависимости от условий окружающей среды (относительной влажности воздуха) и принимают равными:

1,0 – при относительной влажности воздуха окружающей среды более 75%;

1,4 – при относительной влажности воздуха окружающей среды 40–75%;

2,0 – при относительной влажности воздуха окружающей ниже 40.

6.1.14 Значение коэффициента поперечной деформации бетона $\nu_{b,P} = 0,2$.

6.1.15 Для тяжелого, мелкозернистого и напрягающего бетонов значение коэффициента линейной температурной деформации бетона при изменении температуры от минус 40 °С до плюс 50 °С следует принимать $\alpha_{bt} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

6.1.16 Расчет железобетонных конструкций из высокопрочного бетона по нелинейной деформационной модели железобетонных конструкций может быть проведен по диаграммам состояния бетона. В качестве диаграмм применяются любые диаграммы определяющие связь между напряжениями и деформациями, с обязательным обозначением основных параметрических точек (максимальные напряжения и соответствующие им деформации и др.).

Для тяжелых и мелкозернистых бетонов могут быть приняты упрощенные диаграммы - трехлинейная и двухлинейная диаграммы по типу диаграмм Прандтля в соответствии с методикой, изложенной в СП 63.13330. При этом значения относительных деформаций ε_{b2} для тяжелого и мелкозернистого бетонов принимают при непродолжительном действии нагрузки:

- для высокопрочных бетонов класса по прочности на сжатие В80–В150 ε_{b2} принимается по линейному закону от 0,0032 при В80 до 0,0025 при В150.

6.2 Арматура

6.2.1 При проектировании конструкций и элементов зданий и сооружений из высокопрочных бетонов для их армирования следует применять арматуру, отвечающую требованиям соответствующих действующих стандартов или технических условий.

6.2.2 Нормативные и расчетные характеристики применяемой арматуры следует принимать в соответствии с положениям раздела 6.2 Арматура СП 63.13330 со следующими дополнениями:

Для железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры в качестве устанавливаемой по расчету арматуры наряду с указанными классами в п. 6.2.4. СП 63.13330 арматуры следует так же применять термомеханически упрочненную арматуру периодического профиля класса Ан600С[1], в том числе и в сварных сетках и каркасах.

Для предварительно напряженных железобетонных конструкций следует предусматривать в качестве напрягаемой арматуры наряду с указанными классами в п. 6.2.4. СП 63.13330:

- термомеханически упрочненную арматуру периодического профиля класса Ан600С[1];

- арматурные канаты (К7, К7Т и К7О) классов К1450 – К1920 по ГОСТ Р

СП
53772.

6.2.3 При расчетной температуре ниже минус 55 °С рекомендуется использовать арматуру класса Ас500С [2] и Аn600С из стали марки 20Г2СФБА[1].

6.2.4 Расчетные значения сопротивления арматуры новых классов растяжению R_s приведены (с округлением) для предельных состояний первой группы в таблице 6.13, второй группы – в таблице 6.12. При этом значения $R_{s,n}$ для предельных состояний первой группы приняты равными наименьшим контролируемым значениям по соответствующим стандартам.

Для арматуры класса Аn600С граничное значение сопротивления сжатию принимается без понижающего коэффициента условий работы.

6.2.5 При применении арматуры класса Аn600С в качестве поперечной расчетные значения сопротивления R_{sw} следует принимать не более 300 МПа.

Т а б л и ц а 6.12

Класс арматуры	Номинальный диаметр арматуры, мм	Нормативные значения сопротивления растяжению $R_{s,n}$ и расчетные значения сопротивления растяжению для предельных состояний второй группы $R_{s,ser}$, МПа	
Аn600С	6–40		650
К1450	15,2		1450
К1550	6,9–18		1550
К1600	15,2		1600
К1650	6,9-15,7		1650
К1740	9; 9,3		1740
К1840	6,9		1840
К1920	6,9		1920

Т а б л и ц а 6.13

Класс арматуры	Значения расчетного сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, МПа	
	растяжению R_s	сжатию R_{sc}
Аn600С	560	500(400)
К1450	1260	500(400)
К1550	1345	500(400)
К1600	1390	500(400)
К1650	1435	500(400)
К1740	1510	500(400)
К1840	1600	500(400)
К1920	1670	500(400)

П р и м е ч а н и е – Значения R_{sc} в скобках используют только при расчете на кратковременное действие нагрузки.

6.2.6 При расчете железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели в качестве расчетной диаграммы состояния (деформирования) арматуры, устанавливающей связь между напряжениями σ_s и относительными деформациями ε_s арматуры, принимают упрощенные диаграммы по СП 63.13330 для арматуры с физическим пределом текучести классов А240 – А600, Ан600С, В500 двухлинейную диаграмму, а для арматуры с условным пределом текучести классов А800 – А1000, В_p1200 – В_p1500, К1400 – К1920 – трехлинейную без учета упрочнения за площадкой текучести.

Диаграммы состояния арматуры при растяжении и сжатии принимают одинаковыми, с учетом нормируемых расчетных сопротивлений арматуры растяжению и сжатию.

Допускается в качестве расчетных диаграмм состояния арматуры использовать криволинейные расчетные диаграммы, аппроксимирующие фактические диаграммы деформирования арматуры.

7 Требования к расчету железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры

7.1 Расчет элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы

7.1.1 Железобетонные элементы следует рассчитывать по прочности на действие изгибающих моментов, крутящих моментов, поперечных сил, продольных сил и на местное действие нагрузки (продавливание, местное сжатие).

7.1.2 При действии изгибающих моментов и продольных сил (внецентренное сжатие или растяжение) следует производить расчет по прочности железобетонных элементов для сечений, нормальных к их продольной оси.

Расчет по прочности нормальных сечений железобетонных элементов следует производить на основе нелинейной деформационной модели согласно п. 8.1.20 – 8.1.30 СП 63.13330.

Допускается производить расчет на основе предельных усилий следующих элементов:

- железобетонных элементов прямоугольного, двутаврового и таврового сечений с арматурой, расположенной у перпендикулярных плоскости изгиба граней элемента, при действии усилий в плоскости симметрии нормальных сечений согласно п. 8.1.4 – 8.1.16 СП 63.13330;

- внецентренно сжатых элементов круглого и кольцевого поперечных сечений – по указаниям приложения Г СП 63.13330.

7.1.3 При расчете внецентренно сжатых элементов в соответствии п. 8.1.2 СП 63.13330 следует учитывать влияние прогиба на их несущую способность, как правило, путем расчета конструкций по деформированной схеме.

СП

7.1.4 В железобетонных элементах, в которых предельное усилие по прочности оказывается меньше предельного усилия по образованию трещин (пп. 8.2.8 – 8.2.14 СП 63.13330), площадь сечения продольной растянутой арматуры должна быть увеличена не менее чем на 15% по сравнению с требуемой из расчета по прочности или определена из расчета по прочности на действие предельного усилия по образованию трещин.

7.1.5 Расчет по прочности нормальных сечений по предельным усилиям следует проводить в соответствии с требованиями п. 8.1.4-8.1.7 СП 63.13330, со следующими дополнениями:

- Значение ξ_R следует определять по формуле:

$$\xi_R = \frac{x_R}{h_0} = \frac{0,8}{1 + \frac{\varepsilon_{s,el}}{\varepsilon_{b2}}}, \quad (7.1)$$

где $\varepsilon_{s,el}$ – относительная деформация растянутой арматуры при напряжениях, равных R_s

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s}{E_s}; \quad (7.2)$$

ε_{b2} – относительная деформация сжатого бетона при напряжениях, равных R_b , принимаемая в соответствии с указаниями 6.1.16 настоящего свода правил.

Для тяжелого бетона классов В80-В100 и для мелкозернистого бетона в числителе формулы (7.1) вместо 0,8 следует принимать 0,7, а для тяжелого бетона классов В110 – В150 следует принимать 0,65.

7.1.6 Расчет по прочности внецентренно сжатых элементов следует проводить в соответствии с требованиями п. 8.1.14-8.1.17 СП 63.13330, со следующими дополнениями:

– предельное значение продольной силы, которую может воспринять элемент, следует определять по формуле

$$N_{ult} = \varphi \cdot (R_b \cdot A + R_{sc} \cdot A_{s,tot}). \quad (7.3)$$

где A – площадь бетонного сечения;

$A_{s,tot}$ – площадь всей продольной арматуры в сечении элемента;

φ – коэффициент, принимаемый для бетонов класса В80-В150 при длительном действии нагрузки по таблице 7.1 в зависимости от гибкости элемента; при кратковременном действии нагрузки значения φ определяют по линейному закону, принимая $\varphi=0,9$ при $\frac{l_0}{h}=10$ и $\varphi=0,85$ при $\frac{l_0}{h}=20$.

Т а б л и ц а 7.1

Класс бетона	φ при l_0/h , равном			
	6	10	15	20
В80 – В90	0,90	0,88	0,79	0,64
В100 – В110	0,89	0,87	0,78	0,63
В120 – В130	0,88	0,86	0,77	0,62
В140 – В150	0,87	0,85	0,76	0,61

7.1.7 Расчет по прочности центрально и внецентренно растянутых элементов следует проводить в соответствии с требованиями п. 8.1.18-8.1.19 СП 63.13330.

7.1.8 Расчет по прочности железобетонных элементов при действии поперечных сил следует проводить в соответствии с требованиями п. 8.1.31-8.1.35 СП 63.13330.

7.1.9 Расчет по прочности железобетонных элементов при действии крутящих моментов следует проводить в соответствии с требованиями п. 8.1.36-8.1.42 СП 63.13330.

7.1.10 Расчет по прочности железобетонных элементов на местное сжатие (смятие) производят при действии сжимающей силы, приложенной на ограниченной площади нормально к поверхности железобетонного элемента в соответствии с требованиями п. 8.1.43-8.1.45 СП 63.13330.

7.1.11 Расчет по прочности железобетонных элементов на продавливание следует производить в соответствии с требованиями п. 8.1.46-8.1.52 СП 63.13330 для плоских железобетонных элементов (плит) при действии на них (нормально к плоскости элемента) местных, концентрированно приложенных усилий – сосредоточенных силы и изгибающего момента.

7.1.12 Расчет по прочности плоскостных железобетонных элементов (плоских плит перекрытий, покрытий и фундаментных плит) следует производить в соответствии с требованиями п. 8.1.53-8.1.58 СП 63.13330, как расчет плоских выделенных элементов на совместное действие изгибающих моментов в направлении взаимно перпендикулярных осей и крутящих моментов, приложенных по боковым сторонам плоского выделенного элемента, а также на действие продольных и поперечных сил, приложенных по боковым сторонам плоского элемента.

7.2 Расчет элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы

7.2.1 Расчеты железобетонных конструкций из высокопрочного бетона по предельным состояниям второй группы (расчет элементов по образованию и ширине раскрытия трещин нормальных к продольной оси элемента, по проги-

СП

бам и деформациям) следует проводить в соответствии с положениями СП 63.13330 со следующими дополнениями.

7.2.2 Расчет железобетонных элементов по раскрытию трещин проводят из условия, по которому ширина раскрытия трещин в элементах не должна превышать предельно допустимых значений.

Под непродолжительном раскрытием трещин понимается их раскрытие при совместном действии постоянных длительных и кратковременных нагрузок, а под продолжительном - только постоянных и длительных нагрузок. При этом понимают коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f=1$, а расчетные значения сопротивления материалов с коэффициентом надежности по бетону и арматуре $\gamma_b = \gamma_s=1$ (расчетные значения сопротивлений для предельных состояний второй группы).

Если в элементах трещины не образуются то расчет по непродолжительному и продолжительному раскрытию трещин не проводят.

7.2.3 Расчет железобетонных элементов из высокопрочных бетонов классов В80 - В150 по деформациям проводят из условия, по которому прогибы, перемещения и углы поворота от различных воздействий не должны превышать предельно допустимых значений, установленных в проектной документации и СП 20.13330, а также специальных требований проектной документации.

Расчет деформаций железобетонных конструкций проводят:

- как для сплошного тела, если трещины не образуются;
- с учетом трещин в тех случаях, когда трещины образуются.

Расчет по деформациям проводят при ограничении:

- технологическими или конструктивными требованиями - на действие постоянных, длительных и кратковременных нагрузок;
- эстетическими требованиями - на действие постоянных и длительных нагрузок.

При этом принимают коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f=1$, а расчетные значения сопротивления материалов с коэффициентом надежности по бетону и арматуре $\gamma_b = \gamma_s=1$ (расчетные значения сопротивления для предельных состояний второй группы).

7.2.4 В пункте 8.2.6 СП 63.13330 значения предельно допустимой ширины раскрытия трещин $a_{cr,ult}$ принимают равными:

а) из условия обеспечения сохранности арматуры классов А240... А600, А_н600С, В500:

0,3 мм – при продолжительном раскрытии трещин;

0,4 мм – при непродолжительном раскрытии трещин;

классов А_н600С, А600, А800, А1000, В_р1200-В_р1400, К 1400...1920 диаметром 12 мм и выше:

0,2 мм – при продолжительном раскрытии трещин;

0,3 мм – при непродолжительном раскрытии трещин;

классов В_р1500, К1500...1650 диаметром до 9,3 мм:

0,1 мм – при продолжительном раскрытии трещин;

0,2 мм – при непродолжительном раскрытии трещин;

б) из условия ограничения проницаемости конструкций

0,2 мм – при продолжительном раскрытии трещин;

0,3 мм – при непродолжительном раскрытии трещин.

7.2.5 При расчете железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы прочностные и деформационные характеристики материалов принимают в соответствии с СП 63.13330 с учетом требований п. 6.1 и 6.2 настоящего свода правил.

7.2.6 В пункте 8.2.26 СП 63.13330 при определении жесткости значения модуля деформации бетона принимают равными:

- при непродолжительном действии нагрузки

$$E_{b1} = 0,85 \cdot E_b ; \quad (7.4)$$

- при продолжительном действии нагрузки

$$E_{b1} = E_{b\tau} = \frac{E_b}{1 + \varphi_{b,cr}} , \quad (7.5)$$

где $\varphi_{b,cr}$ – принимают в соответствии с п. 6.1.13 настоящего свода правил

8 Требования к расчету предварительно напряженных железобетонных конструкций

Расчет предварительно напряженных конструкций следует проводить в соответствии с требованиями СП 63.13330 с учетом указаний, приведенных ниже.

8.1 Предварительные напряжения арматуры

8.1.1 Предварительные напряжения арматуры следует принимать в соответствии с требованиями п. 9.1.1-9.1.12 СП 63.13330 с учетом следующих дополнений.

8.1.2 При расчете конструкций из высокопрочного бетона в соответствии с п. 9.1.3 СП 63.13330 потери от релаксации напряжений в арматуре следует определять по формулам:

- для арматуры классов А600 – А1000 при способе натяжения:

$$\text{механическом} - \Delta\sigma_{sp1} = 0,1\sigma_{sp} - 20 ; \quad (8.1)$$

$$\text{электротермическом} - \Delta\sigma_{sp1} = 0,03\sigma_{sp} ; \quad (8.2)$$

- для арматуры классов В_p1200 – В_p1500, и арматурных канатов класса К 1400 - К 1920 при способе натяжения:

$$\text{механическом} - \Delta\sigma_{sp1} = \left(0,22 \frac{\sigma_{sp}}{R_{s,n}} - 0,1\right) \cdot \sigma_{sp} ; \quad (8.3)$$

СП

$$\text{электротермическом} - \Delta\sigma_{sp1} = 0,05\sigma_{sp}. \quad (8.4)$$

Здесь σ_{sp} принимается без потерь в МПа (мегапаскалях).

8.1.3 В формуле 9.8 СП 6313330 потери от усадки для высокопрочного бетона при натяжении арматуры на упоры следует определять по формуле:

$$\Delta\sigma_{sp5} = \varepsilon_{b,sh} \cdot E_s, \quad (8.5)$$

где $\varepsilon_{b,sh}$ – деформации усадки бетона, значения которых следует при принимать 0,0003 – для бетона классов В80 и выше.

Для бетона, подвергнутого тепловой обработке при атмосферном давлении, потери от усадки бетона $\Delta\sigma_{sp5}$ вычисляются по формуле 9.8 СП 63.13330 с умножением полученного результата на коэффициент, равный 0,85.

Потери от усадки бетона $\Delta\sigma_{sp5}$ при натяжении арматуры на бетон определяются по формуле 9.8 СП 63.13330 с умножением полученного результата независимо от условий твердения бетона на коэффициент, равный 0,75.

Допускается потери от усадки бетона определять более точными методами.

8.1.4 При определении потерь от ползучести в соответствии с формулой 9.9 СП 63.13330.2012 коэффициент ползучести бетона $\varphi_{b,cr}$ следует определять согласно положений раздела 6.1 настоящего свода правил.

8.2 Расчет элементов предварительно напряженных железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы

8.2.1 Расчет предварительно напряженных элементов из высокопрочного железобетона для стадии эксплуатации на действие изгибающих моментов и поперечных сил от внешних нагрузок и для стадии предварительного обжата на действие усилий от предварительного натяжения арматуры и усилий от внешних нагрузок, действующих в стадии обжата должны проводиться в соответствии с положениями п. 9.2 СП 63.13330 со следующими дополнениями.

8.2.2 В п. 9.2.11 СП 63.13330 величину ξ_R следует определять с учетом положений пункта 7.1.5 настоящего свода правил.

8.2.3 Расчет по прочности нормальных сечений на основе нелинейной деформационной модели следует определять с использованием основных положений, указанных в п. 9.2.13 – 9.2.15 СП 63.13330.

8.2.4 При выполнении расчетов напряженных железобетонных конструкций из высокопрочного бетона по предельным состояниям первой группы расчетные и деформационные характеристики материалов принимают в соответствии с разделами 6.1 и 6.2 настоящего свода правил.

8.3 Расчет предварительно напряженных элементов железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы

Общие положения

8.3.1 Расчеты по предельным состояниям второй группы включают:

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

8.3.2 Расчет по образованию трещин следует производить когда требуется обеспечить отсутствие трещин, а также как вспомогательный при расчете по раскрытию трещин и по деформациям.

Требования по отсутствию трещин предъявляют к предварительно напряженным конструкциям, у которых при полностью растянутом сечении должна быть обеспечена непроницаемость (находящихся под давлением жидкости или газов, испытывающих воздействие радиации и т.п.), к уникальным конструкциям, а также к конструкциям при воздействии средне и сильноагрессивной среды.

8.3.3 При расчете по образованию трещин в целях их недопущения коэффициент надежности по нагрузке принимают $\gamma_f > 1,0$ (как при расчете по прочности). При расчете по раскрытию трещин и по деформациям (включая вспомогательный расчет по образованию трещин) принимают коэффициент надежности по нагрузке $\gamma_f = 1,0$.

8.3.4 Расчет изгибаемых предварительно напряженных элементов по предельным состояниям второй группы производят как при внецентренном сжатии на совместное действие усилий от внешней нагрузки M и продольной силы N_p , равной усилию предварительного обжатия P .

8.3.5 Расчет железобетонных конструкций из высокопрочного бетона должен проводиться в соответствии с положениями СП 63.13330 со следующими дополнениями.

8.3.6 Расчет предварительно напряженных изгибаемых элементов из высокопрочного железобетона по раскрытию трещин следует проводить исходя из общих положений, указанных в разделах 8.2 и п. 9.3.6-9.3.10 СП 63.13330 и п. 7.2 настоящего свода правил.

8.3.7 Расчет ширины раскрытия трещин, нормальных к продольной оси элемента следует проводить в соответствии с положениями, указанными в п. 9.3.11 СП 63.13330.

8.3.8 Расчет предварительно напряженных элементов по деформациям производят согласно указаний п. 8.2.19 – 8.2.32 СП 63.13330 и с учетом дополнительных указаний п. 9.3.13 – 9.3.15 СП 63.13330.

8.3.9 Определение кривизны предварительно напряженных элементов на основе нелинейной деформационной модели следует производить согласно указаний п. 9.3.16 СП 63.13330.

СП

8.3.10 При выполнении расчетов напряженных железобетонных конструкции из высокопрочного бетона по предельным состояниям второй группы расчетные и деформационные характеристики материалов принимают в соответствии с разделами 6.1 и 6.2 настоящего свода правил.

9 Требования к расчету бетонных конструкций

9.1 Расчет бетонных элементов по прочности

9.1.1 Конструкции рассматривают как бетонные, если их прочность обеспечена одним только бетоном.

Бетонные элементы применяют:

а) преимущественно на сжатие при расположении продольной сжимающей силы в пределах поперечного сечения элемента;

б) в отдельных случаях в конструкциях, работающих на сжатие при расположении продольной сжимающей силы за пределами поперечного сечения элемента, а также в изгибаемых конструкциях, когда их разрушение не представляет непосредственной опасности для жизни людей и сохранности оборудования.

Конструкции с арматурой, площадь сечения которой меньше минимально допустимой по конструктивным требованиям п.10.3 СП 63.13330, рассматривают как бетонные.

9.1.2 Бетонные элементы следует рассчитывать по прочности на действие продольных сжимающих сил, изгибающих моментов и поперечных сил, а также на местное сжатие в соответствии с требованиями п. 7.1.1 – 7.1.6 СП 63.13330.

9.1.3 Расчет внецентренно сжатых бетонных элементов по предельным усилиям следует выполнять в соответствии с требованиями п. 7.1.7 – 7.1.11 СП 63.13330.

9.1.4 При расчете по прочности внецентренно сжатых бетонных элементов на действие сжимающей продольной силы следует учитывать случайный эксцентриситет e_a , принимаемый не менее:

1/600 длины элемента или расстояния между его сечениями, закрепленными от смещения;

1/30 высоты сечения;

10 мм.

Для элементов статически неопределимых конструкций значение эксцентриситета продольной силы относительно центра тяжести приведенного сечения e_0 принимают равным значению эксцентриситета, полученного из статического расчета, но не менее e_a .

Для элементов статически определимых конструкций эксцентриситет e_0 принимают равным сумме эксцентриситетов – из статического расчета конструкций и случайного.

9.1.5 Расчет изгибаемых бетонных элементов по предельным усилиям следует производить в соответствии с требованиями п. 7.1.12 СП63.13330.

10 Конструктивные требования

10.1 Общие положения

10.1.1 Для обеспечения безопасности и эксплуатационной пригодности бетонных и железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов помимо требований к расчету следует также выполнять конструктивные требования к геометрическим размерам и армированию.

Конструктивные требования устанавливаются для тех случаев, когда:

- расчетом не представляется возможным достаточно точно и определенно полностью гарантировать сопротивление конструкции внешним нагрузкам и воздействиям;

- конструктивные требования определяют граничные условия, в пределах которых могут быть использованы принятые расчетные положения;

- конструктивные требования обеспечивают выполнение технологии изготовления бетонных и железобетонных конструкций.

10.2 Требования к геометрическим размерам следует принимать в соответствии с п. 10.2.1-10.2.3 СП 63.13330.

10.3 Требования к армированию железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов следует принимать в соответствии с п. 10.3 СП 63.13330 со следующими дополнениями:

10.3.1 В железобетонных линейных конструкциях и плитах наибольшие расстояния между осями стержней продольной арматуры, обеспечивающие эффективное вовлечение в работу бетона, равномерное распределение напряжений и деформаций, а также ограничение ширины раскрытия трещин между стержнями арматуры, должны быть не более:

В железобетонных балках и плитах:

- 200 мм – при высоте поперечного сечения $h \leq 150$ мм;

- $1,5 h$ и 400 мм – при высоте поперечного сечения $h > 150$ мм;

В железобетонных колоннах:

- 300 мм – в направлении, перпендикулярном плоскости изгиба;

- 400 мм – в направлении плоскости изгиба.

В железобетонных стенах расстояния между стержнями вертикальной арматуры принимают не более $2 t$ и 400 мм (t – толщина стены), а горизонтальной – не более 400 мм.

10.3.2 Диаметр поперечной арматуры (хомутов) в вязаных каркасах внецентренно сжатых элементов следует принимать не менее 0,25 наибольшего диаметра продольной арматуры и не менее 8 мм.

Диаметр поперечной арматуры в вязаных каркасах изгибаемых элементов принимают не менее 8 мм.

СП

В сварных каркасах диаметр поперечной арматуры принимают не менее диаметра, устанавливаемого из условия сварки с наибольшим диаметром продольной арматуры.

10.3.3В железобетонных элементах, в которых поперечная сила по расчету не может быть воспринята только бетоном, следует предусматривать установку поперечной арматуры с шагом не более $0,5 h_0$ и не более 250 мм.

В сплошных плитах, а также в часторебристых плитах высотой менее 300 мм и в балках (ребрах) высотой менее 150 мм на участках элемента, где поперечная сила по расчету воспринимается только бетоном, поперечную арматуру можно не устанавливать.

В балках и ребрах высотой 150 мм и более, а также в часторебристых плитах высотой 300 мм и более, на участках элемента, где поперечная сила по расчету воспринимается только бетоном, следует предусматривать установку поперечной арматуры с шагом не более $0,75 h_0$ и не более 400 мм.

10.3.4 Во внецентренно сжатых линейных элементах, а также в изгибаемых элементах при наличии необходимой по расчету сжатой продольной арматуры в целях предотвращения выпучивания продольной арматуры следует устанавливать поперечную арматуру с шагом не более $15 d$ и не более 400 мм (d – диаметр сжатой продольной арматуры).

Если площадь сечения сжатой продольной арматуры, устанавливаемой у одной из граней элемента, более 1,5 %, поперечную арматуру следует устанавливать с шагом не более $10 d$ и не более 250 мм.

10.3.5 Поперечную арматуру в плитах в зоне продавливания в направлении, перпендикулярном сторонам расчетного контура, устанавливают с шагом не более $1/3 h_0$ и не более 250 мм. Стержни, ближайшие к контуру грузовой площади, располагают не ближе $1/3 h_0$ и не далее $1/2 h_0$ от этого контура. При этом ширина зоны постановки поперечной арматуры (от контура грузовой площади) должна быть не менее $1,5 h_0$. Допускается увеличение шага поперечной арматуры до $1/2 h_0$. При этом следует рассматривать наиболее невыгодное расположение пирамиды продавливания и в расчете учитывать только арматурные стержни, пересекающие пирамиду продавливания.

Расстояния между стержнями поперечной арматуры в направлении, параллельном сторонам расчетного контура, принимают не более $1/4$ длины соответствующей стороны расчетного контура.

10.3.6 Требования к анкерровке арматуры следует принимать в соответствии с п. 10.3.21- 10.3.28 СП 63.13330.

10.3.7 Для соединения ненапрягаемой арматуры следует принимать один из следующих типов стыков согласно п. 10.3.30-10.3.32 СП 63.13330:

а) стыки внахлестку без сварки:

с прямыми концами стержней периодического профиля;

с прямыми концами стержней с приваркой или установкой на длине нахлестки поперечных стержней;

с загибами на концах (крюки, лапки, петли); при этом для гладких стержней применяют только крюки и петли.

б) сварные и механические стыковые соединения:

со сваркой арматуры;

с применением специальных механических устройств (стыки с опрессованными муфтами, резьбовыми муфтами и др.).

10.4 Конструирование основных несущих железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов следует выполнять в соответствии с п. 10.4 СП 63.13330.

11 Требования к изготовлению, возведению и эксплуатации железобетонных конструкций

11.1 Бетон

11.1.1 Подбор состава бетонной смеси следует производить с целью получения в конструкциях бетона, отвечающего техническим показателям, установленным в разделе 6 и принятым в проекте.

За основу при подборе и определении состава бетона следует принимать определяющий для данного вида бетона и назначения конструкции показатель бетона, при этом должны быть обеспечены и все другие установленные проектом показатели качества бетона.

При проектировании и подборе состава бетонной смеси по требуемой прочности бетона следует руководствоваться требованиями ГОСТ 27006 и ГОСТ 26633.

При подборе состава бетонной смеси должны быть обеспечены требуемые технологические показатели (удобоукладываемость, нерасслаиваемость, сохраняемость, воздухоудерживание и другие показатели).

Свойства подобранной бетонной смеси должны соответствовать технологии производства бетонных работ, включающей сроки и условия твердения бетона, способы, режимы приготовления и транспортирования бетонной смеси и другие особенности технологического процесса в соответствии с ГОСТ 7473 и ГОСТ 10181.

Подбор состава бетонной смеси следует производить на основе характеристик материалов, используемых для ее приготовления, включающих вяжущие, заполнители, воду и эффективные добавки (модификаторы) в соответствии с ГОСТ 30515, ГОСТ 23732, ГОСТ 8267, ГОСТ 8736, ГОСТ 24211 и пр..

Расчет основных параметров состава бетонной смеси следует производить с помощью зависимостей, установленных экспериментально, при этом для бетонной смеси следует использовать экологически чистые материалы с ограничением по содержанию радионуклидов, радона, токсичности и т.п.

СП

11.1.2 При приготовлении бетонной смеси в соответствии с требованиями СП 70.13330 следует обеспечивать необходимую точность дозировки входящих в бетонную смесь материалов и последовательность их загрузки.

Перемешивание бетонной смеси следует выполнять так, чтобы обеспечить равномерное распределение компонентов по всему объему смеси. Продолжительность перемешивания принимают в соответствии с инструкциями предприятий – изготовителей бетоно-смесительных установок (заводов) или устанавливают опытным путем.

11.1.3 Транспортирование бетонной смеси следует осуществлять способами и средствами, обеспечивающими сохранность ее свойств и исключающими ее расслоение, а также загрязнение посторонними материалами. Допускается восстановление отдельных показателей качества бетонной смеси на месте укладки за счет введения химических добавок или использования технологических приемов при условии обеспечения всех других требуемых показателей качества.

11.1.4 Укладку и уплотнение бетона следует выполнять в соответствии с требованиями СП 70.13330 таким образом, чтобы можно было гарантировать в конструкциях достаточную однородность и плотность бетона, отвечающих требованиям, предусмотренным для рассматриваемой строительной конструкции.

Применяемые способы и режимы формования должны обеспечивать заданную плотность и однородность и устанавливаются с учетом показателей качества бетонной смеси, вида конструкции и изделия и конкретных инженерно-геологических и производственных условий.

Порядок бетонирования следует устанавливать, предусматривая расположение швов бетонирования с учетом технологии возведения сооружения и его конструктивных особенностей. При этом должна быть обеспечена необходимая прочность контакта поверхностей бетона в шве бетонирования, а также прочность конструкции с учетом наличия швов бетонирования.

При укладке бетонной смеси при пониженных положительных и отрицательных или повышенных положительных температурах должны быть предусмотрены специальные мероприятия, обеспечивающие требуемое качество бетона.

Технологические требования к укладке и уплотнению высокопрочного бетона должны быть указаны в проекте производства работ или рабочей документации (проекте).

11.1.5 В процессе ухода за высокопрочным бетоном следует обеспечивать его твердение, при этом допускается применением ускоряющих технологических воздействий (с помощью тепловлажностной обработки при нормальном или повышенном давлении).

В процессе твердения в бетоне следует поддерживать расчетный температурно-влажностный режим.

При необходимости для создания условий, обеспечивающих нарастание прочности бетона и снижение усадочных явлений, следует применять специальные защитные мероприятия. В технологическом процессе тепловой обработки изделий должны быть приняты меры по снижению температурных перепадов и взаимных перемещений между опалубочной формой и бетоном.

В массивных монолитных конструкциях следует предусматривать мероприятия по уменьшению влияния температурно-влажностных полей напряжений, связанных с экзотермией при твердении бетона, на работу конструкций.

Требования по обеспечению твердения и уходу за высокопрочным бетоном конструкций указываются в проекте производства работ.

11.2 Арматура

11.2.1 Арматура, используемая для армирования конструкций, должна соответствовать данным проекта и требованиям соответствующих стандартов (ГОСТ, СТО и ТУ). Арматура должна иметь маркировку и соответствующие сертификаты, удостоверяющие ее качество.

Условия хранения арматуры и ее перевозки должны исключать загрязнение, коррозионные поражения, механические повреждения или пластические деформации, ухудшающее сцепление с бетоном.

11.2.2 Установку вязаной арматуры в опалубочные формы следует производить в соответствии с проектом и требованиями СП 70.13330. При этом должна быть предусмотрена надежная фиксация положения арматурных стержней, обеспечивающая невозможность смещения арматуры в процессе ее установки и бетонирования конструкции.

11.2.3 Отклонения от проектного положения арматуры, арматурных изделий и закладных деталей при их установке не должны превышать допустимых значений, установленных СП 70.13330.

11.2.4 Сварные арматурные изделия (сетки, каркасы) следует изготавливать с помощью сварки в соответствии с ГОСТ 14098 и ГОСТ 10922 с обеспечением требуемой прочности сварного соединения и не допущением снижения прочности соединяемых арматурных элементов.

Установку сварных арматурных изделий в опалубочные формы следует производить в соответствии с проектом. При этом должна быть предусмотрена надежная фиксация положения арматурных изделий с помощью специальных мероприятий, обеспечивающих невозможность смещения арматурных изделий в процессе установки и бетонирования.

11.2.5 Загиб стержней арматуры следует осуществлять с помощью специальных оправок соответствующего диаметра.

11.2.6 Сварные стыки арматуры выполняют с помощью контактной, дуговой или ванной сварки в соответствии с ГОСТ 14098. Применяемый способ сварки должен обеспечивать необходимую прочность сварного соединения, а

СП

также прочность и деформативность примыкающих к сварному соединению участков арматурных стержней.

11.2.7 Механические соединения (стыки) арматуры следует выполнять с помощью опрессованных и резьбовых муфт с соответствии с требованиям соответствующих стандартов (ГОСТ, СТО или ТУ). Прочность механического соединения растянутой арматуры должна удовлетворять классу стыкуемых стержней арматуры.

11.2.8 При натяжении арматуры на упоры или затвердевший бетон должны быть обеспечены установленные в проекте контролируемые значения предварительного напряжения в пределах допускаемых значений отклонений, установленных нормативными документами или специальными требованиями.

При отпуске натяжения арматуры следует обеспечивать плавную передачу предварительного напряжения на бетон.

11.3 Опалубка

11.3.1 Опалубка (опалубочные формы) должна выполнять следующие основные функции:

- придать бетону проектную форму конструкции;
- обеспечить требуемый вид внешней поверхности бетона;
- поддерживать конструкцию пока она не наберет распалубочную прочность;
- при необходимости, служить упором при натяжении арматуры.

При изготовлении конструкций применяют инвентарную и специальную, переставную и передвижную опалубку в соответствии с ГОСТ 52085, ГОСТ 52086 и ГОСТ 25781.

Опалубку и ее крепления следует проектировать и изготавливать таким образом, чтобы они могли воспринять нагрузки, возникающие в процессе производства работ, позволяли конструкциям свободно деформироваться и обеспечивали соблюдение допусков в пределах, установленных для данной конструкции или сооружения.

Опалубка и крепления должны соответствовать принятым в проекте способам укладки и уплотнения бетонной смеси, условиям предварительного напряжения, твердения бетона и тепловой обработки.

Съемную опалубку следует проектировать и изготавливать таким образом, чтобы была обеспечена распалубка конструкции без повреждения бетона.

Распалубку конструкций следует производить после набора бетоном распалубочной прочности.

Несъемную опалубку следует проектировать как составную часть конструкции.

Точность изготовления опалубки должна удовлетворять требованиям СП 70.13330.

Требования к опалубке при бетонировании конструкций из высокопрочного бетона указываются в проекте производства работ.

11.4 Железобетонные конструкции

11.4.1 Изготовление железобетонных конструкций из высокопрочного бетона включает опалубочные, арматурные и бетонные работы, проводимые в соответствии с указаниями 10.1-10.3 настоящего свода правил.

Готовые конструкции должны отвечать требованиям проекта и ГОСТ 13015. Отклонения геометрических размеров должны укладываться в пределах допусков, установленных для данной конструкции проектом, рабочими чертежами и СП 70.13330.

11.4.2 В железобетонных конструкциях к началу их эксплуатации фактическая прочность бетона должна быть не ниже требуемой проектной прочности.

В сборных железобетонных конструкциях должны быть обеспечены:

- установленная проектом отпускная прочность бетона (прочность бетона при отправке конструкции потребителю),
- для предварительно напряженных конструкций установленная проектом передаточная прочность (прочность бетона при отпуске натяжения арматуры).

В монолитных конструкциях должна быть обеспечена распалубочная прочность бетона в установленном проектом возрасте (при снятии несущей опалубки).

11.4.3 Подъем конструкций из высокопрочного бетона следует осуществлять с помощью специальных устройств (монтажных петель и других приспособлений), предусмотренных проектом и рабочими чертежами. При этом в соответствии с проектом производства работ должны быть обеспечены условия подъема, исключающие разрушение, потерю устойчивости, опрокидывание, раскачивание и вращение конструкции.

11.4.4 Условия транспортировки, складирования и хранения конструкций должны отвечать указаниям, приведенным в проекте. При этом должна быть обеспечена сохранность конструкции, поверхностей бетона, выпусков арматуры и монтажных петель от повреждений.

11.4.5 Возведение конструкций зданий и сооружений из высокопрочного бетона следует производить в соответствии с проектом производства работ, в котором должны быть предусмотрены:

Для сборных конструкций и элементов:

- последовательность установки конструкций
- мероприятия, обеспечивающие требуемую точность установки, пространственную неизменяемость конструкций в процессе их укрупнительной сборки и установки в проектное положение,
- устойчивость конструкций и частей здания или сооружения в процессе возведения,

СП

- безопасные условия труда.

Для конструкций из монолитного бетона:

- последовательности бетонирования конструкций, снятия и перестановки опалубки, обеспечивающие прочность, трещиностойкость и жесткость конструкций в процессе возведения.

- конструктивные и технологические мероприятия, ограничивающие образование и развитие технологических трещин.

Отклонения конструкций от проектного положения не должны превышать допустимых значений, установленных для соответствующих конструкций (колонн, балок, плит) зданий и сооружений в соответствии с СП 70.13330.

11.4.6 Конструкции из высокопрочного бетона следует содержать таким образом, чтобы они выполняли свое назначение, предусмотренное в проекте, за весь установленный срок службы здания или сооружения. Необходимо соблюдать режим эксплуатации железобетонных конструкций зданий и сооружений, исключающий снижение их несущей способности, эксплуатационной пригодности и долговечности вследствие грубых нарушений нормируемых условий эксплуатации (перегрузка конструкций, несоблюдение сроков проведения планово-предупредительных ремонтов, повышение агрессивности среды и т.п.).

Если в процессе эксплуатации обнаружены повреждения конструкций, которые могут вызвать снижение ее безопасности и препятствовать ее нормальному функционированию, следует выполнить мероприятия, предусмотренные в разделе 12 СП 63.13330.

11.5 Контроль качества

11.5.1 Контроль качества конструкций из высокопрочного бетона должен устанавливать соответствие технических показателей конструкций (геометрических размеров, прочностных показателей бетона и арматуры, прочности, трещиностойкости и деформативности конструкции) при их изготовлении, возведении и эксплуатации, а также параметров технологических режимов производства показателям, указанным в проекте, нормативных документах (СП 48.1330, ГОСТ 13015).

Способы контроля качества (правила контроля, методы испытаний) регламентируются соответствующими стандартами и техническими условиями.

11.5.2 Для обеспечения требований, предъявляемых к железобетонным конструкциям, следует производить контроль качества продукции, включающий в себя входной, операционный, приемочный и эксплуатационный контроль.

11.5.3 Контроль прочности бетона следует производить по результатам испытания, как правило, специально изготовленных или отобранных из конструкции контрольных образцов в соответствии с ГОСТ 10180, ГОСТ 31914, ГОСТ 28570 или методами неразрушающего контроля в соответствии с ГОСТ 22690 и ГОСТ 17624.

Кроме того, контроль прочности высокопрочного бетона монолитных конструкций, следует производить по результатам испытаний контрольных образцов, изготовленных на месте укладки бетонной смеси и хранившихся в условиях, идентичных условиям твердения бетона в конструкции или в нормальных (лабораторных) условиях, а также методами неразрушающего контроля в соответствии с ГОСТ 18105, ГОСТ 31914, ГОСТ 22690 и ГОСТ 17624.

Для монолитных конструкций контроль прочности бетона следует производить неразрушающими методами. В исключительных случаях (при отсутствии доступа к конструкциям) допускается проведение контроля прочности бетона по образцам, изготовленным на месте укладки бетона смеси и хранящихся в условиях идентичных твердению бетона в конструкции.

Оценку прочности высокопрочного бетона следует проводить статистическими методами с учетом характеристики фактической однородности бетона по прочности. При контроле прочности бетона неразрушающими методами характеристику однородности прочности бетона определяют с учетом погрешности применяемых неразрушающих методов.

Допускается применять нестатистические методы контроля при ограниченном объеме контролируемых конструкций или в начальный период производства, при проведении неразрушающего контроля прочности бетона без построения градуировочных зависимостей, а с использованием приведенных универсальных зависимостей и в исключительных случаях в соответствии с ГОСТ 18105 и ГОСТ 31914 при контроле прочности бетона монолитных конструкций по контрольным образцам, изготовленным на стройплощадке.

11.5.4 Контроль морозостойкости, водонепроницаемости и плотности бетона следует производить, руководствуясь требованиями ГОСТ 10060.0, ГОСТ 12730.5, ГОСТ 12730.1, ГОСТ 12730.0, ГОСТ 27005 и ГОСТ 31914.

11.5.5 Контроль показателей качества арматуры (входной контроль) следует производить в соответствии с требованиями стандартов на арматуру и норм оформления актов оценки качества железобетонных изделий.

Контроль качества сварочных работ производят согласно СП 70.13330, ГОСТ 10922 и ГОСТ 23858.

11.5.6 Оценку пригодности сборных конструкций из высокопрочного бетона по прочности, трещиностойкости и деформативности (эксплуатационной пригодности) следует производить согласно ГОСТ 8829 путем пробного нагружения конструкции контрольной нагрузкой или путем выборочного испытания нагружением до разрушения отдельных сборных изделий, взятых из партии однотипных конструкций. Оценку пригодности конструкции можно также производить на основе результатов контроля комплекса единичных показателей (для сборных и монолитных конструкций), характеризующих прочность бетона, толщину защитного слоя, геометрические размеры сечений и конструкций, расположение арматуры и прочность сварных соединений, диаметр и механические свойства арматуры, основные размеры арматурных изде-

СП

лий и величину натяжения арматуры, получаемых в процессе входного, операционного и приемочного контроля.

11.5.7 Приемку железобетонных конструкций из высокопрочного бетона после их возведения следует осуществлять путем установления соответствия выполненной конструкции требованиям проекта и СП 70.13330.

Приемку сборных бетонных и железобетонных изделий и конструкций следует осуществлять по СП 130.13330 и ГОСТ 13015.

Библиография

- [1] ТУ 14-1-5596-2010 Прокат термомеханически упрочненный класса А600С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия.
- [2] ТУ 14-1-5543-2006 Прокат термомеханический упрочненный класса Ас500С повышенной хладостойкости для армирования железобетонных конструкций