



**МИНИСТЕРСТВО
СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

(МИНСТРОЙ РОССИИ)

ПРИКАЗ

от "28" ноября 2018 г.

№ 764/пр

Москва

**Об утверждении Изменения № 1 к СП 41.13330.2012
«СНиП 2.06.08-87 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических
сооружений»**

В соответствии с Правилами разработки, утверждения, опубликования, изменения и отмены сводов правил, утвержденными постановлением Правительства Российской Федерации от 1 июля 2016 г. № 624, подпунктом 5.2.9 пункта 5 Положения о Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2013 г. № 1038, пунктом 58 Плана разработки и утверждения сводов правил и актуализации ранее утвержденных строительных норм и правил, сводов правил на 2017 г., утвержденного приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 14 декабря 2016 г. № 940/пр (в редакции приказов Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 6 марта 2017 г. № 605/пр, от 3 апреля 2017 г. № 670/пр, от 13 октября 2017 г. № 1428/пр), **п р и к а з ы в а ю:**

1. Утвердить и ввести в действие через 6 месяцев со дня издания настоящего приказа прилагаемое Изменение № 1 к СП 41.13330.2012 «СНиП 2.06.08-87 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений», утвержденному приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 29 декабря 2011 г. № 635/13.

2. Департаменту градостроительной деятельности и архитектуры Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации:

а) в течение 15 дней со дня издания приказа направить утвержденное Изменение № 1 к СП 41.13330.2012 «СНиП 2.06.08-87 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений» на регистрацию в федеральный орган исполнительной власти в сфере стандартизации;

б) обеспечить опубликование на официальном сайте Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» текста утвержденного Изменения № 1 к СП 41.13330.2012 «СНиП 2.06.08-87 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений» в электронно-цифровой форме в течение 10 дней со дня регистрации свода правил федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации.

Министр



В.В. Якушев

УТВЕРЖДЕНО
приказом Министерства строительства и
жилищно-коммунального хозяйства
Российской Федерации
от «28» ноября 2018 г. № 764/пр

ИЗМЕНЕНИЕ № 1 К СП 41.13330.2012
«СНИП 2.06.08-87 БЕТОННЫЕ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ
КОНСТРУКЦИИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ»

Издание официальное

Москва 2018

Изменение № 1 к СП 41.13330.2012 «СНиП 2.06.08-87 Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений»

Утверждено и введено в действие приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации (Минстрой России) от 28 ноября 2018 г. № 764/пр

Дата введения – 2019–05–29

2 Нормативные ссылки

Изложить раздел в новой редакции:

«2 Нормативные ссылки

В настоящем своде правил использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ 18105–2010 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности

ГОСТ 26633–2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия

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

СП 40.13330.2012 «СНиП 2.06.06-85 Плотины бетонные и железобетонные»

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

СП 63.13330.2012 «СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» (с изменениями № 1, № 2, № 3)

СП 131.13330.2012 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология» (с изменениями № 1, № 2)

СП 357.1325800.2017 Конструкции бетонные гидротехнических сооружений. Правила приемки и производства работ

П р и м е ч а н и е – При пользовании настоящим сводом правил целесообразно проверить действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный документ, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого документа с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого документа с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего свода правил в ссылочный документ, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку. Сведения о действии сводов правил целесообразно проверить в Федеральном информационном фонде стандартов.»

3 Термины и определения

Пункт 3.4. Второй абзац. Исключить.

Дополнить раздел пунктами и примечанием в следующей редакции:

«3.5 надежность: Способность конструкции выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации.»

3.6 резервирование: Способ обеспечения надежности объекта за счет использования дополнительных средств и (или) возможностей, избыточных по отношению к минимально необходимым для выполнения требуемых функций.

3.7 ресурс: Суммарная наработка конструкции от начала ее эксплуатации или возобновления после ремонта до перехода в предельное состояние.

3.8 суперпластификаторы: Добавки для бетона и строительных растворов.

3.9 микросилика: Готовый к употреблению продукт, служащий для улучшения технологических свойств растворных и бетонных смесей и повышения эксплуатационных свойств строительных растворов и бетонов.

Примечание – Основные буквенные обозначения, принятые в настоящем своде правил, приведены в приложении А.»

5 Материалы для бетонных и железобетонных конструкций

Пункт 5.7. Таблица 1. Примечание 2. Заменить ссылку: «ГОСТ Р 53231» на ГОСТ 18105».

Пункт 5.28. Заменить слово: «допускается» на «следует».

Пункт 5.31. Первый абзац. Заменить слово: «документам.» на «документам (см. СП 63.13330).».

Пункт 5.33. Заменить слово: «документам.» на «документам (см. СП 63.13330).».

6 Конструктивные требования

Пункт 6.18. Последний абзац. Заменить слово: «допускается» на «следует».

7 Основные расчетные положения

Пункт 7.10 Первое предложение. Заменить слово: «допускается» на «следует».

8 Расчет элементов бетонных и железобетонных конструкций на прочность и выносливость

Пункт 8.14. Девятый абзац. Заменить слова: «допускается производить по формулам (34)–(38)» на «следует проводить по формулам (34)–(36)».

10 Расчет элементов бетонных и железобетонных конструкций на температурные и влажностные воздействия

Пункт 10.8. Первый абзац. Заменить слово: «допускается» на «следует».

Приложение А

Дополнить приложение абзацами в следующей редакции:

«Номенклатуру отечественных добавок (минеральных и поверхностных веществ) для бетона см. в приложении А СП 357.1325800.2017.

Подвижность и жесткость бетонной смеси, укладываемой в монолитные конструкции, должны учитывать применяемые средства уплотнения бетонной смеси при ее укладке, с тем чтобы обеспечивать получение бетонных конструкций с наименьшим количеством дефектов. Одним из таких способов является уплотнение жестких бетонных смесей, уплотняемых укаткой (укатанных бетонов).

Для массивных конструкций типа внутренних зон гравитационных и арочно-гравитационных плотин и др. допускается при соответствующем обосновании применение малоцементного укатанного бетона с нулевой осадкой конуса, жесткость бетонной смеси которого на месте укладки должна составлять 20–30 с.

Требования к заполнителям для укатанного бетона должны быть учтены при проектировании конкретного объекта с учетом особенностей его конструкции и технологии строительства.

Укатанный бетон рекомендуется для проектирования и строительства сейсмостойких плотин. Допускается применение модификации технологии укатанного бетона для сейсмостойких гравитационных плотин.».

41 13330 2012

2.06.08-87

2012

41.13330.2012

27 2002 . 184- « 19 », 2008 858 « »

1 « »

2 465 « »

3 ,

4

() 29 2011 635/13 01 2013

5 (). 41.13330.2011 « 2.06.08-87 »

() « » « ».

« » ()

1	.....	1
2	.....	1
3		2
4		2
5	.....	3
6	.....	19
7	.....	24
8		28
9		46
10		52
	()	56
	()	59
	()	63
	()	k
		,
		..... 65
		,
	.....	66
	.....	67

2.06.08 87 «

»

30 2009 . 384- 3 «
».

2.06.08 87

« . . . » (. . . , . . .) . . . , . . .

Concrete and reinforced concrete hydraulic structures

2013-01-01

1

,
- ; ; ()
,
, - ,
, .

2

:
53231-2008 .
26633-91 .
28.13330.2012 « 2.03.11 85
»
40 13330 2012 « 2 06 06 85* »
58.13330.2012 « 33-01-2003 .
»
63.13330.2012 « 52-01-03 .
»
131 13330 2012 « 23-01-99* »

1 , « », () ,
, () ,
, , ,

3

- 3.1 : ;
- 3.2 ; :
- 3.3 : ; ,
- 3.4 : ; ,

4

- 4.1 ,
- 4.2 58.13330. (,)
- 4.3 ,
- 4.4 ,

4.5

4.6

4.7

5

5.1

26633

5.2

) : (), $q = 0,95$.

$q = 0,90$

$q = 0,85$.

: 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 17,5; 20; 22,5; 25; 27,5; 30; 35; 40

) ;

: $t_{0,8}$; $t_{1,2}$; $t_{1,6}$; $t_{2,0}$; $t_{2,4}$; $t_{2,8}$; $t_{3,2}$;

41.13330.2012

)

: F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500; F600; F700; F800; F1000;

)

: W2; W4; W6; W8; W10; W12; W14; W16; W18; W20.

5.3

,
:
,
,
,
.6 .8

5.4

,
,
,

5.5

() ,
,
, 180 ,
, - 28 .
() ,
28 ,
, ,

5.6

,
,
(, - . .)
20

30-
5.7

: 15 - ;
,
,
,
()
(),

Для конструкций и частей сооружений в зоне переменного уровня воды (включая двухметровую зону над ней) марка бетона по морозостойкости следует принимать по таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Климатические условия	Марка бетона по морозостойкости при числе циклов попеременного замораживания и оттаивания в год												
	до 25 включительно	от 26	50	51	100	101	150	151	200	201	250	251	300
Умеренные	F50	F100	F150	F200	F300	F400	F600						
Суровые	F100	F150	F200	F300	F400	F600	F800						
Особо суровые	F200	F300	F400	F500	F600	F800	F1000						

П р и м е ч а н и я

1 Климатические условия характеризуются среднемесячной температурой наиболее холодного месяца: умеренные – выше минус 10 °С; суровые – от минус 10 до минус 20 °С включительно; особо суровые – ниже минус 20 °С. Среднемесячные температуры наиболее холодного месяца для района строительства определяются по СП 131.13330, а также по данным гидрометеорологической службы.

2 При одновременном воздействии замораживания, оттаивания и агрессивной воды среды необходимо учитывать требования, предъявляемые к материалам и конструкциям СП 28.13330 и ГОСТ Р 53231, и применять бетоны более высоких марок по морозостойкости: при воздействии слабо и среднеагрессивной воды-среды – на одну ступень, а при воздействии сильноагрессивной воды-среды – на две ступени.

Для напорных конструкций гидроузлов с водохранилищами многолетнего и годового регулирования стока в зоне сработки водохранилища до горизонта мертвого объема марки бетона по морозостойкости должны быть не ниже F150 – для умеренных, F200 – для суровых и F300 – для особо суровых климатических условий.

Для надводной зоны сооружений марки бетона по морозостойкости назначаются с учетом атмосферных воздействий, но не ниже F100 – для умеренных, F150 – для суровых и F200 – для особо суровых климатических условий.

П р и м е ч а н и е – Для наружных зон сооружений и конструкций, где при основных сочетаниях нагрузок и воздействий имеют место растягивающие напряжения (деформации), следует применять бетоны с более высокой (не менее, чем на одну ступень) морозостойкостью.

5.8 Марку бетона по водонепроницаемости назначают в зависимости от градиента напора, определяемого как отношение максимального напора, м, к толщине конструкции (или расстоянию от напорной грани до дренажа), м, и температуры контактирующей с сооружением воды, °С, по таблице 2 с учетом агрессивности воды среды по СП 28.13330.

В нетрещиностойких напорных железобетонных конструкциях и нетрещиностойких безнапорных конструкциях морских сооружений проектная марка бетона по водонепроницаемости должна быть не ниже W4.

Т а б л и ц а 2

Температура воды, °С	Марки бетона по водонепроницаемости при градиентах напора			
	до 5 включительно	свыше 5 до 10	свыше 10 до 20	свыше 20 до 30 включительно
До 10 включительно	W2	W4	W6	W8
Свыше 10 до 30 включительно	W4	W6	W8	W10
Свыше 30	W6	W8	W10	W12

П р и м е ч а н и е Для конструкций с градиентом напора свыше 30 следует назначать марку бетона по водонепроницаемости W14 и выше.

5.9 Следует предусматривать широкое применение добавок поверхностно активных веществ (ЛСТ, С 3, СДО, ЛХД и др.), а также применение тонкодисперсных минеральных добавок, отвечающих требованиям соответствующих нормативных документов.

Области рационального применения добавок для бетонов гидротехнических сооружений приведены в приложении В.

5.10 При предъявлении к бетону сооружений требований к сопротивляемости истиранию потоком воды с влекомыми наносами или стойкости против кавитации класс бетона по прочности на сжатие должен быть не ниже В25, марка бетона по морозостойкости – не ниже F300, марка бетона по водонепроницаемости – не ниже W8.

5.11 При соответствующем технико-экономическом обосновании для бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений допускается использовать бетоны на напрягаемом цементе, а для снижения нагрузки от собственного веса конструкции – легкие бетоны.

5.12 Для замоноличивания стыков элементов сборных конструкций, которые в процессе эксплуатации могут подвергаться воздействию отрицательных температур наружного воздуха или воздействию агрессивной воды, следует применять бетоны проектных марок по морозостойкости и водонепроницаемости не ниже принятых для стыкуемых элементов.

5.13 Класс бетона по прочности на сжатие и на осевое растяжение следует принимать по таблицам 3 и 4 в зависимости от значений расчетных сопротивлений бетона, определенных в соответствии с указаниями разделов 8, 9, 10 настоящего свода правил

5.14 Расчетные сопротивления бетона для предельных состояний первой группы R_b и R_{br} снижаются (или повышаются) путем умножения на коэффициенты условий работы бетона γ_{bi} , учитывающие влияние на его прочность сочетания нагрузок, различия в возрасте бетона в конструкции ко времени ее нагружения эксплуатационными нагрузками и в возрасте бетона, соответствующем его классу по прочности, различия в прочности бетона в сооружении и в контрольных образцах, схемы нагружения, градиента деформаций по сечению, формы поперечного сечения, сложного напряженного состояния, типа и размеров конструкций, строительных швов, многократного повторения нагрузок; схемы, коэффициента и дисперсности армирования, других факторов. Значения коэффициентов условий работы бетона приведены в таблице 5.

Расчетные сопротивления бетона для предельных состояний второй группы $R_{b,ser}$ и $R_{bt,ser}$ вводят в расчет с коэффициентом условий работы бетона $\gamma_{bt} = 1$, за исключением случаев, указанных в 9.2, 9.3, 10.13.

5.15 Коэффициент условий работы бетонных конструкций, учитывающий влияние на прочность растянутого бетона градиента деформаций по сечению, определяется по формуле

$$\gamma_{b3} = 1 + c / h_f \quad (1)$$

и принимается не более $\gamma_{b3} = 2$,

где c – параметр, зависящий от класса бетона, его структуры, влажности и других факторов;

h_f – высота растянутой зоны сечения, см, определенная в предположении упругой работы бетона.

Значения параметра c следует определять на основании экспериментальных исследований. Для сооружений I и II классов на предварительной стадии проектирования, а для сооружений III и IV классов во всех случаях параметр c допускается принимать по таблице 6.

Т а б л и ц а 3

Класс бетона по прочности на сжатие	Нормативные и расчетные сопротивления бетона, МПа (кг/см^2)					
	нормативные сопротивления; расчетные сопротивления для предельных состояний второй группы			расчетные сопротивления для предельных состояний первой группы		
	Сжатие осевое R_{bm} ; $R_{b,ser}$	Растяжение осевое R_{btm} ; $R_{bt,ser}$		Сжатие осевое R_b	Растяжение осевое R_{bt}	
		бетон вибрированный	бетон укатанный		бетон вибрированный	бетон укатанный
1	2	3	4	5	6	7
B5	3,5 (35,7)	0,55(5,61)	0,39(3,98)	2,8(28,6)	0,37(3,77)	0,26(2,65)
B7,5	5,5(56,1)	0,70(7,14)	0,58(5,92)	4,5(45,9)	0,48(4,89)	0,39(3,98)
B10	7,5(76,5)	0,85(8,67)	0,78(7,96)	6,0(61,2)	0,57(5,81)	0,52(5,35)
B12,5	9,5(96,5)	1,00(10,2)	0,95(9,70)	7,5(76,5)	0,66(6,73)	0,63(6,42)
B15	11,3(115)	1,15(11,7)	1,10(11,2)	8,9(91,0)	0,75(7,65)	0,73(7,45)
B17,5	13,0(133)	1,27(13,0)	1,23(12,6)	10,3(105)	0,83(8,41)	0,80(8,20)
B20	14,9(152)	1,40(14,3)	1,38(14,1)	11,7(120)	0,90(9,18)	0,90(9,15)
B22,5	16,7(170)	1,50(15,3)		13,1(134)	0,97(10,0)	
B25	18,5(189)	1,60(16,3)		14,5(148)	1,05(10,7)	
B27,5	20,2(206)	1,70(17,3)		15,8(161)	1,12(11,4)	
B30	22,0(224)	1,80(18,4)		17,0(173)	1,20(12,2)	
B35	25,5(260)	1,95(19,9)	–	19,5(199)	1,30(13,3)	–
B40	29,0(296)	2,10(21,4)		22,0(224)	1,40(14,3)	

Т а б л и ц а 4

Класс бетона по прочности на растяжение	Нормативные и расчетные сопротивления бетона при осевом растяжении, МПа (кг/см ²)	
	нормативные сопротивления, расчетные сопротивления для предельных состояний второй группы $R_{bn}; R_{bt, ser}$	расчетные сопротивления для предельных состояний первой группы R_{bt}
$B_f 0,8$	0,8 (8,1)	0,62 (6,32)
$B_f 1,2$	1,2 (12,2)	0,93 (9,49)
$B_f 1,6$	1,6 (16,3)	1,25 (12,7)
$B_f 2,0$	2,0 (20,4)	1,55 (15,8)
$B_f 2,4$	2,4 (24,5)	1,85 (18,9)
$B_f 2,8$	2,8 (28,6)	2,15 (21,9)
$B_f 3,2$	3,2 (32,4)	2,45 (25,0)

Т а б л и ц а 5

Факторы, обуславливающие введение коэффициента условий работы бетона	Коэффициент условий работы бетона	
	Условное обозначение	Значение
1	2	3
1 Бетонные конструкции		
а) основное сочетание нагрузок и воздействий	γ_{b1}	0,9
б) особое сочетание нагрузок и воздействий с учетом сейсмических	γ_{b1}	1,1
в) внецентренно сжатые элементы, не воспринимающие напор воды и не подверженные действию агрессивной среды, рассчитываемые без учета сопротивления растянутой зоны сечения	γ_{b2}	1,3
г) другие бетонные элементы	γ_{b2}	1,0
д) влияние градиента растягивающих деформаций по сечению	γ_{b3}	По 5.15
е) влияние формы поперечного сечения конструкций	γ_{b4}	По 5.16
ж) влияние сложного напряженного состояния	γ_{b5}	По 5.17, 5.18
з) влияние размеров конструкций	γ_{b6}	По 10.9
2 Железобетонные конструкции		
а) основное сочетание нагрузок и воздействий	γ_{b7}	1,1
б) особое сочетание нагрузок и воздействий без учета сейсмических	γ_{b7}	1,2
в) особое сочетание нагрузок и воздействий с учетом сейсмических: при расчете элементов с арматурой классов А-I, А-II, А-III, Вр-I по нормальным сечениям; то же с арматурой других классов; при расчете элементов по наклонным сечениям	γ_{b7}	1,3
	γ_{b7}	1,2
	γ_{b7}	1,1
г) влияние числа рядов арматуры	γ_{b8}	По 5.19
д) влияние коэффициента и дисперсности армирования	γ_{b9}	По 5.20
е) влияние неупругой работы бетона растянутой зоны	γ_{b10}	По 5.21
ж) влияние плоского напряженного состояния при действии напряжений разного знака	γ_{b11}	По 5.22

Окончание таблицы 5

Факторы, обуславливающие введение коэффициента условий работы бетона	Коэффициент условий работы бетона	
	Условное обозначение	Значение
1	2	3
3 Бетонные и железобетонные конструкции		
а) многократное повторение нагрузки	γ_{b12}	По 5.23
б) влияние на прочность бетона строительных швов: сжатого бетона;	γ_{b13}	1,0
растянутого бетона	γ_{b13}	По 5.24
в) влияние возраста бетона ко времени нагружения конструкции эксплуатационными нагрузками	γ_{b14}	По 5.25
г) влияние различия в прочности бетона в конструкции и в контрольных образцах	γ_{b15}	По 5.26
<p>Примечания</p> <p>1 При одновременном действии нескольких факторов, влияющих на прочность бетона, в расчет вводится произведение соответствующих коэффициентов условий работы, но не менее $\gamma_b = 0,45$ и не более $\gamma_b = 2,0$</p> <p>2 Коэффициент γ_{b14} учитывается при обосновании прочности массивных конструкций, возводимых в течение 1 года и более</p> <p>3 Коэффициент γ_{b15} учитывается при обосновании прочности конструкций, минимальный размер которых не менее 1,5 м</p>		

Таблица 6

Класс бетона по прочности на сжатие	B5	B7,5	B10	B12,5	B15	B20	B25	B30	B35	B40
c, см	8,0	7,9	7,7	7,5	7,3	6,7	6,1	5,5	4,9	4,4

5.16 Коэффициент условий работы бетонных конструкций, учитывающий влияние на прочность растянутого бетона формы их поперечного сечения, определяется по формуле

$$\gamma_{b4} = 1 - K(1 - 1/\gamma_{b3}), \quad (2)$$

где K – коэффициент, зависящий от формы сечения и соотношения его размеров.

Для прямоугольных, круговых, крестовых сечений, а также для тавровых сечений с полкой в сжатой зоне $K = 0$.

Для кольцевых сечений коэффициент K равен отношению размеров внутреннего диаметра к наружному

Для тавровых сечений с полкой в растянутой зоне, для коробчатых и двутавровых сечений коэффициент K следует определять:

при $(b_f - b) / h_f \geq 6$ по формуле

$$K = 1 - h_f / (2h_t), \quad (3)$$

при $(b_f - b) / h_f < 6$ по номограмме приложения Г

Здесь b_f и h_f – ширина и высота поперечного сечения растянутой полки.

5.17 Коэффициент условий работы бетона бетонных конструкций, учитывающий влияние на его прочность двухосного напряженного состояния определяется по формулам:

$$\gamma_{b5} = [1 + (\sigma_1 / |\sigma_3|)(R_b / R_{bt})]^{-1}; \tag{4}$$

$$\gamma_{b5} = [1 + (|\sigma_3| / \sigma_1)(R_{bt} / R_b)]^{-1}, \tag{5}$$

$$\gamma_{b5} = 1 + 4(1 - \alpha_2)(\sigma_1 / R_b); \tag{6}$$

$$\gamma_{b5} = \{ 1 + [(|\sigma_2| + |\sigma_3|) / \sigma_1] (R_{bt} / R_b) \}^{-1}; \tag{7}$$

$$\gamma_{b5} = \{ 1 + [(\sigma_1 + \sigma_2) / |\sigma_3|] (R_b / R_{bt}) \}^{-1}; \tag{8}$$

$$\alpha_2 = 0,5(1 - \sigma_1 / R_b) \tag{9}$$

$$\alpha_2 = 0,15. \tag{10}$$

$$\gamma_{b9} = 1 + 100\mu^2 v^2 / d, \tag{10}$$

5.21

, , :
:

$$\gamma_{b10} = 1 + (a + 4d) / h_t, \tag{11}$$

$$\gamma_{b10} = 1 + (c + 4d) / h_t; \tag{12}$$

8d;

$$\gamma_{b10} = 1 + (a + 4d_h + \sum a_i'') / h_t, \tag{13}$$

$$\gamma_{b10} = 1 + (c + 4d_h + \sum a_i'') / h_t. \tag{14}$$

(13) (14)

a – ;
 a_i'' – ;
 c – 6;
 h_t – ;
 d_h – .
 b_{10} ,

5.22

, ,

$$\gamma_{b11} = \left[1 + \gamma_{b8} \gamma_{b10} (\sigma_{mc} / \sigma_{mt}) (R_{bt,ser} / R_{b,ser}) \right]^{-1}, \tag{15}$$

σ_{mc}, σ_{mt} –

$$b_8 \ b_{10} \geq 2 \qquad b_8 \ b_{10} = 2, 0.$$

5.23

, ,

$$\gamma_{b12} = 1, 3 - \left[\lg N / (\lg 2 \cdot 10^6) \right] \cdot (1, 3 - \gamma'_{b12}), \tag{16}$$

N – ;

γ'_{b12} –
 $N = 2 \cdot 10^6,$ 7.

Т а б л и ц а 7

Состояние бетона по влажности	Коэффициенты условий работы бетона γ'_{b12} при многократно повторяющейся нагрузке и коэффициенте асимметрии цикла ρ_b , равном								
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Естественной влажности	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,0	
Водонасыщенный	0,45	0,50	0,60	0,70	0,80	0,85	0,95	1,0	
<p>Примечание</p> <p>1 Коэффициент γ'_{b12} для бетонов, класс которых установлен в возрасте 28 сут, принимается в соответствии с экспериментальными данными</p> <p>2 Коэффициент ρ_b равен $\rho_b = \sigma_{b,min}/\sigma_{b,max}$, где $\sigma_{b,min}$ и $\sigma_{b,max}$ соответственно наименьшее и наибольшее напряжение в бетоне в пределах цикла изменения нагрузки.</p>									

Т а б л и ц а 8

Минимальное число циклов нагружения N_{min} при коэффициенте асимметрии цикла ρ_b								
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$3 \cdot 10^3$	$6 \cdot 10^3$	10^4	$2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$	10^8

При числе циклов N менее приведенных в таблице 8 следует принимать $\gamma_{b12} = 1,0$.

5.24 Для сооружений I и II классов коэффициент условий работы растянутого бетона бетонных и железобетонных конструкций, учитывающий влияние швов бетонирования, следует определять на основании экспериментов

Для сооружений I и II классов на предварительных стадиях проектирования, а для сооружений III и IV классов – во всех случаях допускается принимать $\gamma_{b13} = 0,5$.

Для сжатого бетона во всех случаях следует принимать $\gamma_{b13} = 1,0$.

5.25 Коэффициенты условий работы бетона, учитывающие влияние разницы в возрасте бетона ко времени нагружения конструкций эксплуатационными нагрузками с возрастом твердения бетона, соответствующим его классу по прочности на сжатие или растяжение, для сооружений I и II классов определяются экспериментально, а при отсутствии экспериментальных данных и для сооружений III и IV классов принимаются по таблице 9.

Т а б л и ц а 9

Возраст бетона ко времени нагружения сооружения, год	Коэффициент γ_{b14}		
	при сжатии для районов		при растяжении
	со среднегодовой температурой наружного воздуха 0°C и выше	с отрицательной среднегодовой температурой наружного воздуха	
0,5	1,0/0,9	1,0/0,9	1,0/0,9
1,0	1,1/1,0	1,05/1,0	1,05/1,0
2,0	1,15/1,1	1,10/1,05	1,10/1,05
3,0 и более	1,20/1,15	1,15/1,10	1,15/1,10
<p>Примечание В числителе приведены значения коэффициента γ_{b14} при проектном возрасте бетона 180 сут, в знаменателе – при проектном возрасте бетона 360 сут.</p>			

5.26 , :
 $b_{15} = 1,0 -$, ;
 $b_{15} = 1,1 -$, .
 5.27 , 10.
 b

10 , 8 40
 G_b 0,4 E_b .
 ()
 : - 0,15,
 5.28 - 0,20.
 11.

5.29 , :
 : I, II, III,
 IV, V; - III, -IV, V ; III ;
 : - I.
 ,

5.30 III , IV V ,
 12.
 () 15 % .

Таблица 10

Способ уплотнения бетонной смеси	Осадка конуса бетонной смеси, см	Максимальный размер крупного заполнителя, мм	Начальные модули упругости бетона при сжатии и растяжении $E_p \cdot 10^{-3}$, МПа (кгс/см ²), при классе бетона по прочности на сжатие												
			B5	B7.5	B10	B12.5	B15	B17.5	B20	B22.5	B25	B27.5	B30	B32.5	B35
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Вибрирование	Менее 4	40	23,0 (235)	28,0 (285)	31,0 (315)	33,5 (340)	35,5 (360)	37,0 (380)	38,5 (395)	39,5 (405)	41,0 (420)	42,0 (430)	43,0 (440)	44,5 (455)	46,0 (470)
		80	26,0 (265)	30,0 (305)	34,0 (345)	36,5 (375)	38,5 (395)	40,0 (410)	41,5 (425)	42,5 (435)	43,5 (445)	44,5 (455)	45,0 (460)	46,5 (475)	47,5 (485)
		120	28,5 (290)	33,0 (340)	36,5 (365)	27,0 (275)	40,5 (415)	42,0 (430)	43,5 (445)	44,5 (455)	45,5 (465)	46,5 (475)	47,0 (480)	48,5 (495)	49,5 (505)
	4-8	40	19,5 (200)	24,0 (245)	27,0 (275)	29,5 (300)	31,5 (320)	33,0 (335)	34,5 (350)	36,0 (365)	37,0 (380)	38,0 (385)	39,5 (405)	41,0 (420)	42,5 (435)
		80	22,5 (230)	28,0 (285)	30,0 (305)	32,5 (330)	34,5 (350)	36,0 (370)	37,5 (380)	39,0 (400)	40,0 (410)	41,0 (420)	42,0 (430)	44,0 (450)	45,5 (465)
		120	24,5 (250)	29,0 (295)	32,5 (330)	35,0 (355)	37,0 (380)	38,5 (395)	40,0 (410)	41,0 (420)	41,0 (420)	42,0 (430)	43,0 (440)	44,0 (450)	45,5 (465)
	8-16	40	13,0 (135)	16,0 (165)	18,0 (185)	21,0 (215)	23,0 (235)	25,5 (260)	27,0 (275)	28,5 (290)	30,0 (305)	31,5 (320)	32,5 (330)	34,5 (350)	36,0 (365)
		80	15,5 (160)	19,0 (195)	22,0 (225)	24,5 (250)	26,5 (270)	28,5 (290)	30,0 (305)	31,5 (320)	33,0 (335)	34,0 (345)	35,0 (360)	36,5 (370)	37,5 (385)
		120	17,5 (180)	21,5 (220)	24,5 (250)	27,0 (270)	29,5 (295)	31,0 (315)	32,5 (330)	34,0 (345)	35,0 (350)	36,0 (365)	37,0 (380)	38,0 (390)	39,0 (400)
	Свыше 16	40	-	13,0 (135)	16,0 (165)	18,0 (185)	21,0 (215)	23,0 (235)	25,5 (260)	27,0 (275)	28,5 (290)	30,0 (305)	31,5 (320)	32,5 (330)	34,5 (350)
		80	-	15,5 (160)	19,0 (195)	22,0 (225)	24,5 (250)	26,5 (270)	28,5 (290)	30,0 (305)	31,5 (320)	33,0 (335)	34,0 (345)	35,0 (360)	36,5 (370)

Окончание таблицы 10

Способ уплотнения бетонной смеси	Осадка конуса бетонной смеси, см	Максимальный размер крупного заполнителя, мм	Начальные модули упругости бетона при сжатии и растяжении $E_b \cdot 10^{-3}$, МПа (кгс/см ²), при классе бетона по прочности на сжатие												
			В5	В7,5	В10	В12,5	В15	В17,5	В20	В22,5	В25	В27,5	В30	В32,5	В35
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Укладка	Вдоль слоев бетонирования														
	—	40	20,5 (210)	25,0 (255)	28,0 (285)	30,0 (310)	32,0 (325)	33,0 (340)	35,0 (355)	36,0 (365)	37,0 (375)	38,0 (385)	39,0 (400)	40,5 (415)	—
—	80	23,0 (235)	27,0 (275)	30,5 (310)	33,0 (335)	35,0 (350)	36,5 (375)	38,0 (390)	39,0 (400)	40,0 (410)	41,0 (420)	42,0 (430)	44,0 (450)	—	—
Укладка	Поперек слоев бетонирования														
	—	40	16,0 (165)	18,5 (190)	20,5 (210)	22,0 (225)	23,5 (240)	25,0 (255)	26,0 (265)	27,0 (275)	28,0 (285)	29,0 (295)	30,0 (305)	31,5 (320)	—
—	80	18,0 (185)	20,5 (210)	22,5 (230)	24,0 (245)	25,5 (260)	27,0 (275)	28,0 (285)	29,5 (300)	30,5 (310)	31,5 (320)	32,5 (330)	34,0 (345)	—	—

Т а б л и ц а 11

Плотность заполнителя, г/см ³	Средняя плотность бетона ρ , г/см ³ , при максимальной крупности заполнителя, мм				
	10	20	40	80	120
2,60 ÷ 2,65	2,26	2,32	2,37	2,41	2,43
2,65 ÷ 2,70	2,30	2,36	2,40	2,45	2,47
2,70 ÷ 2,75	2,33	2,39	2,44	2,49	2,50

Т а б л и ц а 12

Вид и класс арматуры	Нормативные сопротивления растяжению и расчетные сопротивления растяжению арматуры для предельных состояний второй группы, МПа (кгс / см ²), $R_{sn}; R_{s,ser}$	Расчетные сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, МПа (кгс/см ²)		
		растяжению		сжатию
		продольной R_s	поперечной (хомутов, отогнутых стержней) R_{sw}	R_{sc}
1	2	3	4	5
Стержневая арматура классов:				
А-I	235 (2400)	225 (2300)	175 (1800)	225 (2300)
А-II	295 (3000)	280 (2850)	225 (2300)	280 (2850)
А-III, диаметром, мм:				
6 8	390 (4000)	355 (3600)	285 (2900)	355 (3600)
10 – 40	390 (4000)	365 (3750)	290 (3000)	365 (3750)
А-IV	590 (6000)	520 (5200)	405 (4150)	400 (4000)
А-V	785 (8000)	680 (6950)	545 (5550)	400 (4000)
Упрочненная вытяжкой класса А-IIIв с контролем: напряжений и удлинений только удлинений	540 (5500) 540 (5500)	490 (5000) 450 (4600)	390 (4000) 360 (3700)	200 (2000) 200 (2000)
Проволочная арматура класса Вр-I, диаметром, мм:				
3	410 (4200)	375 (3850)	270 (2750)	375 (3850)
4	405 (4150)	365 (3750)	265 (2700)	365 (3750)
5	395 (4050)	360 (3700)	260 (2650)	360 (3700)
<p>П р и м е ч а н и е В сварных каркасах для хомутов из арматуры класса А-III, диаметр которых меньше 1/3 диаметра продольных стержней, R_{sw} равно 255 МПа (2600 кгс/см²).</p> <p>При отсутствии сцепления арматуры с бетоном R_{sc} равно нулю</p>				

При расчете арматуры по главным растягивающим напряжениям (балки-стенки, короткие консоли и др.) расчетные сопротивления арматуры следует принимать как для продольной арматуры на действие изгибающего момента.

При надлежащем обосновании для железобетонных конструкций гидротехнических сооружений допускается применять стержневую и проволочную

арматуру других классов, их нормативные и расчетные характеристики следует принимать по действующим нормативным документам

Примечание Начальные модули упругости бетонов, получаемых из литых (самоуплотняющихся) бетонных смесей следует принимать на 15% ниже.

5.31 Коэффициенты условий работы ненапрягаемой арматуры следует принимать по таблице 13, а напрягаемой арматуры – по действующим нормативным документам.

Коэффициент условий работы арматуры при расчете по предельным состояниям второй группы принимается равным единице.

Т а б л и ц а 13

Факторы, обуславливающие введение коэффициентов условий работы арматуры	Коэффициенты условий работы арматуры	
	Условное обозначение	Значение
Многokrатное повторение нагрузки	γ_{s1}	См. 5.32
Железобетонные элементы	γ_{s2}	1,1
Сталежелезобетонные конструкции (открытые и подземные)	γ_{s3}	0,9

Примечание – При наличии нескольких факторов, действующих одновременно, в расчет вводится произведение соответствующих коэффициентов условий работы

5.32 Расчетные сопротивления ненапрягаемой стержневой арматуры при расчете на выносливость следует определять по формуле

$$R'_s = \gamma_{s1} R_s, \quad (17)$$

где γ_{s1} – коэффициент условий работы арматуры, определяемый по формуле

$$\gamma_{s1} = 3,25 - \left[\lg N / \left(\lg 2 \cdot 10^6 \right) \right] (3,25 - \gamma'_{s1}) \quad (18)$$

и принимаемый не более $\gamma_{s1} = 1,0$.

Здесь γ'_{s1} – коэффициент условий работы арматуры при числе циклов нагружения $N = 2 \cdot 10^6$.

Значения γ'_{s1} определяются:

для арматуры классов А I, А II, А III по формуле (19),

для других классов арматуры – по СП 63.13330.

$$\gamma'_{s1} = (1,8 \eta_0 \eta_s \eta_c) / \left[1 - \rho_s (1 - \eta_0 \eta_s \eta_c / 1,8) \right] \quad (19)$$

Здесь η_0 – коэффициент, учитывающий класс арматуры, принимаемый по таблице 14;

η_s – коэффициент, учитывающий диаметр арматуры, принимаемый по таблице 15;

η_c – коэффициент, учитывающий тип сварного стыка, принимаемый по таблице 16;

ρ_s – коэффициент асимметрии цикла, $\rho_s = \sigma_{s,\min} / \sigma_{s,\max}$, где $\sigma_{s,\min}$ и $\sigma_{s,\max}$ – соответственно наименьшее и наибольшее напряжения в растянутой арматуре.

Формула (18) справедлива при $N < 2 \cdot 10^6$

При числе циклов нагружения $N \geq 2 \cdot 10^6$ следует принимать $\gamma_{s1} = \gamma'_{s1}$.

СП 41.13330.2012

Растянутая арматура на выносливость не проверяется, если коэффициент γ'_{s1} , определяемый по формуле (19), больше 1,0

Т а б л и ц а 14

Класс арматуры	Коэффициент η_0
A-I	0,44
A-II	0,32
A-III	0,28

Т а б л и ц а 15

Диаметр арматуры, мм	До 20	30	40	60 и более
Коэффициент η_s	1	0,9	0,85	0,8

П р и м е ч а н и е Для промежуточных значений диаметра арматуры значение коэффициента η_s принимается линейной интерполяцией.

Т а б л и ц а 16

Тип сварного соединения стержневой арматуры	Коэффициент η_c
Контактное стыковое типов: КС-М (с механической зачисткой) КС-О (без механической зачистки)	1,0 0,8
Стыковое, выполненное способом ванной одноэлектродной сварки на стальной подкладке при ее длине: 5 и более диаметров наименьшего из стыкуемых стержней 1,5 – 3 диаметра наименьшего из стыкуемых стержней	0,8 0,6
Стыковое с парными симметричными накладками	0,55

П р и м е ч а н и е Для арматуры, не имеющей сварных соединений, значение коэффициента η_c принимается равным единице.

5.33 Расчетные сопротивления арматуры при расчете на выносливость предварительно напряженных конструкций определяются по действующим нормативным документам.

5.34 Модули упругости ненапрягаемой и стержневой напрягаемой арматуры принимаются по таблице 17, а арматуры других видов – по действующим нормативным документам

Т а б л и ц а 17

Вид арматуры	Класс арматуры	Модуль упругости арматуры $E_s \cdot 10^{-3}$, МПа (кгс / см ²)
Стержневая	A I, A II	210 (2100)
	A-III	200 (2000)
	A-IV, A-V	190 (1900)
	A IIIв	180 (1800)
	Арматурная проволока	Вр-I	170 (1700)

5.35 При расчете железобетонных конструкций гидротехнических сооружений на выносливость неупругие деформации в сжатой зоне бетона следует учитывать

снижением модуля упругости бетона, принимая коэффициенты приведения арматуры к бетону ν' по таблице 18

Т а б л и ц а 18

Класс бетона по прочности на сжатие	B15	B20	B25	B30	B35	B40
Коэффициент приведения ν'	25	23	20	18	15	10

6 Конструктивные требования

6.1 При проектировании конструкций, испытывающих температурные и влажностные воздействия, для предотвращения трещинообразования необходимо предусматривать следующие конструктивные решения и технологические мероприятия.

6.1.1 Конструктивные решения:

выбор наиболее рациональной конструкции в данных природных условиях;
разрезка конструкции постоянными деформационно-осадочными швами;
разрезка конструкции постоянными и временными температурными и усадочными швами;

устройство теплоизоляции на наружных бетонных поверхностях;

применение предварительно напряженной арматуры (для тонкостенных конструкций).

Технологические мероприятия:

снижение тепловыделения бетона применением низкотермичных цементов, уменьшением расхода цемента за счет использования воздухововлекающих и пластифицирующих добавок, золы-уноса и др.;

регулирование температуры бетонных смесей;

максимальное рассеивание начальной теплоты и экзотермии за счет наиболее выгодного сочетания высоты ярусов бетонирования и интервалов между укладкой ярусов при заданной интенсивности роста сооружения;

регулирование температурного и влажностного режимов поверхностей бетонных массивов для защиты этих поверхностей от резких колебаний температуры среды и сохранения в теплое время года во влажном состоянии с помощью постоянной или временной теплоизоляции или теплогидроизоляции, поливки водой, устройства шатров с кондиционированием воздуха и т.п.;

применение грубого охлаждения бетонной кладки;

повышение однородности бетона, обеспечение его высокой растяжимости, повышение предела прочности на осевое растяжение;

замыкание статически неопределимых конструкций, а также омоноличивание массивных конструкций при температурах бетона, близких к его минимальным эксплуатационным температурам

Устройство постоянных и временных швов

6.2 Для предотвращения образования трещин или уменьшения их раскрытия в монолитных бетонных и железобетонных сооружениях необходимо предусматривать постоянные температурные швы, а также временные строительные швы.

Постоянные швы должны обеспечивать возможность взаимных перемещений частей сооружения как в процессе строительства, так и в процессе эксплуатации.

Временные строительные швы должны обеспечивать:

;

;

6.3 , , ;

,

6.4 , - ,

,

6.5 , ()

,

6.6 , -

,

6.7 0,05 %

6.8 2,5 d, d- ,

20 , : 30

1,5 , 1,5 ;

(

.) - 60 - ,

,

20, :
 - 60 ; 40 .
 10 15 .
 60 60 .
 6.9 $\mu \leq 0,008$,
 60 .
 6.10 , 40 % ,
 6.11 10 ,
 6.12 ,
 6.13 , 10 % ,
 6.14 .
 6.15 , , ()
 6.16 700 .
 0,1 % 400 , -
 200 .
 6.17 , ,

500

6.18

,
 .
 15d,
 - 20d, d -
 500 .

3 %,

10d 300 .

6.19

,
 ()
 ,
)
 450 - h/2 (1/4)
 450 - 150 ;
 , 450 - h/3 500 ;
) 2000 , - h/3;
 (3/4) h 500 ; 300 - 2000 -
 2000 - (3/4) h .

6.20

30

6.21

6.22

$$s_i \leq s (s_i s -$$

6.23

:
 , :

$$A_{sw,ad} = 0,2(\sigma_{sp} / R_{sw})A_{sp}, \quad (20)$$

, :

$$A_{sw,ad} = 0,3(\sigma_{sp} / R_{sw})A_{sp}, \quad (21)$$

σ_{sp} – ;
 A_{sp} – ,

6.31

II A III.

7

7.1

58.13330.

7 2

9 10.

8;

8;

, ()
 ()

9.

7.3 -) , , : , - , ; , - , , .

7.4 I II , , , .

7.5 , , .

7.6 (19) .

7.7 (,) , , , , , .

7.8 9. , ,

7.9 () , ,

7.10 Проверку прочности и трещиностойкости коротких балок и консолей, толстых плит и арок средней толщины допускается производить как по напряжениям, так и по усилиям. Напряжения в расчетных сечениях элемента определяются методами теории упругости (см. 7.7), а усилия – по величинам равнодействующих эпюр напряжений в сечении: $N = D - Z$; $M = Dz$ (здесь D и Z – равнодействующие эпюр сжимающих и растягивающих напряжений; z – плечо пары внутренних сил)

7.11 Плитные элементы консольного типа или опирающиеся по двум противоположным сторонам, нагрузка по ширине которых распределена равномерно, рассчитываются по прочности и трещиностойкости аналогично консольным или балочным элементам. Расчеты в этом случае производятся для участка плиты единичной ширины

Т а б л и ц а 19

№ п.п.	Отношение размеров элемента	Наименование элемента	Способ оценки наступления предельного состояния	
			по усилиям	по напряжениям
А. Балочные конструкции $b \leq 3 h$				
1	$l/h \geq 6$	Стержневой элемент балка	+	–
2	$3 \leq l/h < 6$	Короткая балка	+	+
3	$l/h < 3$	Балка-стенка	–	+
Б. Консольные конструкции $b \leq 3 h$				
4	$l/h \geq 3$	Стержневой элемент консоль	+	–
5	$1,5 \leq l/h < 3$	Короткая консоль	+	+
6	$l/h < 1,5$	Консольная стенка	–	+
В. Плитные конструкции – $b > 3 h$				
7	$a/h \geq 6$	Тонкая плита	+	–
8	$3 \leq a/h < 6$	Толстая плита	+	+
9	$a/h < 3$	Объемный элемент	–	+
Г. Арочные и кольцевые конструкции				
10	$t/R \leq 0,1$	Тонкая арка, кольцо	+	–
11	$0,1 < t/R \leq 0,25$	Арка, кольцо средней толщины	+	+
12	$t/R > 0,25$	Толстая арка, кольцо	–	+
<p>П р и м е ч а н и е В таблице приняты следующие обозначения: l – длина (пролет) балки или консоли; b и h – соответственно ширина и высота поперечного сечения элемента; a – длина меньшей стороны плиты; t – толщина арки, стенки кольца; R – радиус осевой линии арки, кольца.</p>				

7.12 Величину противодействия воды в расчетных сечениях элементов следует определять с учетом условий работы конструкций в эксплуатационный период, а также с учетом конструктивных и технологических мероприятий, указанных в 4.7.

В элементах массивных напорных бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений противодействие воды необходимо учитывать как объемную силу и определять по СП 40.13330.

7.13

$p\alpha_{2b}, p -$

$\alpha_{2b} -$

()

α_{2b}

I II

$\alpha_{2b} :$

1,0 -
0 -

7.14

(,

7.15

7.16

(

7.17

$$2 \cdot 10^6$$

(, .).

8

8.1

(, 19),

(19)

8.2

8.3

8.4

10.

$$\gamma_{lc} \gamma_n M \leq \gamma_c \gamma_b R_{bt} W_t, \tag{22}$$

lc, n- , 58.13330;

$$b = b_1 \cdot b_2 \cdot b_3 \cdot b_4 \cdot b_{13} \cdot b_{14} \cdot b_{15} -$$

5;

$$\frac{R_{bt}}{W_t} - ;$$

8.5

бетона (рисунок 1) из условия ограничения величины краевых сжимающих и растягивающих напряжений по следующим формулам

При расчете без учета сопротивления бетона растянутой зоны:

$$\gamma_{lc}\gamma_n\sigma_b = \varphi\gamma_c\gamma_b R_b, \quad (23)$$

где σ_b — краевое сжимающее напряжение;

φ — коэффициент, учитывающий влияние гибкости элементов и принимаемый по таблице 20;

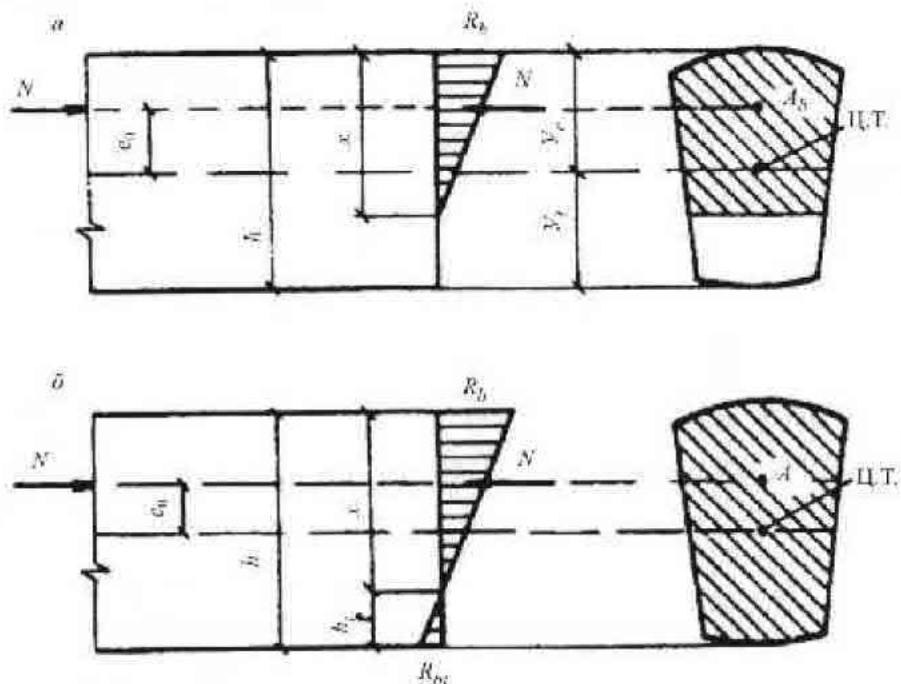
$\gamma_b = \gamma_{b1} \gamma_{b2} \gamma_{b14} \gamma_{b15}$;

R_b — расчетное сопротивление бетона на сжатие.

Т а б л и ц а 20

l_0/b для сечения прямоугольной формы	l_0/r для сечения произвольной симметричной формы	Коэффициент φ
До 4	До 14	1,0
4	14	0,98
6	21	0,96
8	28	0,91
10	35	0,86

Примечание Обозначения, принятые в таблице: l_0 — расчетная длина элемента; b — наименьший размер прямоугольного сечения; r — наименьший радиус инерции сечения.



a без учета сопротивления бетона растянутой зоны;

б с учетом сопротивления бетона растянутой зоны

Рисунок 1 Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси внецентренно сжатого бетонного элемента

$$\gamma_{lc}\gamma_n N \leq 1,5\gamma_c\gamma_b\varphi(0,5 - \eta)R_b F, \tag{24}$$

$$F = bh -$$

$$\eta = e_0 / h -$$

$$\gamma_{lc}\gamma_n (Ne_0 / W_t - N / F) \leq \varphi\gamma_c\gamma_b R_{bt}, \tag{25}$$

$$W_t -$$

$$\gamma_b = \gamma_{b1} \gamma_{b2} \gamma_{b3} \gamma_{b4} \gamma_{b13} \gamma_{b14} \gamma_{b15} \cdot$$

(25)

8.6 $e_0 \leq W_t / F.$
 $l_0 / b > 12 \quad l_0 / r > 35$

8.7 $0,3 h$ (24),

$0,325 h -$
 $e_0 > 0,3 h (\quad e_0 > 0,325 h)$

$$\gamma_{lc}\gamma_n \sigma_{yt} \leq \varphi\gamma_c\gamma_b R_{bt}, \tag{26}$$

$$\sigma_{yt} -$$

$$\sigma_{yt}, \quad h_{yt},$$

().

20

$$\gamma_{lc}\gamma_n \sigma_b \leq 12\varphi\gamma_c\gamma_b R_{bt}, \tag{27}$$

$$\gamma_b = \gamma_{b1} \cdot \gamma_{b5} \cdot \gamma_{b13} \cdot \gamma_{b14} \cdot \gamma_{b15} \cdot$$

8.8

$$\gamma_{lc}\gamma_n \sigma_{mt} \leq \gamma_c\gamma_b R_{bt}, \tag{28}$$

$$\gamma_b = \gamma_{b1} \gamma_{b2} \gamma_{b3} \gamma_{b5} \gamma_{b13} \gamma_{b14} \gamma_{b15};$$

$\sigma_{mt} -$

$$\sigma_{mt(mc)} = (\sigma_x + \sigma_y) / 2 \pm \left\{ \left[(\sigma_x - \sigma_y) / 2 \right]^2 + \tau_{xy}^2 \right\}^{1/2}, \quad (29)$$

σ_x, σ_y — ;

τ_{xy} —

$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ — « » — « » —

(29) « » ,

τ_{xy}

30° τ_{xy}

$$\tau_{xy} = QS_y / (Ib) + [M \operatorname{tg} \theta / (Ih)] (1,5y^2 - hy), \quad (30)$$

y — () ;

S_y — () y () h_t

b_3

8.9 , $b_3 = 1,0$ ($h_t = \infty$)

σ_{mt} σ_m .

(30)

$$\gamma_{lc} \gamma_n \sigma_m \leq \gamma_c \gamma_b R_b, \quad (31)$$

$\gamma_b = \gamma_{b1} \gamma_{b2} \gamma_{b14} \gamma_{b15}$.

8.10 () 19),

При наличии крутящих моментов следует проверить прочность сечений, ограниченных в растянутой зоне спиральной трещиной наиболее опасного из возможных направлений.

Кроме того, следует производить расчет элементов на местное действие нагрузки (смятие, продавливание, отрыв).

Расчет прочности железобетонных элементов, в которых условия наступления предельных состояний не могут быть выражены через усилия в сечениях, следует выполнять для площадок действия главных растягивающих напряжений в бетоне в соответствии с указаниями данного подраздела.

8.11 Предельные усилия в сечении, нормальном к продольной оси элемента, следует определять, исходя из следующих предпосылок:

сопротивление бетона растяжению принимается равным нулю;

сопротивление бетона сжатию представляется напряжениями, равными R_b , распределенными равномерно по сжатой зоне бетона;

растягивающие напряжения в арматуре принимаются не более расчетного сопротивления растяжению R_s (для стержневой арматуры) и R_{st} (для листовой арматуры);

сжимающие напряжения в арматуре принимаются не более расчетного сопротивления сжатию R_{sc} и R'_{st} ;

при установке в сечении элемента арматуры разных видов и классов ее вводят в расчет прочности с соответствующими расчетными сопротивлениями.

Примечание Допускается массивные элементы, высота поперечного сечения которых превышает 1,5 м, рассчитывать в предположении треугольной эпюры напряжений в бетоне сжатой зоны.

8.12 Расчет сечений, нормальных к продольной оси элемента, когда внешняя сила действует в плоскости оси симметрии сечения и арматура сосредоточена у перпендикулярных к указанной плоскости граней элемента, необходимо производить в зависимости от соотношения между относительной высотой сжатой зоны бетона $\xi = x / h_0$ и относительной высотой сжатой зоны бетона ξ_R , при которой предельное состояние наступает одновременно с достижением в растянутой арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению R_s с учетом соответствующих коэффициентов условий работы арматуры. Относительная высота сжатой зоны ξ определяется из соответствующих условий равновесия элемента под действием системы внешних и внутренних сил

Изгибаемые и внецентренно растянутые с большим эксцентриситетом железобетонные элементы, как правило, должны удовлетворять условию $\xi \leq \xi_R$. Для элементов, симметричных относительно плоскости действия момента и нормальной силы, армированных ненапрягаемой арматурой, граничные значения надлежит принимать по таблице 21, а армированных напрягаемой арматурой по действующим нормативным документам.

Т а б л и ц а 21

Класс арматуры	Граничные значения ξ_R при классе бетона		
	В17,5 и ниже	от В20 до В30	В35 и выше
А-I	0,70	0,65	0,60
А II, А III, Вр I	0,65	0,60	0,50

8.13
2 ;

8.14 ()

30
(2), $\xi \leq \xi_R$

:

$$\gamma_{lc}\gamma_n M \leq \gamma_c(\gamma_b R_b S_b + \gamma_s R_{sc} S'_s + \gamma_s R'_{si} S'_{si}) \tag{32}$$

:

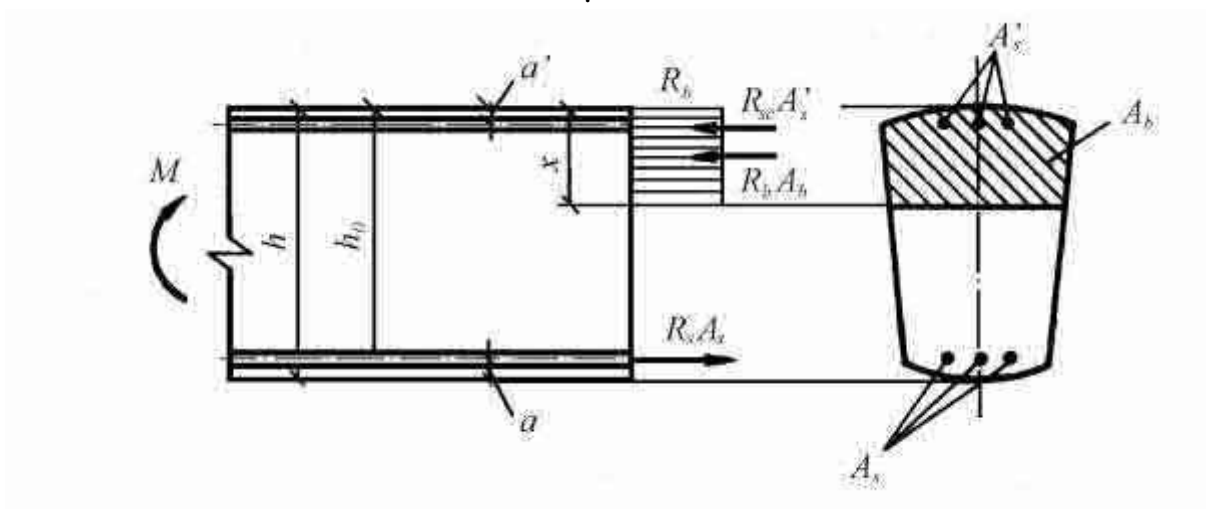
$$\gamma_b R_b A_b + \gamma_s R_{sc} A'_s + \gamma_s R'_{si} A'_{si} = \gamma_s R_s A_s + \gamma_s R_{si} A_{si} \tag{33}$$

(32) (33)

$R_s, R_{sc}, R_{si}, R'_{si}$ -

$A_b, A_s, A'_s, A_{si}, A'_{si}$

S_b, S'_s, S'_{si} -



2 Cx

p

$$A_b = bx; \quad A_{si} = bd_{si}; \quad A'_{si} = bd'_{si};$$

$$S_b = A_b(h_0 - 0,5x); \quad S'_s = A'_s(h_0 - a'); \quad S'_{si} = A'_{si}(h_0 + 0,5d_{si}),$$

$$\begin{aligned}
 h, b &- && ; \\
 a, a' &- && \\
 & & A_s & A'_s \\
 & & & ; \\
 d_{si}, d'_{si} &- & & A_{si} & A'_{si} \\
 & & ; & & \\
 h_0 = h - y_s - d'_s &- & & .
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$y_s = [R_s A_s (a + d_{si}) + 0,5 R_{si} A_{si} d_{si}] / (R_s A_s + R_{si} A_{si}). \tag{34}$$

$$\begin{aligned}
 & (\tag{32} \tag{33} \\
 & (\tag{32} \tag{33} :
 \end{aligned}$$

$$\gamma_l \gamma_n M \leq \gamma_c [\gamma_b R_b b x (h_0 - 0,5x) + \gamma_s R_{sc} A'_s (h_0 - a')]; \tag{35}$$

$$\gamma_b R_b b x + \gamma_s R_{sc} A'_s = \gamma_s R_s A_s. \tag{36}$$

$$\begin{aligned}
 & \xi > \xi_R \tag{34} - \tag{38}, \\
 x = \xi_R h_0. &
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \tag{3} : \\
 & \tag{3} :
 \end{aligned}$$

$$\gamma_{lc} \gamma_n N e \leq \gamma_c (\gamma_b R_b S_b + \gamma_s R_{sc} S'_s + \gamma_s R_{si} S'_{si}), \tag{37}$$

$e -$

$$\begin{aligned}
 \xi \leq \xi_R & : \\
 \gamma_{lc} \gamma_n N & \leq \gamma_c (\gamma_b R_b A_b + \gamma_s R_{sc} A'_s + \gamma_s R_{si} A'_{si} - \gamma_s R_s A_s - \gamma_s R_{si} A_{si}); \tag{38}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \xi > \xi_R & : \\
 \gamma_{lc} \gamma_n N & \leq \gamma_c (\gamma_b R_b A_b + \gamma_s R_{sc} A'_s + \gamma_s R_{si} A'_{si} - \gamma_s \sigma_s A_s - \gamma_s \sigma_{si} A_{si}), \tag{39}
 \end{aligned}$$

$\sigma_s, \sigma_{si} -$

$$\sigma_s = \left\{ \left[\frac{2(1-\xi)}{(1-\xi_R)} \right] - 1 \right\} R_s, \tag{40}$$

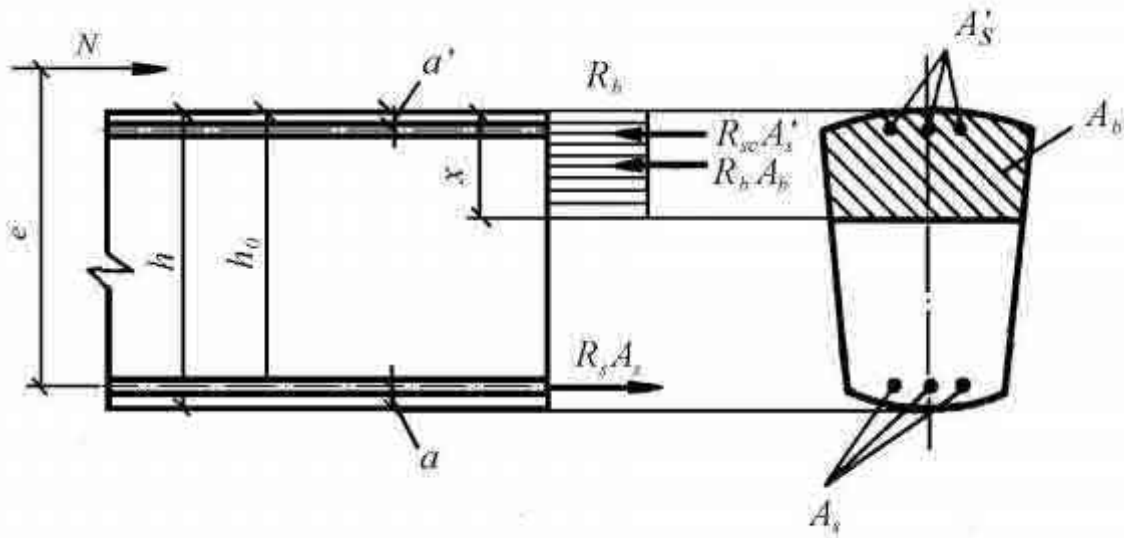
$$\sigma_{si} = \left\{ \left[\frac{2(1-\xi)}{1-\xi_R} \right] - 1 \right\} R_{si} \tag{41}$$

:

$$A_b = bx; \quad A_{si} = bd_{si}; \quad A'_{si} = bd'_{si}; \quad S_b = bx(h_0 - 0,5x);$$

$$S'_s = A'_s(h_0 - a'); \quad S'_{si} = bd_{si}(h_0 - 0,5d'_{si})$$

(37) – (39)



3

(37)

$$\gamma_{lc} \gamma_n N e \leq \gamma_c \left[\gamma_b R_b b x (h_0 - 0,5x) + \gamma_s R_{sc} A'_s (h_0 - a') \right] \tag{42}$$

:

$$\xi \leq \xi_R$$

:

$$\gamma_{lc} \gamma_n N \leq \gamma_c (\gamma_b R_b b x + \gamma_s R_{sc} A'_s - \gamma_s R_s A_s); \tag{43}$$

$$\xi > \xi_R$$

:

$$\gamma_{lc} \gamma_n N \leq \gamma_c (\gamma_b R_b b x + \gamma_s R_{sc} A'_s - \gamma_s \sigma_s A_s), \tag{44}$$

σ_s –

,

$$\tag{40}$$

8.16

$$l_0 / h \geq 10$$

$l_0 / r \geq 35$

8.17

()
N.

$$A_s \quad A_{si} \quad N \quad A'_s \quad A'_{si} \quad (4,),$$

$$\gamma_{lc} \gamma_n N e / (e + e') \leq \gamma_c (\gamma_s R_s A'_s + \gamma_s R_{si} A'_{si}); \tag{45}$$

$$\gamma_{lc} \gamma_n N e' / (e + e') \leq \gamma_c (\gamma_s R_s A_s + \gamma_s R_{si} A_{si}). \tag{46}$$

(34).

:

$$y'_s = [R_{sc} A'_s (a' + d'_{si}) + 0,5 R_{si} A'_{si} d'_{si}] / (R_s A'_s + R_{si} A'_{si}) \tag{47}$$

(45), (46)

$d_{si} \quad d'_{si}$.

N

$A_s \quad A_{si}$

$A'_s \quad A'_{si}$

() (4,)

$$\xi \leq \xi_R$$

()

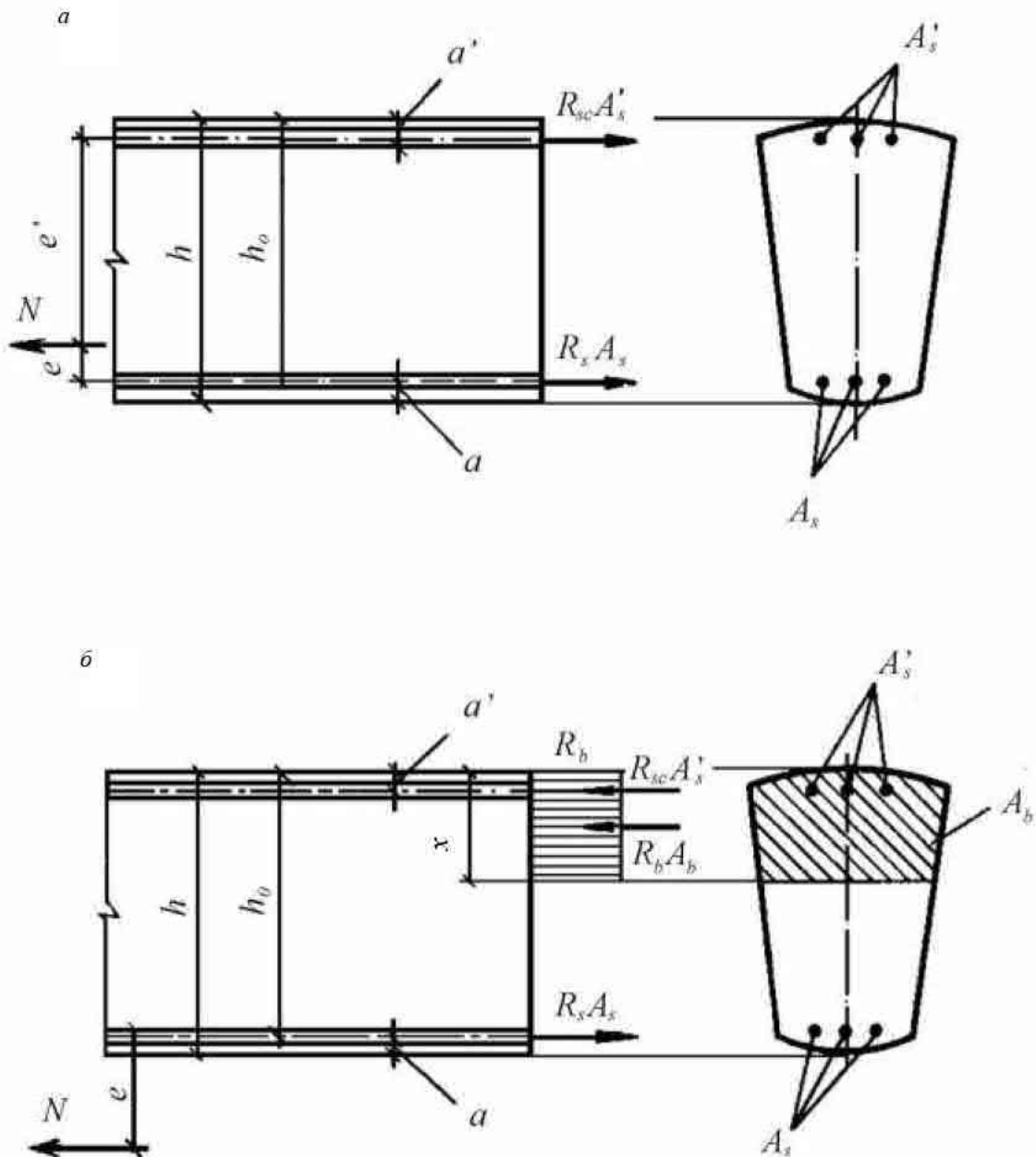
:

$$\gamma_{lc} \gamma_n N e \leq \gamma_c (\gamma_b R_b S_b + \gamma_s R_{sc} S'_s + \gamma_s R'_{si} S'_{si}). \tag{48}$$

:

$$\gamma_{lc} \gamma_n N \leq \gamma_c (\gamma_s R_s A_s + \gamma_s R_{si} A_{si} \quad \gamma_b R_b A_b \quad \gamma_s R_{sc} A'_s \quad \gamma_s R'_{si} A'_{si}) \tag{49}$$

() (48) (49)



- a* продольная сила N приложена между равнодействующими усилий в арматуре A_s и A'_{si} ;
б продольная сила N приложена за пределами расстояния между равнодействующими усилий в арматуре A'_s и A'_{si}

Рисунок 4 Схема усилий и эпюра напряжений в сечении, нормальном к продольной оси внецентренно растянутого железобетонного элемента, при расчете его по прочности

Для железобетонных (не имеющих листовой арматуры) элементов прямоугольного сечения условие прочности (49) принимает вид:

$$\gamma_{lc} \gamma_n N e \leq \gamma_c \left[\gamma_b R_b b x (h_0 - 0,5x) + \gamma_s R_{sc} A'_s (h_0 - a') \right] \quad (50)$$

При этом положение нейтральной оси определяется из условия:

$$\gamma_{lc}\gamma_n N \leq \gamma_c (\gamma_s R_s A_s - \gamma_s R_{sc} A'_s - \gamma_b R_b b x). \quad (51)$$

(8.18) $\xi > \xi_R$ (50), $x = \xi_R h_0$

$$\gamma_{lc}\gamma_n N \leq \gamma_c (\gamma_s R_s A_s + \gamma_s R_{si} A_{si}). \quad (52)$$

$$A_{si} = b d_{si}. \quad (52)$$

$$\gamma_{lc}\gamma_n N \leq \gamma_c \gamma_s R_s A_s. \quad (53)$$

(8.19) $(e' = e; N, 4,)$

$$\gamma_{lc}\gamma_n \sigma_s \leq \gamma_c \gamma_s R_s; \quad (54)$$

$$\gamma_{lc}\gamma_n \sigma_{si} \leq \gamma_c \gamma_s R_{si}, \quad (55)$$

8.20 $\sigma_s \quad \sigma_{si} -$

$$\gamma_{lc}\gamma_n Q \leq 0,25 \gamma_c \gamma_b \gamma_j R_{bt} b h_0, \quad (56)$$

8.21 $b -$

$$\gamma_{lc}\gamma_n Q \leq 0,25 \gamma_c \gamma_b \gamma_j R_{bt} b h_0, \quad (57)$$

$$\gamma_{lc}\gamma_n Q \leq \gamma_c \gamma_b \gamma_j Q_b, \quad (58)$$

8.22 $Q_b -$

$$Q_b \leq \varphi_2 \varphi_3 \gamma_j R_{bt} b h_0 \operatorname{tg} \beta, \quad (59)$$

$\varphi_2 = 0,5 + 2 \xi;$
 $\varphi_3 = 1,0 \quad h < 0,6 ;$
 $0,83 \quad h \geq 0,6 ;$
 $j -$

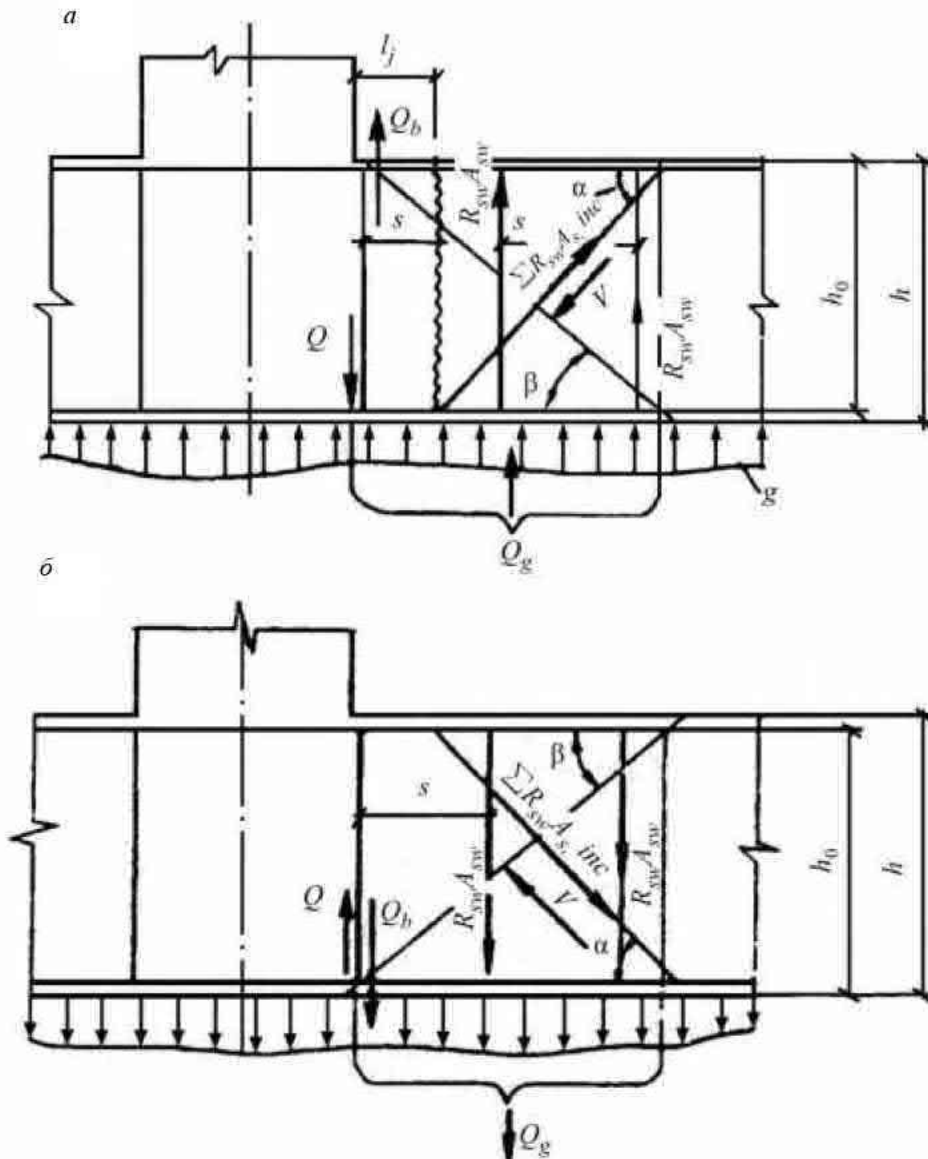
Таблица 22

l_j/h_j	0,45 и меньше	От 0,46 до 0,64	0,65 и выше
γ_j	1,0	$1 - [(l_j/h_j) - 0,45]$	0,80

Обозначения, принятые в таблице 22:

l_j — расстояние между сечением по шву и нормальным сечением, проходящим через конец наклонного сечения в сжатой зоне (рисунок 5, а);

h_j — высота сечения по шву.



а нагрузка действует в сторону элемента;

б нагрузка действует в сторону от элемента, где знаки «плюс» и «минус» следует применять соответственно для внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов

Рисунок 5 Схема усилий в сечении, наклонном к продольной оси железобетонного элемента, при расчете его по прочности на действие поперечной силы

ξ :

$$\xi = \mu R_s / R_b ; \tag{60}$$

$$\xi = \mu R_s / R_b \pm N / (bh_0 R_b). \tag{61}$$

$$Q_b = 0$$

$$\text{tg}\beta = 2 / [1 + M / (Q h_0)]. \tag{62}$$

$$\text{tg}\beta \quad 1,5 \quad 0,5. \tag{60} :$$

$$Q_{b1} = [0,6\varphi_s\varphi_3(1+\varphi_n)\gamma_j R_{bt}bh_0^2] / c, \tag{63}$$

$$Q_{b1} = \varphi_s\varphi_3(1+\varphi_n)\gamma_j R_{bt}bh_0; \tag{64}$$

$$Q_{b2} = [0,8\varphi_s\varphi_3(1+\varphi_n)\gamma_j R_{bt}bh_0] / [1 + M / (Qh_0)], \tag{65}$$

$\varphi_s -$, ,

$$\varphi_s = 1 + 50A_s / (bh_0) \tag{66}$$

2,0;

$\varphi_n -$, , (

$$\varphi_n = 0,1N / (R_{bt}bh_0), \tag{67}$$

0,5;

$$\varphi_n = 0,2N / (R_{bt}bh_0), \tag{68}$$

0,8 ;

$c -$,

$$(62) \quad (65) \quad M \quad Q -$$

$$Q_{b1} \quad (63).$$

g1

$$c = \left\{ \left[[0,6\varphi_s(1+\varphi_n)\gamma_j R_{bt} b h_0^2] / g_1 \right] \right\}^{1/2}. \tag{69}$$

$$(58) \quad Q_b = Q_{b1} \tag{58}$$

$$Q_b = Q_{b2}. \tag{65}$$

$$Q_{b2} \tag{58}$$

$$(58)$$

$$Q_{b1} = Q_{b2}.$$

8.22

(5)

$$\gamma_{lc} \gamma_n Q_1 \leq \gamma_c (\sum \gamma_s R_{sw} A_{sw} + \sum \gamma_s R_{sw} A_{s,inc} \sin \alpha + \gamma_{b7} Q_b), \tag{70}$$

$$Q_1 =$$

$$\sum \gamma_s R_{sw} A_{sw}; \sum \gamma_s R_{sw} A_{s,inc} \sin \alpha =$$

$$\alpha =$$

5, ,

$$Q_1 = Q - Q_g + V \cos \beta, \tag{71}$$

$$\frac{Q}{Q_g} =$$

$$V =$$

$$\alpha_{2b} = 1,0.$$

$$5, , Q_g \tag{71}$$

$$8.23 \tag{58} \quad Q_b = Q_{b1} \quad Q_b = Q_{b2}$$

$$\gamma_{lc} \gamma_n Q \leq \gamma_c (\gamma_{b7} Q_{b1} + Q_{sw}); \tag{72}$$

$$\gamma_{lc} \gamma_n Q \leq \gamma_c (\gamma_{b7} Q_{b2} + Q_{sw}), \tag{73}$$

41.13330.2012

Q_{sw} — ,

$$Q_{sw} = q_{sw} \left\{ \left[0,6\varphi_s (1 + \varphi_n) \gamma_j R_{bt} b h_0^2 \right] / q_{sw} \right\}^{1/2}, \quad (74)$$

q_{sw} — ,

$$q_{sw} = \gamma_s R_{sw} A_{sw} / s, \quad (75)$$

s — .

(72) (73)
8.24

(),

S_{max} ,

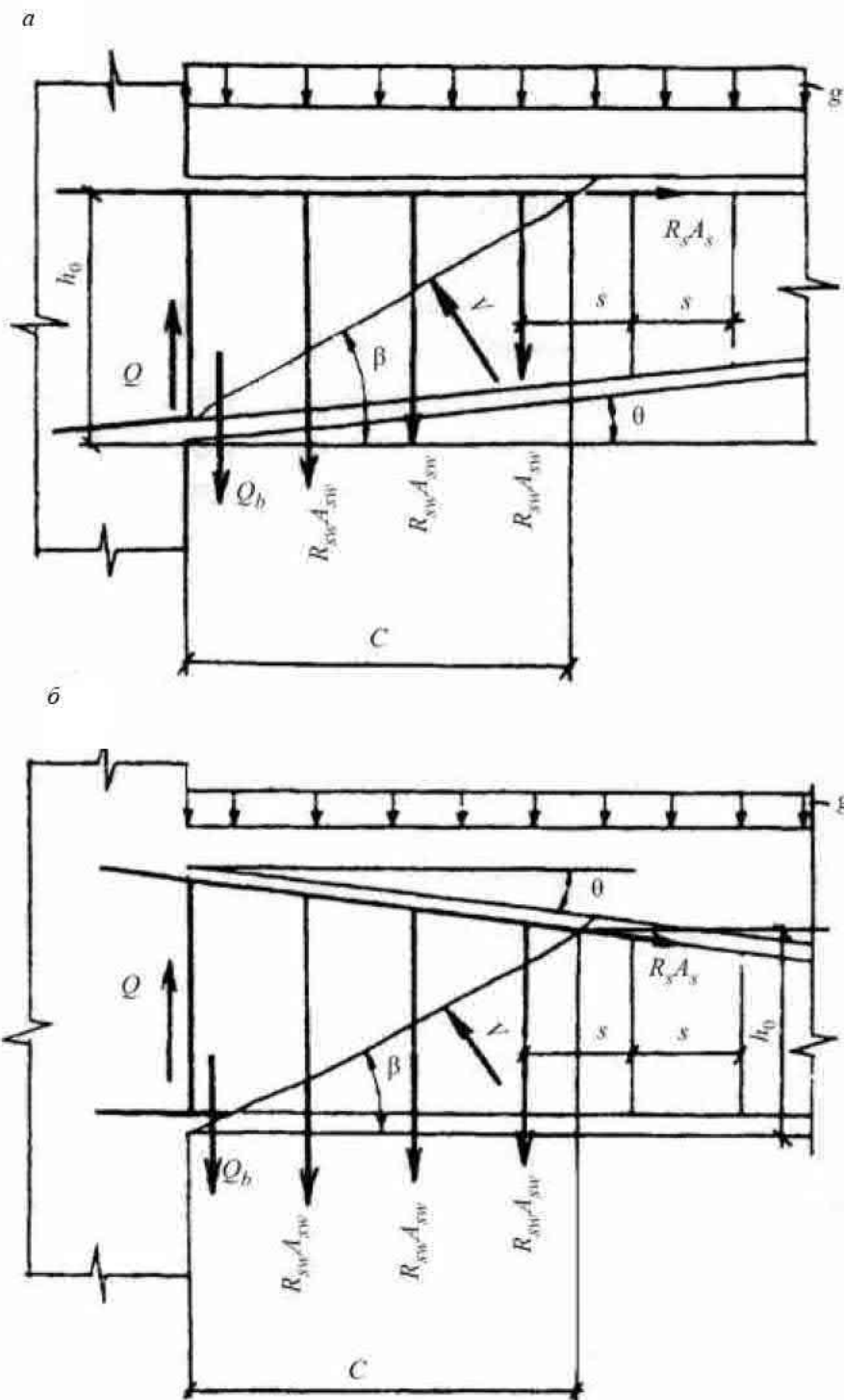
$$S_{max} = \gamma_c \gamma_{b7} \varphi_2 R_{bt} b h_0^2 / \gamma_{lc} \gamma_n Q_1. \quad (76)$$

8.25

:

(6,);

(6,);

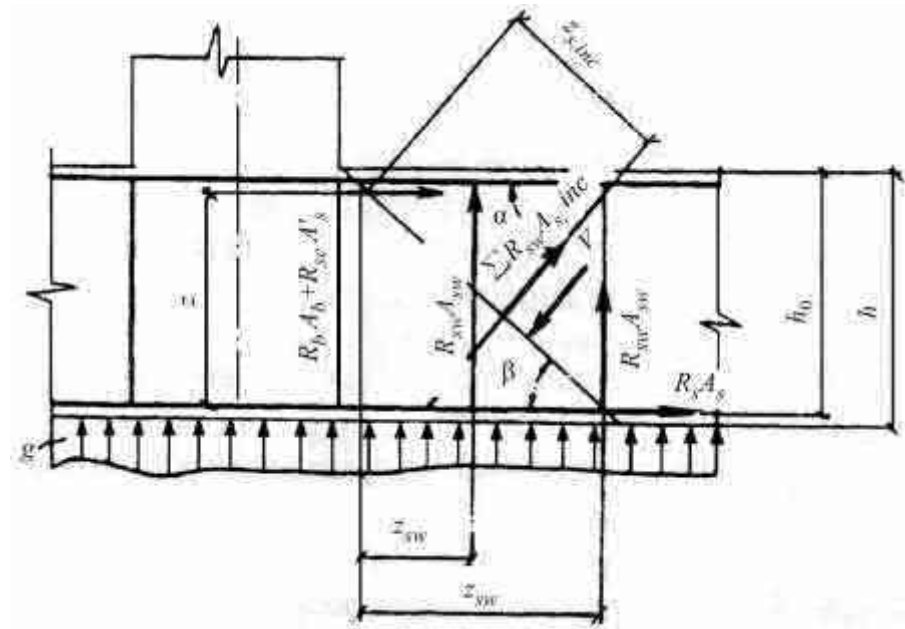


а наклонная грань сжата; б наклонная грань растянута

Рисунок 6 Схема усилий в сечении, наклонном к продольной оси железобетонного элемента, с наклонной гранью при расчете его по прочности на действие поперечной силы

$$\gamma_{lc}\gamma_n M \leq \gamma_c \left(\gamma_s R_s A_s z + \sum \gamma_s R_{sw} A_{s,inc} z_{s,inc} + \sum \gamma_s R_{sw} A_{sw} z_{sw} \right), \quad (77)$$

$\gamma_s R_s A_s z$; $\sum \gamma_s R_{sw} A_{s,inc} z_{s,inc}$; $\sum \gamma_s R_{sw} A_{sw} z_{sw}$ —
 z ; $z_{s,inc}$; z_{sw} —
 (7).



7

$$Q_b = 0.$$

8.14.

8.27

$$l_g = \left[(\gamma_{lc} \gamma_n Q - 0,75 \gamma_c \gamma_s R_{sw} A_{s,inc} \sin \alpha) / (1,5 q_{sw}) \right] + 5d, \quad (78)$$

Q – ;
 $A_{s,inc}; \alpha$ – ;
 q_{sw} – ;
 l_g – ;
 l_g – ;

$$q_{sw} = \gamma_s R_{sw} A_{sw} / s, \quad (79)$$

d – ;

$$\gamma_{lc} \gamma_n Q \leq 0,25 \gamma_c \gamma_{b7} R_{bt,ser} b h_0 \quad (80)$$

8.28

h (),

8.29

8.30

$$\gamma_{lc} \gamma_n \sigma \leq \gamma_c \gamma_b R_b, \quad (81)$$

$$\gamma_{lc} \gamma_n \sigma_s \leq \gamma_c \gamma_{s1} R_s, \quad (82)$$

σ – ;
 σ_s – ;

$$\gamma_b = \gamma_{b7} \cdot \gamma_{b12} \cdot \gamma_{b14} \cdot \gamma_{b15}.$$

8 31

σ σ_s

5.35.

9 7

8.32

$$\gamma_{lc}\gamma_n\sigma_{mt} \leq \gamma_c\gamma_b R_{bt}, \quad (83)$$

$\sigma_{mt} -$;

$$\gamma_b = \gamma_{b5} \gamma_{b7} \gamma_{b12} \gamma_{b13} \gamma_{b14} \gamma_{b15}.$$

(29) 8.8.

$$\sigma_y = 0, \quad \sigma_x \quad \tau_{xy} \quad :$$

$$\sigma_x = My / I_{red} \pm N / A_{red}, \quad (84)$$

$$\tau_{xy} = QS_{red} / (I_{red}b), \quad (85)$$

$A_{red} \quad I_{red}$

$S_{red} -$

y

$b -$

(84)

« »

« » -

5.35.

8.8.

(83)

$$\sigma_s \leq s_1 R_s .$$

9

9 1

)

) ;
) ;
 0,2 , : , , , , , :
 , , , , , :
 , ;
 ;
 9 2 , . :
 , :

$$\gamma_{lc} N \leq \gamma_c \gamma_b R_{bt,ser} A_{red}, \tag{86}$$

$$b = b_7 \cdot b_8 \cdot b_9 \cdot b_{13} \cdot b_{14} \cdot b_{15}.$$

$$b_8 \cdot b_9 > 2 \qquad b_8 \cdot b_9 = 2,0;$$

$$\gamma_{lc} M \leq \gamma_c \gamma_b R_{bt,ser} W_{t,red}, \tag{87}$$

$$b = b_7 \cdot b_8 \cdot b_{10} \cdot b_{13} \cdot b_{14} \cdot b_{15}.$$

$$b_8 \cdot b_{10} > 2 \qquad b_8 \cdot b_{10} = 2,0;$$

$$\gamma_{lc} (M / W_{t,red} - N / A_{red}) \leq \gamma_c \gamma_b R_{bt,ser}, \tag{88}$$

$$b = b_7 \cdot b_8 \cdot b_{10} \cdot b_{13} \cdot b_{14} \cdot b_{15}.$$

$$b_8 \cdot b_{10} > 2 \qquad b_8 \cdot b_{10} = 2,0;$$

$$\gamma_{lc} (M / \gamma_{b10} W_{t,red} + N / \gamma_{b9} A_{red}) \leq \gamma_c \gamma_b R_{bt,ser}, \tag{89}$$

$$b = b_7 \cdot b_8 \cdot b_{13} \cdot b_{14} \cdot b_{15}.$$

$$(89) \qquad :$$

$$b_9 - \qquad ;$$

$$b_{10} -$$

$$(86) \quad (89)$$

, .

9 3 ,

,
 (22) (25),
 $n = 1,0$, $lc = 1,0$ $R_{bt,ser}$

9.4

:

;

;

$$\gamma_{lc} \sigma_{mt} \leq \gamma_c \gamma_b R_{bt}, \tag{90}$$

$$\begin{aligned} b &= b_1 \quad b_2 \quad b_3 \quad b_5 \quad b_{13} \quad b_{14} \quad b_{15} - & ; \\ b &= b_7 \quad b_8 \quad b_{10} \quad b_{11} \quad b_{13} \quad b_{14} \quad b_{15} - & ; \\ b &= b_1 \quad b_2 \quad b_5 \quad b_{12} \quad b_{13} \quad b_{14} \quad b_{15} - \end{aligned}$$

$$b = b_7 \quad b_{11} \quad b_{12} \quad b_{13} \quad b_{14} \quad b_{15} -$$

8.8.

(90)

$b_3 -$

$b_{10} -$

h_t

b_8

9.5

$$a_{cr} \leq \gamma_c \Delta_{cr}, \tag{91}$$

$$\begin{aligned} a_{cr} & \Delta_{cr} - & , & ; & 9.8. \\ a_{cr} & , & , & , \end{aligned}$$

9.6

$$a_{cr} = \delta \varphi_l \eta \left[(\sigma_s - \sigma_{s,bg}) / E_s \right] 7(4 - 100\mu) d^{1/2}, \tag{92}$$

$\delta -$

$- 1,0;$

$- 1,2;$

$\varphi_l -$

$(F_c \quad F_l -$

: $F_l / F_c < 2 / 3 - 1,0;$ $F_l / F_c \geq 2 / 3 - 1,3;$

);

);

);

$2 - \rho_s (\rho_s -$

);

$- 0,9;$

);

$- 1,0,$

$- 1,4,$

$- 1,2;$

$\sigma_s - 9 7$

);

7.12

$7.13;$

$\sigma_{s,bg} -$

$\sigma_{s,bg} = 20$;

$\sigma_{s,bg} = 0;$

$\mu -$

$d \quad \mu = A_s / (b h_0), \quad 0,02;$

$d = \sum_l^k n_i d_i^2 / \sum_l^k n_i d_i,$

$n -$

9.7

);

$\sigma_s = M / (A_s z); \quad (93)$

$\sigma_s = N / A_s; \quad (94)$

$\sigma_s = N(e \pm z) / A_s z; \quad (95)$

);

S

$\sigma_s = N e' / A_s (h_0 - a'); \quad (96)$

S'

$\sigma_s = N e' A_s' (h_0 - a') \quad (97)$

$(93) \quad \ll \quad \gg$

$\ll \quad \gg -$

$(93) \quad (95) z (\quad)$

9.8 Допускаемую ширину раскрытия трещин Δ_{cr} , мм, для массивных напорных конструкций следует принимать не более величин, приведенных в таблицах 23, 24.

Для сооружений II – IV классов предельная ширина раскрытия трещин определяется умножением полученных по таблицам значений Δ_{cr} , мм, на коэффициенты, равные соответственно 1,3; 1,6; 2,0. При этом ширина раскрытия трещин принимается не более 0,5 мм

Для тонкостенных конструкций при отсутствии агрессивной среды допустимая ширина раскрытия трещин принимается в соответствии с указаниями действующих нормативных документов.

Приведенные в таблицах 23 и 24 значения Δ_{cr} принимаются с учетом применения арматуры классов А I, А II, А III, Вр I. При применении арматуры других классов предельная ширина раскрытия трещин принимается не более величин, полученных по настоящим таблицам.

При бикарбонатной щелочности воды-среды, меньшей 1 мг · экв/л, или суммарной концентрации ионов Cl и SO₄, большей 1000 мг/л, значения Δ_{cr} следует уменьшать в два раза.

При среднегодовом значении бикарбонатной щелочности воды-среды, меньшей 0,25 мг · экв/л, и при отсутствии защитных мероприятий напорные конструкции следует проектировать трещиностойкими.

Значения Δ_{cr} при использовании защитных мероприятий следует устанавливать на основании специальных исследований.

При диаметрах арматуры 40 мм и более значение Δ_{cr} допускается увеличивать на 25 %.

Для тонкостенных конструкций (с высотой сечения менее 1,5 м) ширину допускаемого раскрытия трещин Δ_{cr} следует умножать на коэффициент 0,5.

Т а б л и ц а 23

Гидрокарбонатная щелочность воды <i>W</i> , мг экв/л	Максимальное значение В/Ц бетона при напоре <i>H</i> , м			Допускаемая ширина раскрытия трещин Δ_{cr} , мм, в сооружениях I класса по условию коррозионной стойкости
	10	50	200	
До 0,25 включ.	0,50	0,48	0,45	Не допускается
0,4	0,55	0,50	0,45	0,05
0,4	0,48	0,45	0,42	0,10
0,8	0,63	0,48	0,52	0,05
0,8	0,59	0,55	0,50	0,10
0,8	0,56	0,52	0,48	0,15
0,8	0,54	0,50	0,46	0,20
0,8	0,52	0,49	0,45	0,25
0,8	0,50	0,47	0,44	0,35
0,8	0,48	0,45	0,43	0,50
1,6	0,70	0,69	0,64	0,05
1,6	0,70	0,66	0,62	0,10
1,6	0,68	0,64	0,60	0,15

Окончание таблицы 23

Гидрокарбонатная щелочность воды W , мг · экв/л	Максимальное значение В/Ц бетона при напоре H , м			Допускаемая ширина раскрытия трещин Δ_{cr} , мм, в сооружениях I класса по условию коррозионной стойкости
	10	50	200	
1,6	0,66	0,62	0,58	0,20
1,6	0,64	0,60	0,57	0,25
1,6	0,62	0,58	0,55	0,35
1,6	0,60	0,56	0,53	0,50
2,4	0,70	0,70	0,70	0,05
2,4	0,70	0,70	0,69	0,10
2,4	0,70	0,70	0,66	0,15
2,4	0,70	0,66	0,62	0,25
2,4	0,68	0,64	0,60	0,35
2,4	0,66	0,62	0,59	0,50
3,2 и более	Не ограничивается			

Т а б л и ц а 24

Условия воздействия среды на конструкцию	Градиент напора	Допускаемая ширина раскрытия трещин Δ_{cr} , мм, в сооружениях I класса по условию сохранности арматуры при суммарной концентрации ионов $[Cl^-] + 0,25 [SO_4^{2-}]$ в водной среде, мг / л				
		менее 50	100	200	400 – 1000	
Постоянное водонасыщение	До 5	0,50	0,40	0,35	0,30	
	50	0,45	0,35	0,30	0,25	
	300	0,40	0,30	0,25	0,20	
Периодические насыщения водой при числе циклов в год:	менее 100	До 5	0,30	0,25	0,20	0,15
		50	0,30	0,20	0,15	0,10
		300	0,30	0,20	0,10	0,05
	200 1000	До 5	0,25	0,20	0,15	0,10
		50	0,20	0,15	0,10	0,05
		300	0,20	0,10	0,10	0,05
Капиллярный подсос, брызги		0,20	0,15	0,10	0,05	

Расчет элементов железобетонных конструкций по деформациям

9.9 Деформации железобетонных конструкций, а также усилия в элементах статически неопределимых конструкций определяются методами строительной механики с учетом трещин и неупругих свойств бетона.

При сложных статически неопределимых системах допускается определять перемещения по формулам сопротивления материалов.

9.10 При кратковременном действии нагрузки жесткость изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов следует определять по формулам:

для трещиностойких элементов или их участков

$$B_k = 0,9 E_b I_{red}, \quad (98)$$

для нетрещиностойких элементов или их участков

$$= 1,1 \cdot b (I_b + I_s). \tag{99}$$

9.11

$$= 0,8 \cdot b I_{red}; \tag{100}$$

$$= B (C + V) / (\delta C + V), \tag{101}$$

V -
 δ -

δ = 1,5,

δ = 2,5,

δ = 2

10

10.1

)

()

9.3,

)

()

9 1;

)

)

)

(,),

10.2

() ;
 ;
 , 58.13330
 10.3 B

10.4
 ;
 ;
 ;

10.5
 ;

10.6
 ;

10.7 I
 ;
 I

10.8 1 2
 ;
 180 -

$$E_b(t) = 10^5 / \{1,7 + 360 / \chi \{ \varphi[\ln(t/180) + 5, 2] \} \}, \quad (102)$$

$\chi -$
 t ;
 180
 5.27.

I
 10.9
 () ;
 ;

$$A(t) \geq [\gamma_{b6} \eta \psi(t) R_{bm}]^2 / 2E_b(t). \tag{103}$$

),
 :
 1,3 d_{max} , $d_{max} -$
 ;

$$A(t) \leq [\gamma_{b6} \Psi(t) R_{bm}]^2 / 2E_b(t); \tag{104}$$

)
 :
 $A(t) \leq [\gamma_{b6} \psi(t) R_{bt}]^2 / 2E_b(t).$ (105)
 :

$A(t) -$
 ,
 ; $A(t)$
 10.10;

$R_{bm}; R_{bt} -$
 , 5.13 5.14;
 $\eta -$

$\psi(t) -$, 10.11;
 t 10.12;

$E_b(t) -$;
 $b6 -$,
 1,15, $- 1,0.$ -
 10.10 $A(t)$:

$$A(t) = \int_{t_0}^t \sigma^+(\tau) \frac{[\varepsilon(\tau) - \alpha T(\tau)]}{\tau} dt; \tag{106}$$

$$A(t) = \int_{t_0}^t \sigma^+(\tau) \frac{[\varepsilon(\tau) - \alpha(1 + \nu)T(\tau)]}{\tau} dt, \tag{107}$$

$\tau -$;
 $t_0 -$;
 $T(\tau) -$ τ ;
 $\alpha -$;
 $\varepsilon(\tau)$,
 $\sigma^+(\tau) -$:

$$\begin{aligned} \sigma^+(\tau) &= \sigma(\tau) & \sigma(\tau) > 0; \\ \sigma^+(\tau) &= 0 & \sigma(\tau) \leq 0, \end{aligned}$$

$\sigma(\tau) -$

10.11

η

$$\eta = (1 - u v_2)^{-1},$$

(108)

$u -$

1,64	$q = 0,95;$
1,28	$q = 0,90$
1,04	$q = 0,85;$

$v_2 -$

I II

v_2

I II

$v_2 = 0,135$	$q = 0,95,$
$v_2 = 0,173$	$q = 0,90,$
$v_2 = 0,213$	$q = 0,85.$

10.12

$\psi(\tau)$

.5

,

1,0.

I II

$\psi(t)$

10.13

I II

III IV

-

(

)

$$\sigma(t) \leq b_3 b_6 \varepsilon_{lim} \varphi(t) E_b(t),$$

(109)

$\sigma(t)$

$\varepsilon_{lim} -$

$t;$

.6

$\varphi(t) -$

;

ε_{lim}

,

7

b_3

h_t

.

()

M – ;
 N – ;
 Q – .

$R_b, R_{bt}, R_{b,ser}, R_{bt,ser}$ –

180 (1);

R_s, R_{si} – ;
 R_{sw} –

R_{sc} – , ;

E_b – ;

E_s – ;

v – ;

v_1 – E_s E_b ;

v_2 – .

S – :
) – ,

) – ; ,

) ; – ;

) – ;

S' – :
) – ,

) – ; ,

) – ,

;

)

b – ;

h – ;

a, a' – ;

h_0, h_0' – $S \ S'$;
 $(h_0 = h - a ; h_0' = h - a')$;

x – () ;

ξ , x / h_0 ;

s – ;

e_0 – N ;

e, e' – ;

d – S' ;

F – ;

A_b – ;

A_{red} – ;

A_s, A_s' – $S \ S'$;

A_{sw} – ;

$A_{s,inc}$ – ;

I – ;

I_{red} – ;

I_s – ;

I_b – ;

S_b – ;

S_s, S_s' – S ;

S_s' . S_s

lc — ;
 n — ;
 c — ;
 b — ;
 s — ;
 μ — ,
 $bh_0,$ S .

— - ;
— - ;
— - ;
() — ;
— - ;
— - ;
— - ;
— - ;

Приложение Б
(рекомендуемое)

Характеристики бетона для расчета конструкций на температурные воздействия

Т а б л и ц а Б.1 – Теплофизические характеристики бетона

Характеристики бетона	Буквенное обозначение	Размерность	Значение
Температурный коэффициент линейного расширения	α_{bt}	$^{\circ}\text{C}^{-1}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Теплопроводность	λ_b	Вт/(м · $^{\circ}\text{C}$)	2,67
Температуропроводность	a_T	м ² /с	$11 \cdot 10^{-7}$
Удельная теплоемкость	c_b	кДж/(кг · $^{\circ}\text{C}$)	1
Коэффициент теплоотдачи с открытой поверхности бетона: в наружный воздух в воздух внутри полых швов, шахт, шатров в воду	β	Вт/(м ² · $^{\circ}\text{C}$)	24 (7 12) ∞

Т а б л и ц а Б.2 – Характеристики тепловыделения бетона

Тип цемента	Марка цемента	Тепловыделение бетона, кДж / ккал, на 1 кг цемента в возрасте бетона, сут			
		3	7	28	90
Портландцемент	300	210 / 50	250 / 60	295 / 70	300 / 72
	400	250 / 60	295 / 70	345 / 82	355 / 85
	500	295 / 70	335 / 80	385 / 92	400 / 95
Пуццолановый портландцемент, шлакопортландцемент	300	175 / 42	230 / 55	270 / 65	280 / 67
	400	210 / 50	265 / 63	320 / 77	335 / 80

Таблица Б.3 – Параметр χ

Осадка конуса бетонной смеси, см	Максимальный размер крупного заполнителя, мм	χ при классе бетона по прочности на сжатие												
		B5	B7,5	B10	B12,5	B15	B17,5	B20	B22,5	B25	B27,5	B30	B35	B40
До 4	40	27	37	45	54	62	69	77	83	90	98	106	125	146
	80	32	44	56	67	77	87	98	106	116	125	133	153	180
	120	37	52	67	77	90	103	116	125	139	150	162	191	216
4 – 8	40	20	28	35	41	47	52	58	63	69	74	80	94	115
	80	25	37	42	50	58	65	72	79	86	93	102	120	139
	120	29	40	50	60	69	77	86	94	102	110	116	132	154
Свыше 8	40	11	15	19	23	26	30	35	38	42	46	50	62	74
	80	15	19	24	29	33	37	42	47	52	56	60	72	86
	120	18	24	29	35	40	45	50	55	60	65	69	83	98

Таблица Б.4 – Характеристики ползучести бетона

Возраст загрузки, сут	Мера ползучести бетона $\epsilon(t, \tau) \cdot 10^{-5}$, МПа ⁻¹ , при длительности нагружения $(t - \tau)$, сут											
	0	10	25	50	100	200	500	1000	1500			
0,125	0	0,05	16,00	20,00	24,00	27,00	31,00	32,00	32,00			
	10	0	1,10	2,23	2,67	3,06	3,48	3,60	3,60			
	30	0	0,85	1,41	1,80	2,18	2,52	2,89	3,00			
112	0	0,50	0,80	1,18	1,45	1,70	1,92	1,98	1,98			
	10	0	0,35	0,67	0,88	1,09	1,26	1,42	1,46			
	30	0	0,21	0,46	0,65	0,80	0,91	0,98	1,00			
1500	0	0,21	0,46	0,65	0,80	0,91	0,98	1,00	1,00			

Таблица Б.5 – Коэффициент $\psi(t)$

Возраст достижения бетоном прочности по классу на сжатие, сут	Коэффициент $\psi(t)$ при возрасте бетона, сут												
	3	7	14	28	45	90	180	360	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0
180	0,31	0,47	0,62	0,78	0,85	0,93	1,00	1,07	1,12	1,18	1,23	1,27	1,37
360	0,29	0,44	0,59	0,72	0,80	0,86	0,93	1,00	1,05	1,10	1,15	1,19	1,27

Таблица Б.6 – Предельная растяжимость бетона

Осадка конуса бетонной смеси, см	Максимальный размер крупного заполнителя, мм	Предельная растяжимость бетона $\varepsilon_{lim} \cdot 10^{-5}$ при классе бетона по прочности на сжатие												
		B5	B7,5	B10	B12,5	B15	B17,5	B20	B22,5	B25	B27,5	B30	B35	B40
До 4	40	3,5	3,7	4,0	4,2	4,5	4,8	5,0	5,3	5,5	5,8	6,0	6,5	7,0
	80	3,0	3,2	3,5	3,7	4,0	4,3	4,5	4,8	5,0	5,3	5,5	6,0	6,5
	120	2,7	3,0	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,5	4,7	5,0	5,2	5,7	6,2
4 – 8	40	4,0	4,2	4,5	4,7	5,0	5,3	5,5	5,8	6,0	6,3	6,5	7,0	7,5
	80	3,5	3,7	4,0	4,2	4,5	4,8	5,0	5,3	5,5	5,8	6,0	6,5	7,0
	120	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,5	4,7	5,0	5,2	5,5	5,7	6,2	6,7
Свыше 8	40	6,0	6,2	6,4	6,5	6,7	6,9	7,0	7,2	7,4	7,6	7,7	8,0	8,5
	80	5,0	5,2	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,4	6,6	6,8	7,0	7,5	7,8
	120	4,5	4,7	4,9	5,1	5,3	5,6	5,8	6,0	6,2	6,5	6,7	7,0	7,5

Таблица Б.7 – Коэффициент $\varphi(t)$

Возраст бетона, сут	$\varphi(t)$ при классе бетона по прочности на сжатие в возрасте 180 сут													
	B5	B7,5	B10	B12,5	B15	B17,5	B20	B22,5	B25	B27,5	B30	B35	B40	
3	0,94	0,89	0,84	0,80	0,76	0,74	0,71	0,69	0,66	0,64	0,63	0,61	0,60	
7	0,95	0,90	0,86	0,83	0,80	0,78	0,76	0,74	0,73	0,72	0,71	0,70	0,70	
14	0,96	0,92	0,89	0,89	0,84	0,82	0,81	0,80	0,79	0,78	0,78	0,77	0,77	
28	0,97	0,95	0,93	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,87	0,86	0,86	0,86	0,86	
45	0,98	0,97	0,95	0,94	0,93	0,92	0,92	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,91	
90	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	
180 и более	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

Т а б л и ц а Б.8 – Расчетные значения сдвиговых характеристик бетонной кладки по строительным швам

Характеристика сдвига	Сооружения с секционной разрезкой на блоки				Сооружения со столбчатой разрезкой на блоки	
	Вибрированный бетон класса		Укатанный бетон класса		Вибрированный бетон класса	
	B5÷B17,5	B20÷B40	B5÷B17,5	B20÷B30	B5÷B17,5	B20÷B40
Коэффициент трения-зацепления $tg\phi$	1,1	1,2	1,0	1,1	1,0	1,1
Сцепление C , МПа	0,3	0,4	0,2	0,3	0,1	0,2
<p>Примечание: Обеспеченность расчетных значений сдвиговых характеристик принята равной 90 %.</p>						

Приложение В
(рекомендуемое)

Области рационального применения добавок для бетонов гидротехнических сооружений

Т а б л и ц а В.1

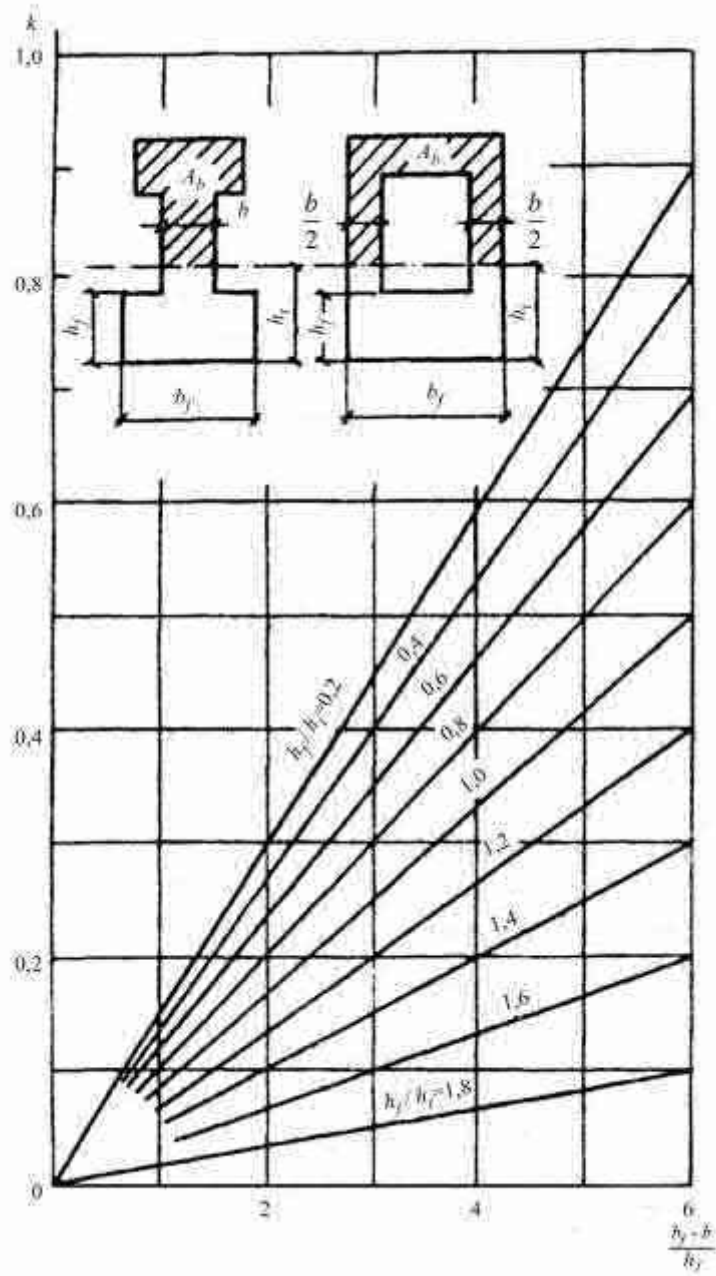
Части сооружений или конструкций	Наименование добавок				
	Пластифицирующего действия		Воздуховлекающего действия	Пластифицирующе-воздуховвлекающего действия	Замедляющего действия
	ЛСТ	С-3	ЛХД, СДО, СНВ (СВЭК)	ПФЛХ	СП
1 Бетон и железобетон гидротехнических сооружений частей, расположенных в зоне переменного горизонта воды:					
а) в особо суровых климатических условиях;			+	±	
б) в суровых климатических условиях;	⊕		+	+	(+)
в) в умеренных климатических условиях:	⊕		+	+	(+)
частей, постоянно находящихся под водой;	+	±	+	+	(+)
надводных частей, эпизодически омываемых водой;	+	+	+	+	(+)
частей внутренних зон	+	+	+	+	(+)
2 Бетон водоводов и других конструкций, испытывающих растягивающие напряжения	+	±	+	±	(+)
3 Кавитационно-стойкие и износостойкие бетоны	+			±	(+)

Части сооружений или конструкций	Наименование добавок				
	Комплексного действия		Ускоряющего действия	Микро-наполнитель	
	ЛСТ+ЛХД или ЛСТ+СДО или ЛСТ+СНВ (СВЭК)	С-3+ЛХД или С-3+СДО или С-3+СНВ (СВЭК) С-3+ПВЛХ		ХК	зола уноса	микроскремнезем
1 Бетон и железобетон гидротехнических сооружений частей, расположенных в зоне переменного горизонта воды:					
а) в особо суровых климатических условиях;	+	±	(+)		
б) в суровых климатических условиях;	+	±	(+)		
в) в умеренных климатических условиях:	+	±	(+)		
частей, постоянно находящихся под водой;	+	±	(+)		
надводных частей, эпизодически омываемых водой;	+	+	(+)	+	
частей внутренних зон	+		(+)	+	
2 Бетон водоводов и других конструкций, испытывающих растягивающие напряжения	+	±			
3 Кавитационно-стойкие и износостойкие бетоны	+	±			+
<p>П р и м е ч а н и е Знак + означает целесообразность введения добавки;</p> <p>± – добавка может быть использована только после соответствующего технико-экономического обоснования;</p> <p>(+) – добавка может быть использована только как регулятор сроков схватывания в сочетании с другой добавкой, обеспечивающей комплекс требований, предъявляемых к бетону в каждом конкретном случае;</p> <p>⊕ – добавка используется либо в обычной, либо в повышенной дозировке</p>					

()

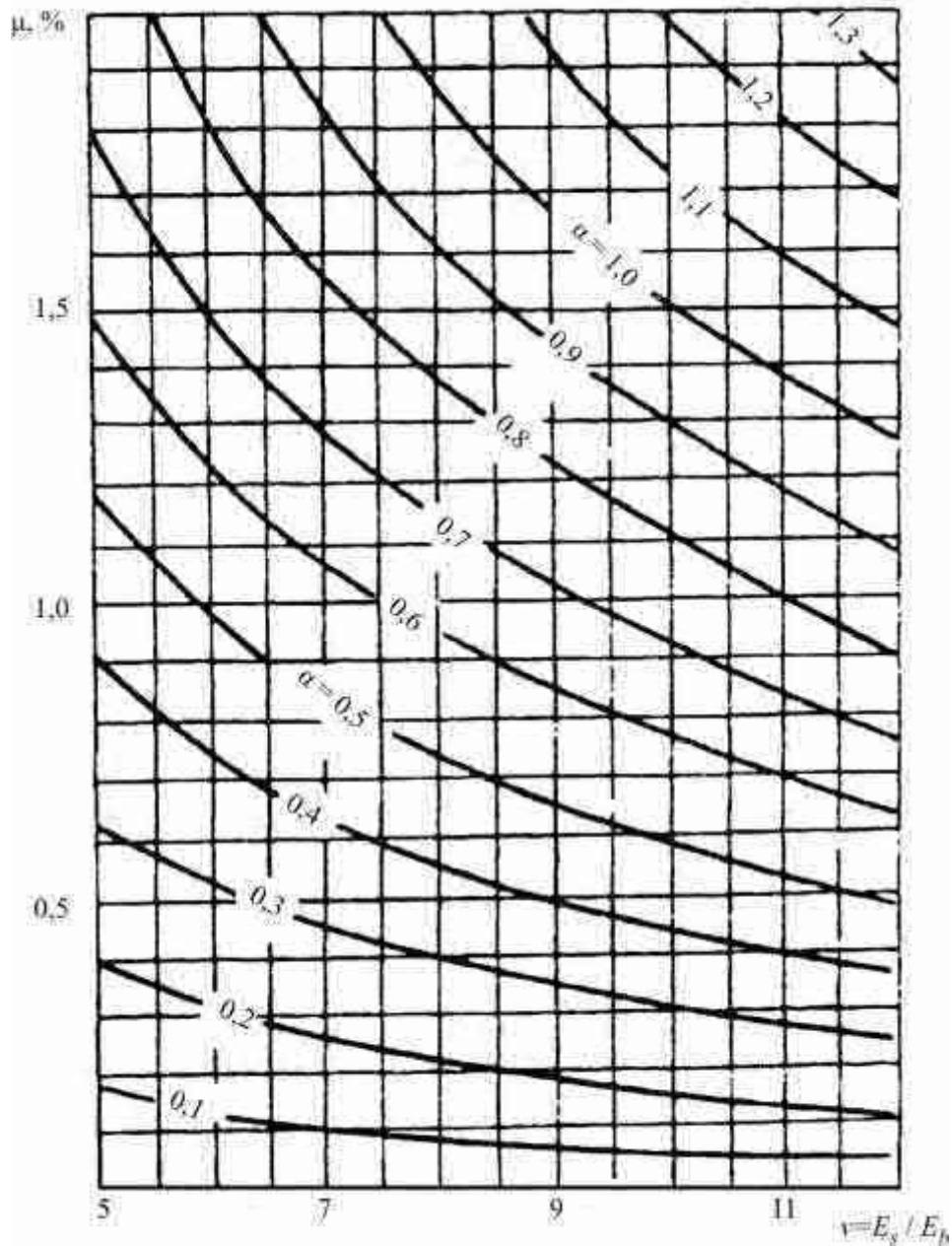
k

,



()

,



$$\alpha = 4,4\xi^3 + 13,2\nu\mu(1-\xi)^2, \tag{.1}$$

$$B_k = aE_b I_0, \tag{.2}$$

$I_0 -$

$h_0.$

[1] 30 2009 384 «
».

Ключевые слова: железобетонные конструкции, бетон, арматура, конструирование, расчеты на прочность, выносливость по образованию и раскрытию трещин, по деформациям, на температурные и влажностные воздействия

Издание официальное

Свод правил

СП 41.13330.2012

**Бетонные и железобетонные конструкции
гидротехнических сооружений**

Актуализированная редакция

СНиП 2.06.08 87

Подготовлено к изданию ФАУ «ФЦС»

Тел. (495) 930-64-69; (495) 930-96-11; (495) 930-09-14

Формат 60×84¹/₈. Тираж 230 экз. Заказ № 1656/12.

*Отпечатано в ООО «Аналитик»
г. Москва, Ленинградское ш., д.18*