

СВОД ПРАВИЛ

БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ

ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ

High strength concrete and reinforced high strength concrete structures. Design guideline

Дата введения 2018-05-10

Предисловие

Сведения о своде правил

1 ИСПОЛНИТЕЛЬ - АО "НИЦ "Строительство" - НИИЖБ им.А.А.Гвоздева

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 465 "Строительство"

3 ПОДГОТОВЛЕН к утверждению Департаментом градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России)

4 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 9 ноября 2017 г. N 1518/пр и введен в действие с 10 мая 2018 г.

5 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

ВНЕСЕНО Изменение N 1, утвержденное и введенное в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 12 декабря 2022 г. N 1050/пр с 13.01.2023

Изменение N 1 внесено изготовителем базы данных по тексту М.: ФБГУ "РСТ", 2023

Введение

Настоящий свод правил разработан с учетом обязательных требований, установленных в федеральных законах от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ "О техническом регулировании", от 30 декабря 2009 г. N 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 с применением высокопрочного бетона класса по прочности на сжатие B60...B150.

Свод правил разработан авторским коллективом АО "НИЦ "Строительство" - НИИЖБ им.А.А.Гвоздева (руководитель работы - д-р техн. наук Т.А.Мухамедиев, д-ра техн. наук С.Б.Крылов, С.С.Каприелов, С.А.Мадатян), А.В.Шейнфельд, кандидаты техн. наук В.В.Дьячков, С.А.Зенин,

Д.В.Кузеванов, Б.С.Соколов, Р.Ш.Шарипов; инженер С.О.Слышенков).

Изменение N 1 разработано авторским коллективом АО "НИЦ "Строительство" - НИИЖБ им.А.А.Гвоздева (д-р техн. наук *Т.А.Мухамедиев*, д-р техн. наук *С.С.Каприелов*, д-р техн. наук *А.В.Шейнфельд*, канд. техн. наук *С.А.Зенин*).

(Измененная редакция, Изм. N 1).

1 Область применения

Настоящий свод правил распространяется на проектирование сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов классов по прочности при сжатии В60 и выше для зданий и сооружений различного назначения, эксплуатируемых в климатических условиях России (при систематическом воздействии температур не выше 50°C и не ниже минус 70°C), в среде с неагрессивной степенью воздействия.

Свод правил устанавливает требования к проектированию бетонных и железобетонных конструкций, изготавливаемых из высокопрочных тяжелых бетонов классов В110-В150, мелкозернистых бетонов классов В60-В150 и напрягающих бетонов классов В80-В100. Проектирование бетонных и железобетонных конструкций и изделий, изготавливаемых из высокопрочных тяжелых бетонов классов В60-В100 и напрягающих бетонов классов В60, В70 следует выполнять по СП 63.13330.

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, конструкций, изготавливаемые из бетонов средней плотностью менее 2000 и свыше 2500 кг/м³, а также конструкций из бетонополимеров и полимербетонов.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы ссылки на следующие нормативные документы:

СП 63.13330.2018 "СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения" (с изменениями N 1, N 2)

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

ГОСТ 22690-2015 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля

ГОСТ 25192-2012 Бетоны. Классификация и общие технические требования

ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия

ГОСТ 28570-2019 Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобранным из конструкций

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

ГОСТ 32803-2014 Бетоны напрягающие. Технические условия

Примечание - При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных документов 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 1 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. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

3 Термины и определения

В настоящем своде правил приняты термины и определения в соответствии с СП 63.13330, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 бетонные конструкции: Конструкции, выполненные из высокопрочного бетона с арматурой, устанавливаемой по конструктивным соображениям и не учитываемой в расчете.

3.2 высокопрочный бетон: Тяжелый, мелкозернистый или напрягающий бетон класса В60 и выше, приготовленный с применением вяжущего на основе портландцементного клинкера.

4 Общие требования к бетонным и железобетонным конструкциям

4.1 Бетонные и железобетонные конструкции из высокопрочных бетонов должны удовлетворять требованиям раздела 4 СП 63.13330.2018 и пункта 4.2.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

4.2 Для бетонных конструкций из высокопрочных бетонов класс бетона рекомендуется принимать не выше В60.

5 Требования к расчету бетонных и железобетонных конструкций

5.1 Расчеты бетонных и железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов следует производить по разделу 5 СП 63.13330.2018 и пунктам 5.2-5.4.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

5.2 Нагрузку от собственного веса конструкции из высокопрочного бетона принимают по плотности конструкции, соответствующей максимальной плотности тяжелого бетона согласно ГОСТ 25192.

При содержании арматуры свыше 4% плотность конструкции определяют как сумму масс бетона и арматуры на единицу объема железобетонной конструкции.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

5.3 Расчет бетонных конструкций из высокопрочных бетонов класса В60 следует производить по разделу 7 СП 63.13330.2018.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

5.4 Для монолитных железобетонных конструкций, у которых установленная по ГОСТ 31914 прочность бетона поверхностных и глубинных слоев сечения различается на 15% и больше, и фактическая прочность бетона поверхностных слоев ниже проектной, следует производить поверочные расчеты прочности их нормальных сечений с учетом неоднородности прочности бетона. Поверочные расчеты следует производить по разделу 9.

6 Материалы для бетонных и железобетонных конструкций

6.1 Бетон

6.1.1 Для бетонных и железобетонных конструкций, проектируемых в соответствии с настоящим сводом правил, следует предусматривать следующие высокопрочные конструкционные бетоны:

- тяжелый средней плотности от 2350 до 2600 кг/м³ включительно;
- мелкозернистый средней плотности от 2000 до 2600 кг/м³ включительно;
- напрягающий.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

6.1.2 При проектировании бетонных и железобетонных конструкций в зависимости от их назначения и условий работы следует устанавливать нормируемые показатели качества высокопрочного бетона, основные из которых приведены ниже:

класс по прочности на сжатие B ;

класс по прочности на осевое растяжение B_f ;

марка по морозостойкости F_1 или F_2 ;

марка по водонепроницаемости W ;

марка по самоупрочнению S_p - для напрягающих бетонов.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

6.1.3 Для бетонных и железобетонных конструкций, проектируемых в соответствии с настоящим сводом правил, следует предусматривать высокопрочные бетоны классов и марок, приведенных в таблицах 6.1-6.5.

Таблица 6.1 - Классы высокопрочного бетона по прочности на сжатие

Бетон	Классы по прочности на сжатие
Тяжелый	B110; B120; B130; B140; B150
Мелкозернистый	B60; B70; B80; B90; B100; B110; B120; B130; B140; B150
Напрягающий	B80; B90; B100

Таблица 6.1 (Измененная редакция, Изм. N 1).

Таблица 6.2 - Классы высокопрочного бетона по прочности на осевое растяжение

Бетон	Класс прочности на осевое растяжение
Тяжелый, напрягающий и мелкозернистый	$B_{f2,0}$; $B_{f2,4}$; $B_{f2,8}$; $B_{f3,2}$; $B_{f3,6}$; $B_{f4,0}$; $B_{f4,4}$; $B_{f4,8}$; $B_{f5,2}$

Таблица 6.2 (Измененная редакция, Изм. N 1).

Таблица 6.3 - Марки высокопрочного бетона по морозостойкости

Бетон	Марка бетона по морозостойкости
Тяжелый, напрягающий и мелкозернистый	По первому базовому методу: F_{150} , F_{175} , F_{100} , F_{150} , F_{200} , F_{300} , F_{400} , F_{500} , F_{600} , F_{800} , F_{1000} По второму базовому методу: F_{2100} , F_{2150} , F_{2200} , F_{2300} , F_{2400} , F_{2500} , F_{2600} , F_{2800} ,

	$F_2 1000$
--	------------

Таблица 6.3 (Измененная редакция, Изм. N 1).

Таблица 6.4 - Марки высокопрочного бетона по водонепроницаемости

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

Таблица 6.5 - Марки высокопрочного бетона по самонапряжению

Бетон	Марки по самонапряжению
Напрягающий	$S_{p0,6}; S_{p0,8}; S_{p1}; S_{p1,2}; S_{p1,5}; S_{p2}$

Таблица 6.5 (Измененная редакция, Изм. N 1).

6.1.4 Возраст высокопрочного бетона, соответствующий его классу по прочности на сжатие и осевое растяжение, значение нормируемых отпускной и передаточной прочности бетона в элементах сборных конструкций следует назначать согласно пунктам 6.1.5 и 6.1.6 СП 63.13330.2018.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

6.1.5 Для железобетонных конструкций, подвергающихся воздействию многократно повторяющейся нагрузки, не допускается применять мелкозернистый высокопрочный бетон без специального экспериментального обоснования.

6.1.6 Основные прочностные характеристики высокопрочного бетона - нормативные значения:

сопротивления бетона осевому сжатию $R_{b,n}$;

сопротивления бетона осевому растяжению $R_{bt,n}$.

Нормативные значения сопротивления высокопрочного 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 6.6.

При назначении класса бетона по прочности на осевое растяжение B_t , нормативные значения сопротивления бетона осевому растяжению $R_{bt,n}$ принимают равными числовой характеристике класса бетона на осевое растяжение.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

Таблица 6.6

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								
		B70	B80	B90	B100	B110	B120	B130	B140	B150
Сжатие осевое	Тяжелый и	-	57	64	71	78	85	92	99	106

(призменная прочность) $R_{b,n}$ и $R_{b,ser}$	напрягающий									
	Мелкозернистый	50	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	3,0	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.										

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

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

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

где γ_b и γ_{bt} - коэффициенты надежности по бетону при его сжатии и растяжении;

$\gamma_{b,br}$ - коэффициент, учитывающий увеличение хрупкости высокопрочных бетонов.

Значение коэффициентов γ_b и γ_{bt} принимают по таблице 6.7.

Значение коэффициента $\gamma_{b,br}$ определяют по формуле

$$\gamma_{b,br} = \frac{360 - B}{300}, \quad (6.3)$$

где B - класс высокопрочного бетона по прочности на сжатие.

Таблица 6.7

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	

Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий бетон	1,3	1,5	1,3	1,0
---	-----	-----	-----	-----

Расчетные значения сопротивления высокопрочного бетона R_b , R_{bt} , $R_{b,ser}$, $R_{bt,ser}$ в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие и осевое растяжение приведены (с округлением): для предельных состояний первой группы - в таблицах 6.8, 6.8а, второй группы - в таблице 6.6.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

Таблица 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								
		B70	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	37	41	44	47,5	-	-	-	-	-
Растяжение осевое R_{bt}	Тяжелый и напрягающий		2,1	2,1	2,2	2,2	2,25	2,25	2,25	2,25
	Мелкозернистый	1,9	2,1	2,1	2,2	-	-	-	-	-
Примечание - Для напрягающего бетона значения R_{bt} следует принимать с умножением на коэффициент 1,2.										

Таблица 6.8а

Вид сопротивления	Бетон	Расчетные значения сопротивления бетона растяжению 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	B_t 5,2
Растяжение осевое R_{bt}	Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий	1,54	1,85	2,15	2,46	2,77	3,08	3,38	3,69	4,0

Таблица 6.8а (Введена дополнительно, Изм. N 1).

6.1.8 В необходимых случаях расчетные значения прочностных характеристик высокопрочного бетона принимаются с учетом коэффициентов условия работы γ_{bt} , учитывающих особенности работы бетона в конструкции (вид бетона, характер нагрузки, условия окружающей среды и т.д.). Значения коэффициентов γ_b следует принимать по таблице 6.9.

Таблица 6.9

Факторы, обуславливающие введение коэффициента условий работы бетона	Коэффициент γ_{bi}
1 Длительность действия нагрузки (для бетонных и железобетонных конструкций):	
- при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки	1,00
- при продолжительном действии нагрузки	0,90
2 Характер разрушения (для бетонных конструкций)	0,90
3 Бетонирование в вертикальном положении (высота слоя бетонирования свыше 1,5 м)	0,85

Таблица 6.9 (Измененная редакция, Изм. N 1).

6.1.9 Основными деформационными характеристиками высокопрочного 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} .

6.1.10 Значения предельных относительных деформаций для тяжелого, мелкозернистого и напрягающего бетонов принимают:

- при непродолжительном действии нагрузки:

$\varepsilon_{b0} = 0,002$ при осевом сжатии - для бетонов классов В100 и ниже и по линейному закону от 0,002 при В100 до 0,0025 при В150 - для бетонов классов В110-В150;

$\varepsilon_{bt0} = 0,0001$ - при осевом растяжении для бетонов класса В100 и ниже и по линейному закону от 0,0001 при В100 до 0,00012 при В150 - для бетонов классов В110-В150;

- при продолжительном действии нагрузки:

ε_{b0} принимают для бетонов класса В100 и ниже - по таблице 6.10 СП 63.13330.2018, а для бетонов классов В110-В150 - по линейному закону от их значения для В100 до значения ε_{b2} для В150, определяемого по 6.1.15;

ε_{bt0} принимают для бетонов класса В100 и ниже - по таблице 6.10 СП 63.13330.2018, а для бетонов классов В110-В150 - по линейному закону от их значения для В100 до значения ε_{bt2} для В150, определяемого по 6.1.15.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

6.1.11 Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении принимают в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие В согласно таблице 6.10. Значения модуля сдвига бетона принимают равным $0,4 E_b$.

При продолжительном действии нагрузки значения модуля деформаций бетона определяют по формуле

$$E_{b,\tau} = \frac{E_b}{1 + \Phi_{b,cr}}, \quad (6.4)$$

где $\Phi_{b,cr}$ - коэффициент ползучести бетона.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

Таблица 6.10

Бетон	Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении E_b , МПа·10 ⁻³ , при классе бетона по прочности на сжатие								
	B70	B80	B90	B100	B110	B120	B130	B140	B150
Тяжелый	-	42	42,5	43	43,5	44,0	44,5	45,0	45,5
Мелкозернистый	33	34,5	36,0	37,5	-	-	-	-	-
Примечания									
1 Для напрягающего бетона значения принимаются как для тяжелого бетона с умножением на коэффициент 0,56+0,006 В.									
2 При использовании в качестве крупного заполнителя для тяжелых бетонов габбро-диабазового и базальтового щебня значения E_b допускается принимать как для тяжелого бетона с умножением на коэффициент 1,09 и 1,19 соответственно, при этом в проектной документации указывают, какой вид заполнителя должен быть использован для изготовления бетона. Также в проектной документации устанавливают модуль упругости бетона E_b дополнительным показателем качества согласно ГОСТ 26633.									

Таблица 6.10 (Измененная редакция, Изм. N 1).

6.1.12 Значения коэффициента ползучести для высокопрочного бетона $\Phi_{b,cr}$ в зависимости от относительной влажности воздуха принимают по таблице 6.11.

Таблица 6.11

Относительная влажность воздуха окружающей среды, %	Значения коэффициента ползучести бетона $\Phi_{b,cr}$ при классе тяжелого бетона на сжатие		
	B60-B100	B110-B120	B130-B150
Выше 75	1,0	1,0	1,0
40-75	1,4	1,3	1,2
Ниже 40	2,0	1,6	1,4

6.1.13 Значение коэффициента поперечной деформации высокопрочного бетона принимают равным $\nu_{b,p} = 0,2$.

6.1.14 Значение коэффициента линейной температурной деформации для высокопрочных бетонов при изменении температуры от минус 40°C до плюс 50°C следует принимать равным $\alpha_{b,t} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

6.1.15 В качестве рабочих диаграмм высокопрочного бетона, определяющих связь между напряжениями и относительными деформациями используют упрощенную двухлинейную диаграмму по типу диаграмм Прандтля.

Для двухлинейной диаграммы осевого сжатия значения относительных деформаций ε_{b1} и ε_{b2} для высокопрочных бетонов классов В60-В100 при продолжительном и непродолжительном действии нагрузки принимают по СП 63.13330, а для высокопрочных бетонов классов В110-В150 принимают:

- по линейному закону от 0,0015 при В100 до 0,0023 при В150 - относительные деформации ε_{b1} при непродолжительном действии нагрузки, а при продолжительном действии нагрузки - по формуле

$$\varepsilon_{b1} = 0,005(B + 100) \varepsilon_{b1,red}, \quad (6.5)$$

где $\varepsilon_{b1,red}$ принимают по таблице 6.10 СП 63.13330.2018;

- по линейному закону от 0,0028 при В100 до 0,0025 при В150 - относительные деформации ε_{b2} при непродолжительном действии нагрузки, а при продолжительном действии нагрузки - по формуле

$$\varepsilon_{b2} = 0,001(1100 - B) \varepsilon_{b2,B100}, \quad (6.6)$$

где $\varepsilon_{b2,B100}$ принимают по таблице 6.10 СП 63.13330.2018 для бетона класса В100 с учетом указанного в этой таблице примечания 2.

В формулах (6.5), (6.6) В - класс высокопрочного бетона по прочности на сжатие.

Для двухлинейной диаграммы осевого растяжения значения относительных деформаций ε_{bt1} и ε_{bt2} для высокопрочных бетонов классов В60-В100 принимают по СП 63.13330, а для высокопрочных бетонов классов В110-В150 принимают:

- по линейному закону от 0,0001 при В100 до 0,00011 при В150 - относительные деформации ε_{bt1} при непродолжительном действии нагрузки, а при продолжительном действии нагрузки - по формуле (6.5), в которую вместо параметра $\varepsilon_{b1,red}$ следует подставлять $\varepsilon_{bt1,red}$, значение которого принимают по таблице 6.10 СП 63.13330.2018;

- по линейному закону от 0,00015 при В100 до 0,00012 при В150 - относительные деформации ε_{bt2} при непродолжительном действии нагрузки, а при продолжительном действии нагрузки - по таблице 6.10 СП 63.13330.2018 с корректировкой приведенных в ней значений путем умножения на соотношение $(775-B)/675$.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

6.2 Арматура

6.2.1 Для железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов следует применять арматуру по СП 63.13330.

Допускается применять: термомеханически упрочненную арматуру периодического профиля класса А600С из стали марки 20Г2СФБА, в том числе в сварных сетках и каркасах - для железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов без предварительного напряжения арматуры в качестве рабочей арматуры, устанавливаемой по расчету;

термомеханически упрочненную арматуру периодического профиля класса А600С из стали

марки 20Г2СФБА - для предварительно напряженных железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

6.2.2 Для конструкций, эксплуатируемых при температуре ниже минус 55°C, рекомендуется применять арматуру класса Ас500С и А600С из стали марки 20Г2СФБА.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

6.2.3 Нормативные и расчетные значения прочностных и деформационных характеристик арматуры, диаграммы состояния арматуры для расчетов по предельным состояниям первой и второй групп следует принимать по СП 63.13330.

7 Расчет железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры

7.1 Расчет железобетонных конструкций по предельным состояниям первой группы

7.1.1 Железобетонные элементы из высокопрочных бетонов 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 Расчет по прочности нормальных сечений железобетонных элементов при действии изгибающих моментов и продольных сил (внецентренное сжатие или растяжение) следует производить на основе нелинейной деформационной модели согласно пунктам 8.1.20-8.1.30 СП 63.13330.2018 и пунктам 6.1.10-6.1.16.

Расчет по прочности нормальных сечений железобетонных элементов прямоугольного, двутаврового и таврового сечений с арматурой, расположенной у перпендикулярных плоскости изгиба граней элемента, при действии усилий в плоскости симметрии нормальных сечений методом предельных усилий следует производить по СП 63.13330 и 7.1.3.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

7.1.3 При расчете по прочности нормальных сечений на действие изгибающих моментов и продольных сил методом предельных усилий значение граничной относительной высоты сжатой зоны бетона ξ_R следует определять по формуле

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

где ω - коэффициент полноты эпюры напряжений в бетоне сжатой зоны сечения, принимаемый равным 0,7 - для высокопрочных бетонов класса В100 и ниже, а для бетонов класса В110 и выше - вычисляемый по формуле

$$\omega = 0,7 - 0,003 \cdot (B - 100), \quad (7.2)$$

здесь B - числовое значение класса бетона;

ε_{b2} - относительная деформация сжатого бетона при напряжениях, равных R_b , принимаемая в соответствии с 6.1.15;

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

$$\varepsilon_{s,el} = \frac{R_s}{E_s}; \quad (7.3)$$

R_s - расчетное сопротивление арматуры растяжению;

E_s - модуль упругости арматуры.

7.1.4 Расчет центрально и внецентренно растянутых элементов из высокопрочных бетонов следует производить по пунктам 8.1.18, 8.1.19 СП 63.13330.2018 и 7.1.3.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

7.1.5 Расчет по прочности железобетонных элементов при действии поперечных сил следует производить по пунктам 8.1.31-8.1.35 СП 63.13330.2018.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

7.1.6 Расчет по прочности железобетонных элементов при действии крутящих моментов следует производить по пунктам 8.1.36-8.1.42 СП 63.13330.2018.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

7.1.7 Расчет по прочности железобетонных элементов на местное сжатие (смятие) производят при действии сжимающей силы, приложенной на ограниченной площади нормально к поверхности железобетонного элемента производить по пунктам 8.1.43-8.1.45 СП 63.13330.2018.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

7.1.8 Расчет по прочности на продавливание плоских железобетонных элементов (плит) при действии на них (нормально к плоскости элемента) местных, концентрированно приложенных усилий - сосредоточенных силы и изгибающего момента следует производить по пунктам 8.1.46-8.1.52 СП 63.13330.2018. При этом в расчете прочность бетона на растяжение принимается не более 2,2 МПа.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

7.2 Расчет 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 прогибам и деформациям) следует проводить производить по СП 63.13330 и 7.2.2-7.2.4.

7.2.2 При определении кривизны жесткость железобетонных элементов на участке без трещин определяют принимая значения модуля деформации бетона классов В60-В100 при продолжительном и непродолжительном действиях нагрузки по пункту 8.2.26 СП 63.13330.2018, а для бетона классов В110-В150:

при непродолжительном действии нагрузки - по формуле

$$E_{b1} = k \cdot E_b, \quad (7.4)$$

где k - коэффициент, определяемый по линейному закону от значения 0,85 для В100 до значения 1,0 для В150;

при продолжительном действии нагрузки - по пункту 8.2.26 СП 63.13330.2018 принимая при этом значение коэффициента ползучести бетона $\varphi_{b,cr}$ в соответствии с 6.1.12.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

7.2.3 При расчете момента образования трещин с учетом неупругих деформаций растянутого бетона для элементов с прямоугольной формой сечения значение W_{pl} в формуле (8.121) СП 63.13330.2018 допускается принимать равным

$$W_{pl} = \gamma \cdot W_{red}, \quad (7.5)$$

где γ - коэффициент, учитывающий неупругие свойства бетона растянутой зоны сечения

$$\gamma = 1,73 - 0,005 \cdot (B - 15), \quad (7.5a)$$

здесь B - числовая характеристика класса бетона по прочности на осевое сжатие;

W_{red} - упругий момент сопротивления приведенного сечения по растянутой зоне сечения, определяемый в соответствии с 8.2.12 СП 63.13330.2018.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

8 Расчет предварительно напряженных железобетонных конструкций

Расчет предварительно напряженных конструкций следует проводить в соответствии с СП 63.13330 и 8.1-8.3.

8.1 Предварительные напряжения арматуры

Предварительные напряжения арматуры следует принимать в соответствии с пунктами 9.1.1-9.1.12 СП 63.13330.2018 и приведенным ниже:

- потери от усадки высокопрочного бетона при натяжении арматуры на упоры следует определять по формуле (9.8) СП 63.13330.2018, в которой деформации усадки бетона $\epsilon_{b,sh}$ для бетона классов В110-В150 следует принимать равными 0,0003; для бетона, подвергнутого тепловой обработке при атмосферном давлении, потери от усадки бетона $\Delta\sigma_{sp5}$ следует вычислять по формуле (9.8) СП 63.13330.2018 с умножением полученного результата на коэффициент, равный 0,85.

- потери от усадки бетона $\Delta\sigma_{sp5}$ при натяжении арматуры на бетон следует определять по формуле (9.8) СП 63.13330.2018 с умножением полученного результата независимо от условий твердения бетона на коэффициент, равный 0,75.

- потери от ползучести следует определять по формуле (9.9) СП 63.13330.2018, в которой коэффициент ползучести бетона $\Phi_{b,cr}$ назначают согласно 6.1.

(Измененная редакция, Изм. N 1)..

8.2 Расчет 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 обжатия на действие усилий от предварительного натяжения арматуры и усилий от внешних нагрузок, действующих в стадии обжатия следует производить по пункту 9.2 СП 63.13330.2018 и 8.2.2.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

8.2.2 Значения граничной высоты сжатой зоны бетона ξ_R следует определять по 7.1.3, при этом в формуле (7.1) относительные деформации арматуры растянутой зоны $\epsilon_{s,el}$ для арматуры с условным пределом текучести вычисляют по формуле

$$\epsilon_{s,el} = \frac{R_s + 400 - \sigma_{sp}}{E_s}, \quad (8.1)$$

где σ_{sp} - предварительное напряжение в арматуре с учетом всех потерь, принимаемое при значении коэффициента $\gamma_p = 0,9$.

8.3 Расчет предварительно напряженных железобетонных конструкций по предельным состояниям второй группы

8.3.1 Расчеты предварительно напряженных элементов из высокопрочного бетона по предельным состояниям второй группы следует производить по пункту 9.3 СП 63.13330.2018 и 8.3.2-8.3.4.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

8.3.2 При расчете по образованию трещин в элементах прямоугольных сечений и тавровых сечений с полкой, расположенной в сжатой зоне, значение упругопластического момента сопротивления сечения для крайнего растянутого волокна бетона W_{pl} при действии момента в плоскости оси симметрии следует определять по 7.2.3.

8.3.3 При определении кривизны жесткость предварительно напряженных железобетонных элементов на участке без трещин следует определять принимая значения модуля деформации бетона классов В60-В100 при продолжительном и непродолжительном действии нагрузки по пункту 8.2.26 СП 63.13330.2018, а для бетона классов В110-В150 - по 7.2.2.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

9 Поверочный расчет монолитных железобетонных конструкций с учетом неоднородной прочности бетона

9.1 Поверочные расчеты монолитных железобетонных конструкций по прочности их нормальных сечений с учетом неоднородной прочности бетона следует производить в зависимости от степени неоднородности прочности бетона по 9.2 и 9.3.

9.2 В случае, когда в поверхностных слоях конструкции прочность бетона на сжатие ниже прочности бетона глубинных слоев не более, чем на 20%, расчет следует производить по 7.1.2-7.1.4. При этом, в расчетных зависимостях значение расчетного сопротивления бетона сжатию для всего сечения следует принимать равным установленному по ГОСТ 31914 значению расчетного сопротивления сжатию бетона глубинных слоев с учетом 6.1.7, 6.1.8 и с дополнительным понижающим коэффициентом 0,95.

9.3 В случае, когда установленная по ГОСТ 31914 прочность на сжатие бетона в глубинных слоях конструкции более, чем на 20% выше прочности на сжатие бетона поверхностных слоев, расчет следует производить по деформационной модели с прямым учетом неоднородной прочности бетона по сечению элемента. При этом, значения жесткостных характеристик D_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$) в приведенных в СП 63.13330.2018 уравнениях (8.39)-(8.41) следует определять по следующим формулам (рисунок 9.1):

$$D_{11} = \sum_i A_{b1i} Z_{b1xi}^2 E_{b1} \nu_{b1i} + \sum_j A_{sj} Z_{sxy}^2 E_{sj} \nu_{sj} + \sum_j A_{b2j} Z_{b2xy}^2 E_{b2} \nu_{b2j} ; \quad (9.1)$$

$$D_{22} = \sum_i A_{b1i} Z_{b1yi}^2 E_{b1} \nu_{b1i} + \sum_j A_{sj} Z_{syj}^2 E_{sj} \nu_{sj} + \sum_j A_{b2j} Z_{b2yj}^2 E_{b2} \nu_{b2j} ; \quad (9.2)$$

$$D_{12} = \sum_i A_{b1i} Z_{b1xi} Z_{b1yi} E_{b1} \nu_{b1i} + \sum_j A_{sj} Z_{sxy} Z_{syj} E_{sj} \nu_{sj} + \sum_j A_{b2j} Z_{b2xy} Z_{b2yj} E_{b2} \nu_{b2j} ; \quad (9.3)$$

$$D_{13} = \sum_i A_{b1i} Z_{b1xi} E_{b1} \nu_{b1i} + \sum_j A_{sj} Z_{sxy} E_{sj} \nu_{sj} + \sum_j A_{b2j} Z_{b2xy} E_{b2} \nu_{b2j} ; \quad (9.4)$$

$$D_{23} = \sum_i A_{b1i} Z_{b1yi} E_{b1} \nu_{b1i} + \sum_j A_{sj} Z_{syj} E_{sj} \nu_{sj} + \sum_j A_{b2j} Z_{b2yj} E_{b2} \nu_{b2j} ; \quad (9.5)$$

$$D_{33} = \sum_i A_{b1i} E_{b1} \nu_{b1i} + \sum_j A_{sj} E_{sj} \nu_{sj} + \sum_j A_{b2j} E_{b2} ; \quad (9.6)$$

где

A_{b1i} , Z_{b1xi} , Z_{b1yi} - площадь и координаты центра тяжести i -го участка глубинных слоев бетона;

A_{b2j} , Z_{b2xj} , Z_{b2yj} - площадь и координаты центра тяжести j -го участка поверхностного слоя бетона;

A_{sj} , Z_{sxj} , Z_{syj} - площадь и координаты центра тяжести j -го стержня арматуры;

E_{b1} - начальный модуль упругости глубинных слоев бетона;

E_{b2} - начальный модуль упругости поверхностного слоя бетона;

E_{sj} - модуль упругости j -го стержня арматуры;

ν_{b1i} - коэффициент упругости бетона i -го участка глубинных слоев бетона в сечении элемента;

ν_{b2j} - коэффициент упругости бетона j -го участка поверхностного слоев бетона в сечении элемента;

ν_{sj} - коэффициент упругости j -го стержня арматуры.

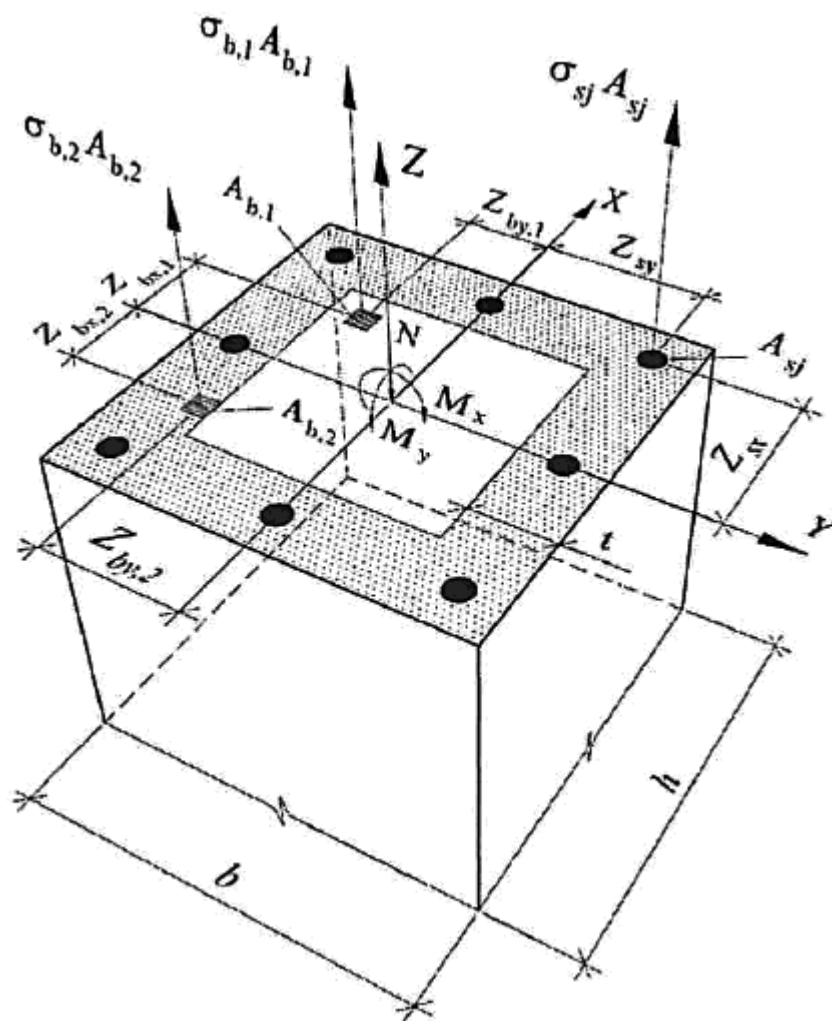


Рисунок 9.1 - Расчетная схема нормального сечения железобетонного элемента с неоднородной прочностью бетона

Коэффициенты γ_{b1i} и γ_{b2j} принимают по соответствующим диаграммам состояния бетона поверхностных и глубинных слоев сечения конструкции.

Глубину поверхностного слоя бетона с пониженной прочностью на сжатие по всему периметру сечения следует принимать равной 50 мм.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

10 Конструктивные требования

10.1 Конструктивные требования к геометрическим размерам и армированию конструкций из высокопрочных бетонов для обеспечения их безопасности и эксплуатационной пригодности следует принимать по разделу 10 СП 63.13330.2018 и 10.2-10.7.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

10.2 В железобетонных колоннах наибольшие расстояния между осями стержней продольной арматуры должны быть не более:

- 300 мм - в направлении, перпендикулярном к плоскости изгиба;
- 400 мм - в направлении плоскости изгиба.

10.3 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.

10.4 В 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 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.

10.5 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.

10.6 Поперечную арматуру в плитах в зоне продавливания в направлении, перпендикулярном к сторонам расчетного контура, устанавливают с шагом не более $1/3 h_0$ и не более 250 мм.

10.7 Для соединения стержней ненапрягаемой арматуры следует принимать один из типов стыков согласно пунктам 10.3.30-10.3.32 СП 63.13330.2018. Соединения стержней ненапрягаемой арматуры следует проектировать в соответствии с пунктами 10.3.29-10.3.32 СП 63.13330.2018.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

11 Требования к изготовлению, возведению и эксплуатации железобетонных конструкций

11.1 При изготовлении, возведении, контроле качества и эксплуатации железобетонных конструкций из высокопрочных бетонов следует выполнять требования раздела 11 СП 63.13330.2018, ГОСТ 31914, ГОСТ 32803 и указания 11.2-11.5.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

11.2 Технологические требования к укладке и уплотнению высокопрочного бетона должны быть указаны в рабочей документации, проекте производства работ или в технологическом регламенте.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

11.3 Требования по обеспечению твердения и уходу за высокопрочным бетоном конструкций должны быть указаны в проекте производства работ или в технологическом регламенте.

(Измененная редакция, Изм. N 1).

11.4 Расположение температурно-усадочных швов и границ захваток (технологических швов) при бетонировании монолитных конструкций из высокопрочных бетонов следует назначать из условия обеспечения термической трещиностойкости при перепадах температуры окружающей среды и в конструкциях - как на стадии изготовления, так и на стадии эксплуатации конструкций.

11.5 Контроль прочности высокопрочного бетона следует проводить по результатам испытания специально изготовленных или отобранных из конструкции контрольных образцов по ГОСТ 10180, ГОСТ 28570, ГОСТ 31914 или методами неразрушающего контроля по ГОСТ 22690 и ГОСТ 31914.

(Введен дополнительно, Изм. N 1).

Библиография (Исключена, Изм. N 1).

УДК 624.012.3/4:691.328.44:625.877:006.354

ОКС 91.080.40

Ключевые слова: железобетонные конструкции, высокопрочный бетон, наклонные сечения, расчет по прочности

(Измененная редакция, Изм. N 1).