МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Донской государственный технический университет»
(ДГТУ)

Кафедра «Железобетонные и каменные конструкции»

ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Методические указания
к практическим занятиям обучающихся
по направлению 08.03.01 Строительство, профиль подготовки
«Водоснабжение и водоотведение»

Ростов-на-Дону
ДГТУ
2021

УДК 624.012.45

Железобетонные и каменные конструкции: справочные материалы к практическим занятиям обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 Строительство, профиль подготовки «Водоснабжение и водоотведение» // И.В. Молев, А.Ю. Кубасов. Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2021 – 15 с.

Методические указания содержат сведения по конструированию, необходимые для выполнения в задачах чертежей-схем армирования поперечных сечений элементов.

УДК 624.012.45

© Донской государственный технический университет, 2021

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ-СХЕМ АРМИРОВАНИЯ

Решение всех задач по определению несущей способности и проверке прочности заданного сечения начинается с вычерчивания чертежа-схемы армирования поперечного сечения по исходным данным задачи. В задачах по определению продольной арматуры чертеж-схема армирования поперечного сечения выполняется в конце задачи на основании принятого по результатам выполненных расчетов числа и диаметра рабочих стержней и расположения их на каркасах. На чертежах-схемах армирования поперечных сечений показывается вся арматура (рабочая продольная, поперечная и продольная конструктивная) со всеми необходимыми размерами, фиксирующими положение сварных каркасов в сечении элемента и продольных стержней на каркасах. Размеры на чертежах-схемах проставляются в миллиметрах. Конструктивные требования к расположению арматуры в сечениях и по оформлению чертежей приведены в приложении Б.

Рекомендуется во всех задачах использовать следующие размерности численных величин при подстановке их в расчетные формулы:

- изгибающий момент M — Н·мм;
- продольная сжимающая сила N — Н;
- расчетные сопротивления бетона R_b и арматуры R_s, R_{sc} — МПа, (1 МПа=1 Н/мм^2);
- все линейные размеры (размеры сечения b, h, рабочая высота сечения
- $h_o = h - a$, высота сжатой зоны x) — мм;
- площадь поперечного сечения арматуры A_s и $A_{s,tot}$ — мм^2 ;
- площадь поперечного сечения сжатого элемента A — мм^2.

При использовании этих размерностей в задачах по проверке несущей способности сечений размерность ее получается: M_u — в Н·мм, N_u — в Н, а в задачах по определению продольной арматуры в изгибаемых элементах расчетная площадь сечения ее A_s будет иметь размерность мм^2 .

Перевод размерности действующего изгибающего момента M из кН·м в Н·мм и, наоборот, несущей способности сечения M_u из Н·мм в кН·м определяется соотношением 1 кН·м =1×10^6 Н·мм.

Перевод размерности действующей сжимающей продольной силы N из кН в Н и, наоборот, несущей способности сечения N_u из Н в кН определяется соотношением 1 кН =1×10^3 Н.

При проектировании железобетонных конструкций и элементов для обеспечения условий их изготовления, требуемой долговечности и совместной работы арматуры и бетона необходимо выполнять конструктивные требования, изложенные в разделах 7 СНиП 52-01-2003 [1] и 8 СП 52-101-2003[2] «Конструктивные требования». В этих разделах норм рассматриваются вопросы: минимальные размеры сечения элементов, защитный слой бетона, минимальные расстояния между стержнями арматуры, анкеровка ненапрягаемой арматуры, продольное армирование элементов, поперечное армирование элементов и др. В настоящем приложении приведем только минимально необходимые сведения для выполнения конструирования в задачах, решаемых на практических занятиях.

Б.1. Изгибаемые элементы

В каждой из задач требуется *обязательное выполнение* чертежа-схемы армирования поперечного сечения элемента.

При решении задач подразумевается, что рассчитываются сечения однопролетных балок, свободно лежащих на двух опорах (растянутая зона внизу сечения).

Армирование элементов выполняется сварными каркасами.

Рекомендуется принимать следующее число плоских сварных каркасов в поперечном сечении балки в зависимости от его ширины b:

при b = 200...250 мм – 2 каркаса;

при b = 300 мм – 2 или 3 каркаса (предпочтительнее 3 каркаса);

при b = 350 мм – 3 или 4 каркаса (предпочтительнее 3 каркаса);

при b = 400 мм – 3 или 4 каркаса (предпочтительнее 4 каркаса).

Каркасы конструируются с односторонним расположением на них рабочих стержней растянутой арматуры S в один или два ряда по высоте, два ряда по высоте предпочтительнее, поскольку позволяют в целях экономии арматуры обрывать стержни второго снизу ряда на приопорных участках в соответствии с уменьшением ординат эпюры изгибающих моментов.

Стержни продольной растянутой рабочей арматуры должны располагаться на каркасах *симметрично* относительно вертикальной плоскости симметрии поперечного сечения балки (симметрично относительно плоскости изгиба).

При подборе диаметров стержней продольной рабочей арматуры S не следует допускать неоправданного завышения фактически принимаемой площади сечения ее $A_{s,real}$ по сравнению с определенной по расчету площадью A_s. Желательно, чтобы $A_{s,real}$ не превышала более, чем на 5%, расчетную площадь A_s, при этом обязательно учитывается шаг сортамента арматуры.

Следует стремиться принимать в сечении все стержни продольной рабочей арматуры *одного диаметра*, но для выполнения требований

экономичности допустимо использовать и *два разных* диаметра, избегая при этом чрезмерной разницы между ними.

Ориентировочно может быть допущена следующая наибольшая разница в диаметрах продольных стержней рабочей арматуры в сечении балок:

4 мм – при диаметрах до 20 мм включительно;
6 мм – при диаметрах 22...28 мм;
8 мм – при диаметрах более 28 мм.

При расположении рабочих стержней на сварных каркасах в два ряда по высоте стержни более крупного диаметра следует размещать в нижнем ряду, ближайшем к растянутой грани балки.

При размещении стержней двух разных диаметров на разных каркасах по ширине сечения балки должны выполняться требования *симметрии* относительно вертикальной плоскости симметрии поперечного сечения балки.

В отдельных случаях допускается также принимать на части каркасов сечения по одному стержню рабочей арматуры вместо двух, но при обязательном соблюдении симметрии расположения стержней. Так, например, при армировании сечения тремя плоскими сварными каркасами можно принять на крайних каркасах по два стержня, а на среднем - один, т.е. всего взять на сечение пять рабочих продольных стержней на трех каркасах.

Таблица Б1. (Табл.8.1 [2]). Минимальное значение толщины защитного слоя

Условия эксплуатации конструкций здания	Толщина защитного слоя бетона, мм, не менее
1. В закрытых помещениях при нормальной и пониженной влажности	20
2 В закрытых помещениях при повышенной влажности (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	25
3. На открытом воздухе (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	30
4. В грунте (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий), в фундаментах при наличии бетонной подготовки	40

Для сборных элементов минимальные значения толщины защитного слоя бетона рабочей арматуры, указанные в табл. Б1, уменьшаются на 5 мм.

Во всех случаях толщину защитного слоя бетона следует принимать не менее диаметра стержня арматуры.

Расстояния по вертикали между стержнями продольной арматуры в каркасах и положение крайних каркасов по отношению к боковой поверхности балок устанавливаются на основании рис. Б.1, размеры $a_1, a_г, V$ и a на котором

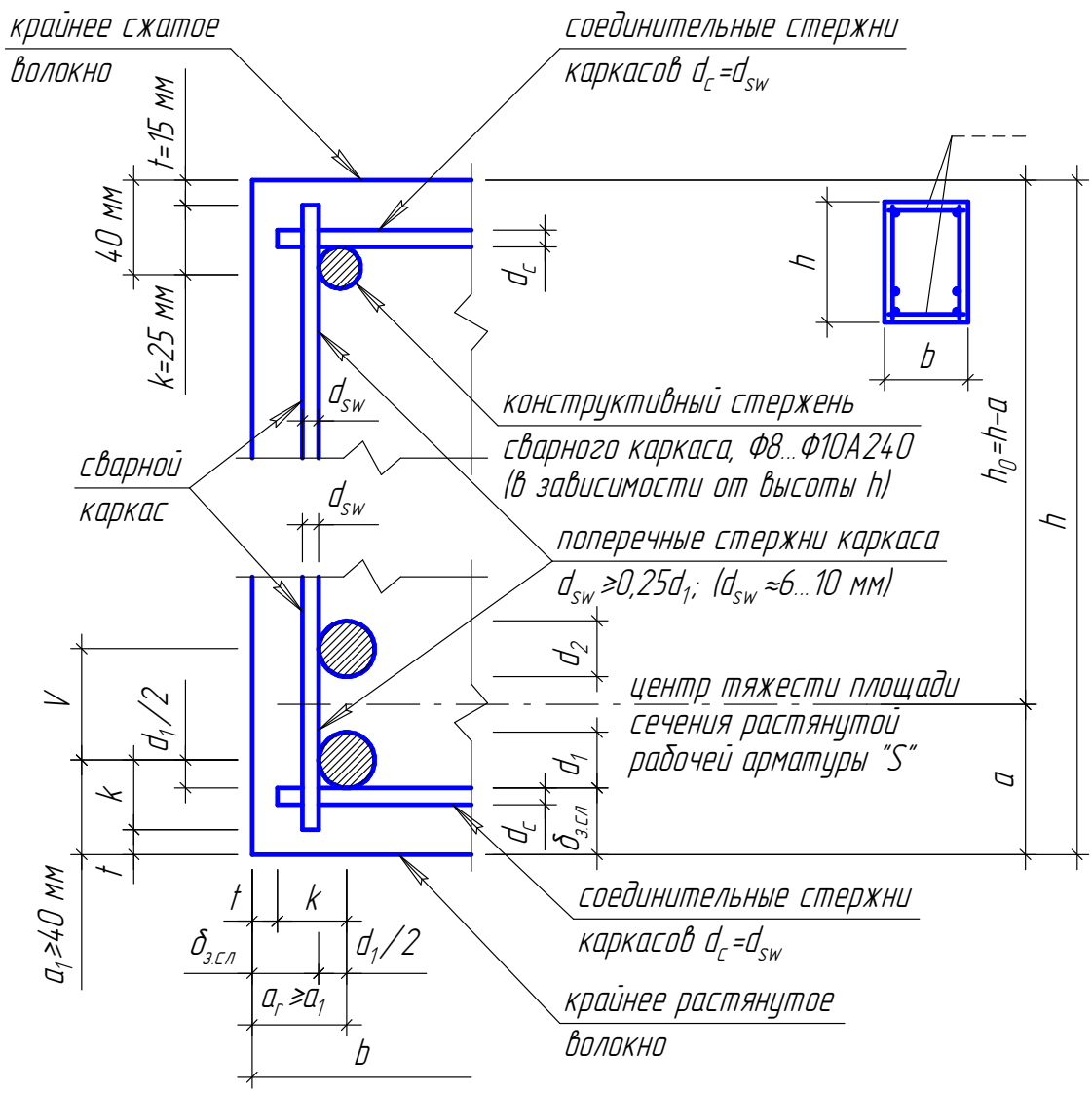


Рис. Б.1

принимаются и вычисляются в соответствии с требованиями СП [2] и Пособия [3] к нему, приведенными ниже:

$\delta_{з.сл}$ – толщина защитного слоя не менее d_1 и не менее $\delta_{з.сл,min}$, которая принимается по табл. Б1 (8.1 [2]) в зависимости от типа конструкции, роли арматуры в конструкции (продольная рабочая, поперечная, распределительная, конструктивная арматура), условий окружающей среды и диаметра арматуры (см. п.8.3.1СП [2]). Для конструктивной арматуры минимальное значение защитного слоя бетона принимают на 5 мм меньше по сравнению с требуемыми для рабочей арматуры;

t - расстояние от торца поперечной или распределительной арматуры до грани элемента, $t = \delta_{з.сл,min} - 5$ мм, см. п.8.3.2 СП [2];

k – размер выпуска поперечных стержней, по ГОСТ 23279-85 «Сетки арматурные сварные для железобетонных конструкций и изделий» для всех типов сеток $k = 25$ мм;

V – расстояние в осях между нижними и верхними продольными стержнями, принимается не менее $2d_1$ и не менее 40 мм (целесообразно использовать рекомендации табл.41 Пособия 1989 г. к СНиП 2.03.091-84*);

a_1 – не менее $(t + k)$ и не менее $(\delta_{з.сл} + d_1/2)$;

$a_г \geq a_1$; величины a_1 и $a_г$ принимаются кратными 5 мм (с округлением в большую сторону);

a - расстояние от крайнего растянутого волокна балки до центра тяжести площади сечения растянутой рабочей арматуры S.

Для удобства принимаемые на чертеже-схеме армирования сечения величины размеров a_1, $a_г$, V и a, удовлетворяющие вышеприведенным требованиям при условии эксплуатации конструкций в закрытых помещениях при нормальной влажности, приведены в таблице Б.2.

Таблица Б.2

d_1 (мм)	a_1 (мм)	V (мм)	a (мм)	$a_г \geq a_1$ (мм)
12...18	40	50	65	≥ 40
20 и 22	40	60	70	≥ 40
25	40	60	70	≥ 40
28	45	70	80	≥ 45
32	50	70	85	≥ 50
36	55	80	95	≥ 55
40	60	80	100	≥ 60

Примечания:

1). Табличные значения a вычислены в предположении $d_1 = d_2$ и двухрядного расположения рабочих продольных стержней арматуры S на всех плоских сварных каркасах.

2). При проверке прочности сечения, когда $d_2 < d_1$ или отсутствуют растянутые рабочие стержни второго ряда на некоторых каркасах, можно также использовать значения a настоящей таблицы, что идет в некоторый запас фактической прочности сечения, поскольку в этом случае $h_{o,real} > h_o = h - a_{(табл.)}$

Расстояния по горизонтали между осями рабочих стержней нижнего ряда соседних плоских сварных каркасов на чертежах-схемах армирования сечений должны приниматься кратными 5 мм и быть практически одинаковыми при числе каркасов более двух.

В соответствии с указаниями п.5.16 Пособия [3] для балок высотой $h > 700\,мм$, в задачах на чертежах-схемах армирования сечений балок *на крайних каркасах посередине* расстояния между рабочим стержнем второго ряда и верхним конструктивным стержнем должны ставиться дополнительные конструктивные продольные стержни. Примеры установки таких стержней приведены на рис. Б.2., кроме того, на этом рисунке показаны варианты расположения стержней рабочей арматуры балки прямоугольного сечения с одиночной арматурой.

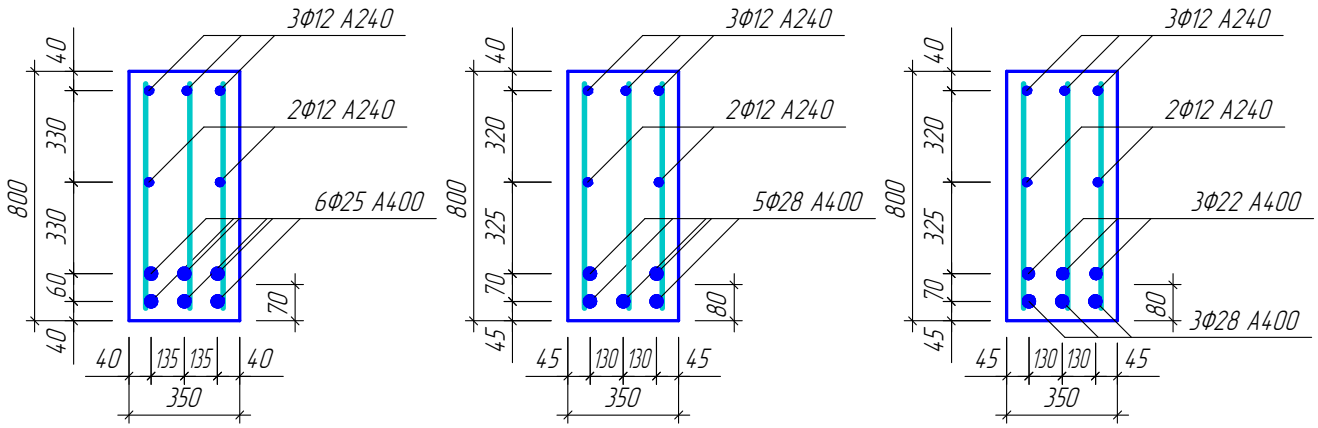


Рис. Б.2.

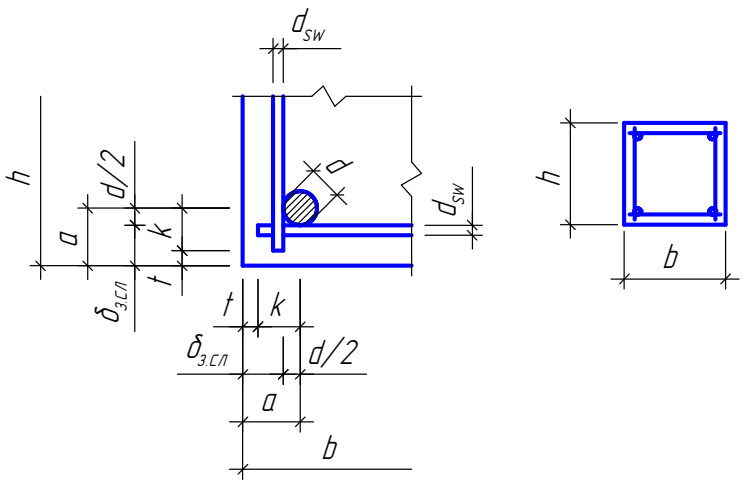
Для удовлетворения требования п.5.16 [3] в отношении необходимой площади сечения этих стержней диаметр их может быть принят равным диаметру верхних конструктивных стержней каркасов (∅10 А240 или ∅12 А240). Фактические расстояния на чертеже до оси дополнительного продольного стержня от оси рабочего стержня второго ряда и от оси верхнего конструктивного стержня каркаса должны приниматься кратными 5 мм, т.е. могут отличаться на 5 мм и были не более 400 мм.

Б.2. Элементы, сжатые со случайным эксцентриситетом

Элементы, сжатые со случайным эксцентриситетом, при армировании сварными каркасами, конструируются на основании данных, представленных на рис.Б.3, в пояснениях к нему и в таблице Б.2.

На чертеже-схеме армирования должны быть указаны:

– расстояния a от граней колонны до центров продольных рабочих стержней;
– расстояния между осями продольных стержней;



– число, диаметры продольных стержней и класс их арматуры;
– принятый диаметр хомутов из условия обеспечения доброкачественной сварки, класс арматуры хомутов (рекомендуется А-I);
– шаг хомутов по длине колонны.

Рис. Б.3

$d_{sw} \geq 0.25d$ (из условий сварки);
d_{sw}= 6...10 мм;
$\delta_{з.сл}$ – не менее d и не менее $\delta_{з.сл,min}$,– п.8/3/2 СП [2];
t - не менее 15 мм - п.5.6 СНиП [1] (при d_{sw} < 15 мм);
k - не менее 25 *мм* – ГОСТ 23279-85
a – не менее $(t + k)$ и не менее $(\delta_{з.сл} + d/2)$;
a принимается кратным 5 мм (с округлением в бóльшую сторону).

Таблица Б.2

d (*мм*)	a (*мм*)	Хомуты (арматура класса А-I)	
		d_{sw} (*мм*)	s (*мм*)
16...22	40	6	200...300
25	40	8	350
28	45	8	400
32	50	8	450
36	55	10	500
40	60	10	500

Шаг хомутов $s \leq 15d$ и не более 500 мм - п.8.3.12 СНиП [1], если площадь сечения сжатой продольной арматуры, устанавливаемой у одной из граней, более 1,5%, поперечную арматуру следует ставить с шагом не более 10d и более 300 мм; s принимается кратным 50 мм, с округлением в меньшую сторону.

При числе продольных стержней равном 8, они ставятся в углах и по серединам всех сторон квадратного сечения. В необходимых случаях (при $h = b > 500$ мм) на чертеже-схеме армирования сечения колонны должны быть показаны дополнительные ромбические хомуты, охватывающие промежуточные стержни, расположенные по серединам сторон сечения колонны, или шпильки, скрепляющие промежуточные стержни на противоположных сторонах сечения. Диаметр и шаг этих дополнительных хомутов или шпилек принимается равным диаметру и шагу основных хомутов. Минимальное количество стержней в сечении элемента указано на рис. Б.4.

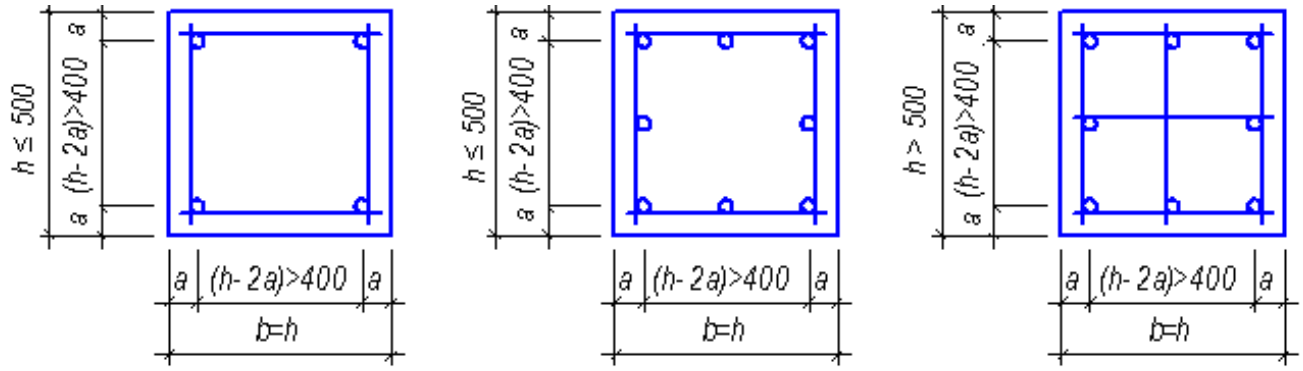


Рис. Б.4.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

В.1 Расчетные значения сопротивления бетона R_b и R_{bt} для предельных состояний первой группы (Табл. 5.2 СП 52-101-2003, стр. 4)

Вид сопротивления	Расчетные значения сопротивления бетона для предельных состояний первой группы R_b и R_{bt} МПа при классе бетона по прочности на сжатие										
	В10	В15	В20	В25	В30	В35	В40	В45	В50	В55	В60
Сжатие осевое (призменная прочность) R_b	6,0	8,5	11,5	14,5	17,0	19,5	22,0	25,0	27,5	30,0	33,0
Растяжение осевое R_{bt}	0,56	0,75	0,90	1,05	1,15	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80

5.1.10 (СП 52-101-2003). В необходимых случаях расчетные значения прочностных характеристик бетона умножают на следующие коэффициенты условий работы γ_{bi}, учитывающие особенности работы бетона в конструкции (характер нагрузки, условия окружающей среды и т.д.):

а). γ_{b1} – для бетонных и железобетонных конструкций, вводимый к расчетным значениям сопротивлений R_b и R_{bt} и учитывающий влияние длительного действия статической нагрузки:

γ_{b1}=1,0 – при непродолжительном (кратковременном) действии нагрузки);

γ_{b1}= 0,9 – при продолжительном (длительном) действии нагрузки;

б). γ_{b2} – для бетонных конструкций, вводимый к расчетным сопротивления R_b и учитывающий характер разрушения таких конструкций; γ_{b2} =0,9;

в). γ_{b3} – для бетонных и железобетонных конструкций, бетонируемых в вертикальном положении, вводимый к расчетному значению сопротивления бетона, R_b - γ_{b3} = 0,9.

Влияние попеременного замораживания и оттаивания, а также отрицательных температур учитывают коэффициентом условий работы бетона γ_{b4} ≤1,0. Для надземных конструкций, подвергаемых атмосферным воздействиям окружающей среды при расчетной температуре наружного воздуха в холодный период минус 40 ^{0}С и выше, принимают коэффициент γ_{b4} = 1,0. В остальных случаях значение коэффициента γ_{b4} принимают в зависимости от назначения конструкции условий окружающей среды согласно специальным указаниям.

В.2. Расчетные значения прочностных характеристик арматуры

5.2.3 (СП 52-101-2003). Для железобетонных конструкций, проектируемых в соответствии с требованиями СП 52-101-2003, следует предусматривать арматуру:

- гладкую класса А240 (А-I);

- периодического профиля классов А300 (А-II), А400 (А-III, А400С), А-500 (А500С), В500 (Вр-I, В500С)

Таблица 5.8. (СП 52-101-2003, стр. 9)

Арматура классов	Расчетные значения сопротивления арматуры для предельных состояний первой группы, МПа		
	растяжению		сжатию R_{sc}
	продольной R_s	поперечной (хо - мутов и отогнутых стержней) R_{sw}	
А240	215	170	215
А300	270	255	270
А400	355	285	355
А500	435	300	435 (400)
В500	415	300	415 (360)
Примечание – Значение R_{sc} в скобках используют только при расчете на кратковременное действие нагрузки.			

В.3. Граничная относительная высота сжатой зоны ξ_R
(Таблица 3.2 пособия к СП 52-101-2003, стр.21)

Класс арматуры	А240	А300	А400	А500	В500
Значение ξ_R	0,612	0,577	0,531	0,493	0,502
Значение α_R	0,425	0,411	0,390	0,372	0,376

В.4. О значениях $b_f^{'}$, вводимых в расчет таврового сечения.

6.2.12 (СП 52-101-2003). Значение $b_f^{'}$, вводимое в расчет, принимают из условия, что ширина свеса полки в каждую сторону от ребра должна быть не более 1/6 пролета элемента и не более:

а) при наличии поперечных ребер или при $h_f^{'} \geq 0{,}1h$ - 1/2 расстояния в свету между продольными ребрами;

б) при отсутствии поперечных ребер (или при расстояниях между ними больших, чем расстояния между продольными ребрами) и $h_f^{'} < 0{,}1h$ - $6h_f^{'}$;

в) при консольных свесах полки: при $h_f^{'} \geq 0{,}1h$ - $6h_f^{'}$;

при $0{,}05h \le h_f' < 0{,}1h - 3h_f'$; при $h_f' < 0{,}05h$ - свесы не учитывают

В.5. Значение коэффициента φ при расчете прочности прямоугольных сечений.

При длительном действии нагрузки коэффициент φ принимается в зависимости от гибкости элемента по таблице 6.2 СП 52-101-2003

l_0/h	6	10	15	20
φ	0,92	0,90	0,83	0,70

При кратковременном действии нагрузки значение φ определяют по линейному закону, принимая φ = 0,9 при $l_0/h=10$ и φ = 0,85 при $l_0/h=20$

В.6. Требование о минимальном армировании (п. 8.3.4, СП 52-101-2003).

В железобетонных элементах площадь сечения продольной растянутой арматуры, а также сжатой, если она требуется по расчету, в процентах площади сечения бетона, равной произведению ширины прямоугольного сечения либо ширины таврового (двутаврового) сечения на рабочую высоту сечения, $\mu_s = \frac{A_s}{bh_0}100\%$ следует принимать не менее:

0,10 % - в изгибаемых, внецентренно растянутых элементах и внецентренно сжатых элементах при гибкости $l_0/i \le 17$ (для прямоугольных сечений $l_0/h \le 5$);

0,25 % - во внецентренно сжатых элементах при гибкости $l_0/i \ge 87$ (для прямоугольных сечений $l_0/h \ge 25$);

для промежуточных значений гибкости элементов значение μ_s определяют по интерполяции.

В элементах с продольной арматурой, расположенной равномерно по контуру сечения, а также в центально-растянутых элементах минимальную площадь сечения всей продольной арматуры следует принимать вдвое больше указанных выше значений и относить их к полной площади сечения бетона.

В.7. Данные для подбора рабочей арматуры сварных сеток

Класс рабочей арматуры	Номинальный диаметр рабочих стержней , мм	Рабочая площадь поперечного сечения рабочих стержней в мм^2 на 1 пог. м. Длины сеток при шаге стержней ,мм:					
		75	100	125	150	175	200
В500	3	94,2	70,7	56,5	47,1	40,4	35,3
	4	167,2	125,6	100,5	83,8	71,8	62,8
	5	261,8	196,3	157,1	130,9	112,2	98,2
А400	6	377,0	283,0	226,0	189,0	162,0	141,0
	8	670,0	503,0	402,0	335,0	287,0	251,0
Монтажная арматура всех сеток ∅3 В500 с шагом 250 мм							

В.8. Сортамент арматуры (ПРИЛОЖЕНИЕ 1 Пособие к СП 52-101-2003)

Номинальный диаметр стержня, мм	Расчетная площадь поперечного стержня, мм^2, при числе стержней									Теоретическая масса 1 м длины арматуры, кг	Диаметр арматуры классов			Макс.размер сечения стержня периодического профиля
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		А240 А400 А500	А300	В500	
3	7,1	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6	0,052	—	—	+	—
4	12,6	25,1	37,7	50,2	62,8	75,4	87,9	100,5	113	0,092	—	—	+	—
5	19,6	39,3	58,9	78,5	98,2	117,8	137,5	157,1	176,7	0,144	—	—	+	—
6	28,3	57	85	113	141	170	198	226	254	0,222	+	—	+	6,75
8	50,3	101	151	201	251	302	352	402	453	0,395	+	—	+	9,00
10	78,5	157	236	314	393	471	550	628	707	0,617	+	+	+	11,3
12	113,1	226	339	452	565	679	792	905	1018	0,888	+	+	+	13,5
14	153,9	308	462	616	769	923	1077	1231	1385	1,208	+	+	—	15,5
16	201,1	402	603	804	1005	1206	1407	1608	1810	1,578	+	+	—	18,0
18	254,5	509	763	1018	1272	1527	1781	2036	2290	1,998	+	+	—	20,0
20	314,2	628	942	1256	1571	1885	2199	2513	2828	2,466	+	+	—	22,0
22	380,1	760	1140	1520	1900	2281	2661	3041	3421	2,984	+	+	—	24,0
25	490,9	982	1473	1963	2454	2945	3436	3927	4418	3,84	+	+	—	27,0
28	615,8	1232	1847	2463	3079	3695	4310	4926	5542	4,83	+	+	—	30,5
32	804,3	1609	2413	3217	4021	4826	5630	6434	7238	6,31	+	+	—	34,5
36	1017,9	2036	3054	4072	5089	6107	7125	8143	9161	7,99	+	+	—	39,5
40	1256,6	2513	3770	5027	6283	7540	8796	10053	11310	9,865	+	+	—	43,5

Примечания: 1. Номинальный диаметр стержней для арматурных сталей периодического профиля соответствует номинальному диаметру равновеликих по площади поперечного сечения гладких стержней. Фактические размеры стержней периодического профиля устанавливаются ГОСТ 5781-91.

2. Знак "+" означает наличие диаметра в сортаменте для арматуры данного класса.