

С.В. Шокот

СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

с примерами и разъяснениями

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ НЕСУЩИХ СИСТЕМ

ЖИЛЫЕ И АДМИНИСТРАТИВНЫЕ ЗДАНИЯ

в несейсмических районах

и районах без вечномерзлых грунтов

ЧАСТЬ 9

ДЕТАЛЬНЫЙ РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СТЕН

ISBN 978-5-6054300-9-4

© С.В. Шокот, 2026

Москва
Издатель С.В. Шокот
2026

УДК 624.012

ББК 38.53

Ш 78

Шокот Святослав Вячеславович.

Ш 78 Справочник конструктора с примерами и разъяснениями. Расчет и конструирование монолитных железобетонных несущих систем. Жилые и административные здания в несейсмических районах и районах без вечномерзлых грунтов: [в 15 частях] : справочник / С.В. Шокот – Москва: Издатель С.В. Шокот, 2026. – URL: https://дом-жбк.рф/Части-справочника/. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-0-1

Ч.9.: Детальный расчет и конструирование стен. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-9-4 (ч.9)

Справочник содержит материалы для проектирования железобетонных монолитных зданий. Справочник систематизирует опыт конструирования и расчетов. Систематизация произведена путем сведения в справочные таблицы и пошаговые инструкции. Справочник написан при использовании нормативных документов России.

Минимальные системные требования для воспроизведения электронного издания: Процессор с тактовой частотой 1.5ГГц и выше, Windows XP/Vista/7/8/8.1/10/11, 1 ГБ ОЗУ, 500Мб свободного пространства на жестком диске; программа для чтения файлов формата PDF.

Справочное электронное издание

© С.В. Шокот, 2026

Издание публикуется в авторской редакции

Техническая обработка и подготовка материалов С.В. Шокота

Для создания электронного издания использовано:

Microsoft Word 2010, ПО Adobe Acrobat

Дата размещения первой редакции на сайте: 18.05.2025.

Издатель С.В. Шокот.

E-mail: 12345slava54321@mail.ru; https://дом-жбк.рф/.

Справочник конструктора с примерами и разъяснениями. Расчет и конструирование монолитных железобетонных несущих систем. Жилые и административные здания в несейсмических районах и районах без вечномерзлых грунтов: [в 15 частях] : справочник / С.В. Шокот – Москва: Издатель С.В. Шокот, 2026. – URL: https://дом-жбк.рф/Части-справочника/. - Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-0-1

Дата выпуска первой редакции: 18.05.2025.

Ч.1.: Компоновка конструктивной системы. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-1-8 (ч.1)

Ч.2.: Построение геометрии расчетной модели и назначение жесткостей элементов. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-2-5 (ч.2)

Ч.3.: Сбор и приложение нагрузок. Рсу и Рсн. учет этапности возведения. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-3-2 (ч.3)

Ч.4.: Назначение параметров для подбора сечений. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-4-9 (ч.4)

Ч.5.: Основание здания. Плитный фундамент. Свайный фундамент. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-5-6 (ч.5)

Ч.6.: Расчеты и проверки конструкций на начальном этапе. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-6-3 (ч.6)

Ч.7.: Детальный расчет и конструирование плит. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-7-0 (ч.7)

Ч.8.: Детальный расчет и конструирование колонн и пилонов. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-8-7 (ч.8)

Ч.9.: Детальный расчет и конструирование стен. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-9-4 (ч.9)

Ч.10.: Детальный расчет и конструирование фундаментных плит и ростверков. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-0-0 (ч.10)

Ч.11.: Детальный расчет и конструирование свай. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-1-7 (ч.11)

Ч.12.: Детальный расчет и конструирование лестниц и лестничных площадок. -2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-2-4 (ч.12)

Ч.13.: Расчет конструкций с учетом нелинейности. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-3-1 (ч.13)

Ч.14.:Расчет конструкций на прогрессирующее обрушение. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-6-2 (ч.14)

Ч.15.:Расчет огнестойкости конструкций. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-7-9 (ч.15)

Содержание

		Стр.
	Термины и определения	6
1.	Расчетные подходы	7
2.1.	Конструктивные требования к армированию и защитным слоям	13
2.2.	Конструктивные требования к бетону	20
3.	Общие положения и возможные ошибки при расчете	21
4.	Продольное армирование стен	22
5.	Поперечное армирование стен	29
6.	Осреднение и стержневые аналоги.	35
7.	Участки стен, где допустимо не учитывать влияние продольного изгиба.	42
8.	Максимальное продольное армирования стен в зависимости от диаметров и методов стыковки продольной арматуры	44
9.	Конструктивное армирование стен	46
10.	Жесткие стыки монолитных конструкций	48
11.	Шарнирные стыки монолитных конструкций	57
12.	Армирование отверстий	68
13.1.	Горизонтальные рабочие швы	72
13.2.	Вертикальные рабочие швы	75
14.	Поддерживающие элементы в стенах	76
15.	Случаи расчета при недостаточной анкеровке	77
	Библиография	79
	Приложение А. Принципы анкеровки и нахлестки	82
	Приложение Б. Сварные соединения	89
	Приложение В. Муфтовые соединения и изделия	95
	Приложение Г. Площадь арматуры	102
	Приложение Д. Минимальная оправка(загиб) арматуры	105

Термины и определения:

Рекомендуемое значение автором (р.з.А.) – не обязательное к выполнению значение. Данное значение получено исходя из массового проектирования аналогичных объектов и обобщения многочисленных требований норм в запас надежности.

Рекомендуемое значение нормами (р.з.Н.) – не обязательное к выполнению значение по нормам.

Минимальное/максимальное значение (формулировки не менее/не более) – обязательное к выполнению значение.

Проверка «вручную» - термин, означающий, что необходимо взять усилия из программного комплекса и проверить сечение сателлитом.

Сателлит – это подпрограмма, которая автоматически проверяет сечение по усилиям, взятым из программы.

Колонна - вертикальный несущий элемент, имеющий габариты сечения с соотношением:

$$b/a < 2,5$$

Пилон – вертикальный несущий элемент, армирующийся по тем же принципам что и колонна, имеющий габариты сечения с соотношением:

$$2,5 \leq b/a \leq 4$$

Стена - вертикальный несущий элемент, имеющий габариты сечения с соотношением:

$$4 < b/a$$

a – наименьший размер сечения;

b – наибольший размер сечения.

От автора:

Требования к армированию колонн и пилонов более жесткие, чем к стенам. Иногда стена армируется в точности как пилон, потому как постепенно по высоте здания переходит в пилон ,а пилон в свою очередь в колонну.

1. Расчетные подходы

Результаты подбора армирования стены зависят от следующих параметров:

1) нагрузка (грузовая площадь) и количество этажей

Понятно, что чем больше грузовая площадь (площадь перекрытия, с которой собирается нагрузка), тем больше будет продольное усилие.

Стены, которые имеют малую грузовую площадь, но имеют пересечения со стенами имеющими большую грузовую площадь и/или связанные короткими участками перекрытий, частично «оттягивают» нагрузку на себя. Этот эффект хорошо наблюдается на ядрах жесткости.

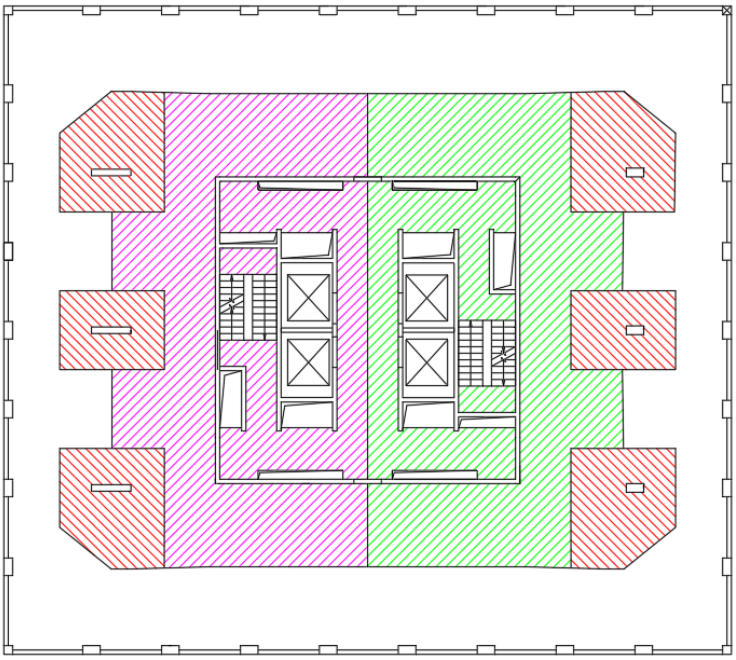


Рисунок. Примерная разбивка по грузовым площадям для стен.

2) расположение вертикальной конструкции (центр, край, угол, ядро жесткости).

Работа вертикальной конструкции зависит ее места расположения.

В центрально расположенной стене преобладают продольные(сжимающие) усилия в формировании напряженно-деформированного состояния (НДС).

В краевых и угловых стенах больший вклад в НДС вносят и моменты и продольные усилия. Моменты всегда преобладают в направлении, перпендикулярном плоскости стены. Моменты параллельные плоскости стены раскладываются в нормальные напряжения по стене.

В стенах по периметру ядра жесткости преобладают и сжимающие усилия и моменты, во внутренних стенах – сжимающие усилия.

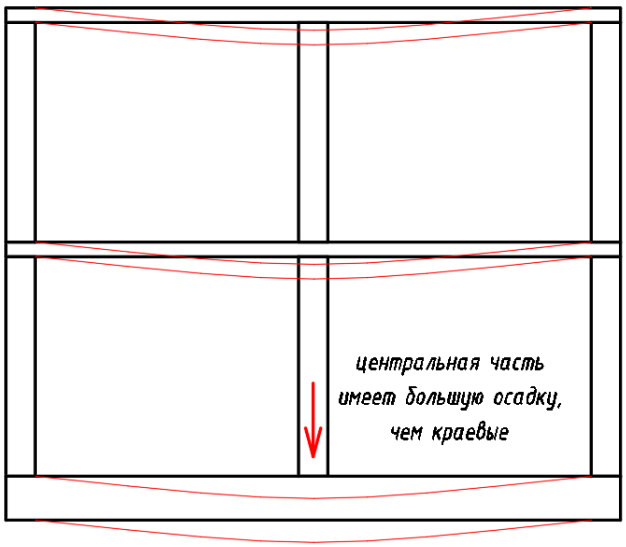
3) протяженность стены, разность осадок основания, сжимаемость вертикальных конструкций

В стенах наблюдаются усилия возникающие в горизонтальном направлении и сильно влияющие на горизонтальное армирование. Данные усилия могут быть сжимающими, растягивающими и касательными. Усилия будут тем больше, чем больше протяженность стены, т.е. стена будет перераспределять (или «оттягивать») усилие с одной части на другую.

Основной вклад в формирование неравномерного распределения усилий вносит разность осадок и сжимаемость вертикальных конструкций.

3.1) Разность осадок основания

В зданиях эффект от разности осадок отдельных частей приводит к перераспределению усилий между вертикальными конструкциями. Простыми словами: одни конструкции «проседают» и нагрузка с них переходит на другие.



В стенах, примыкающих к фундаментной плите дополнительно появляются серьезно влияющие на НДС касательные напряжения, идущие под углом от концентратора напряжений – от угла. Плюс наблюдается эффект арки, т.е. наибольшее усилие приходит в края, центральная часть остается не сильно загруженной.



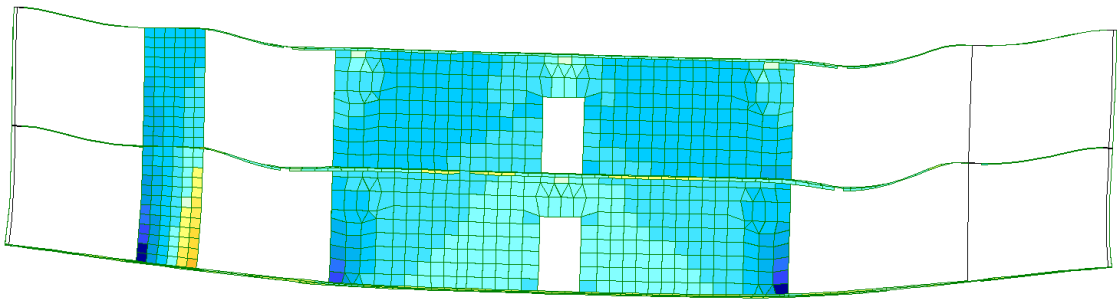


Рисунок. Вертикальные напряжения. Синими цветами – сжатие. Желтыми – растяжение.

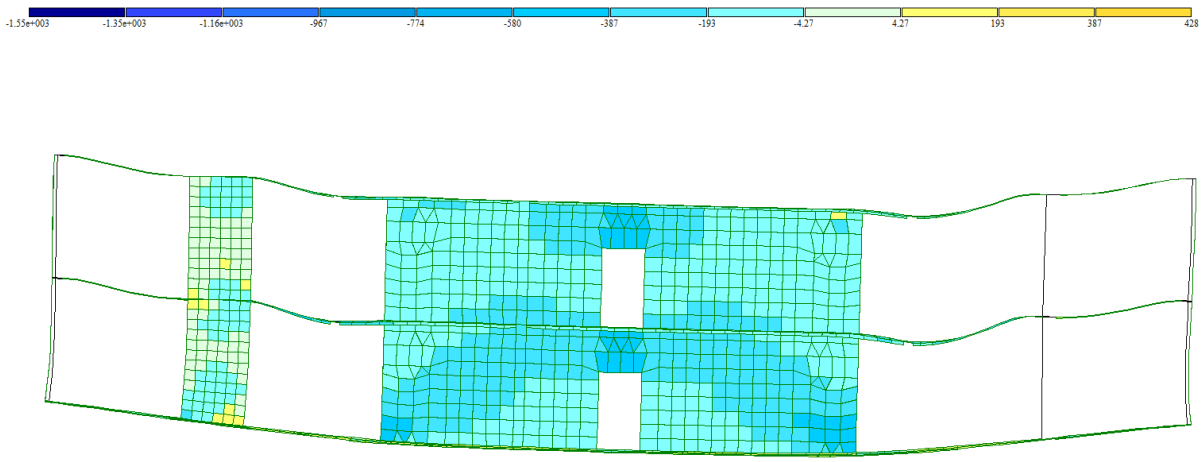


Рисунок. Горизонтальные напряжения. Синими цветами – сжатие. Желтыми – растяжение.

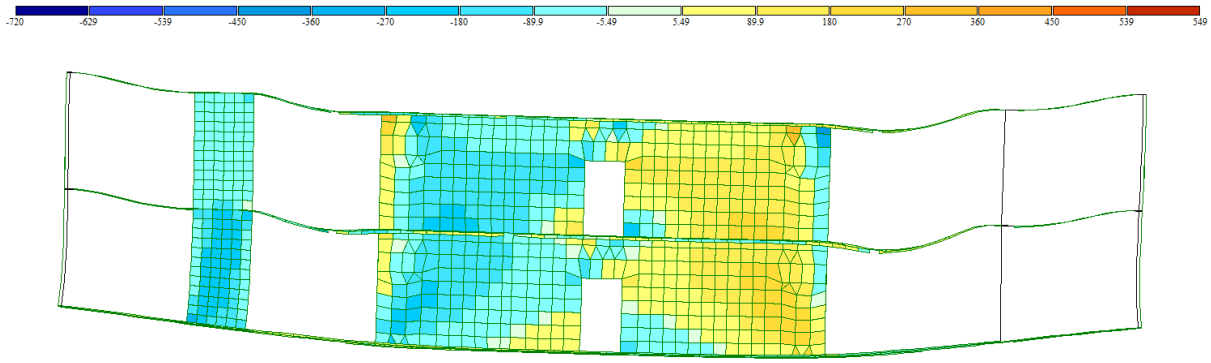
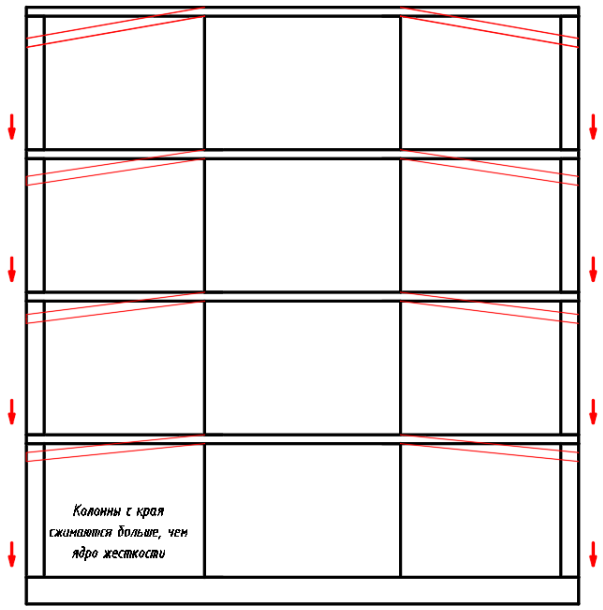


Рисунок. Касательные напряжения.

3.2) сжимаемость вертикальных конструкций

В основном данный эффект хорошо наблюдается в высотных зданиях. Ядро жесткости сжимается меньше, чем колонны по периметр. Если отбросить фактор возникающих осадок, то деформирование выглядит таким образом как показано на иллюстрации.



4) Сосредоточенные нагрузки

В местах, где колонна(-ы) верхнего этажа переходят в зону с колоннами, к которым примыкают стены. При этом усилие в колонне постепенно снижается, перераспределяя усилие на стену. Чем чаще стоят колонны, тем плавнее будет перераспределение усилий на стены и скачки армирования в стенах будут меньше.

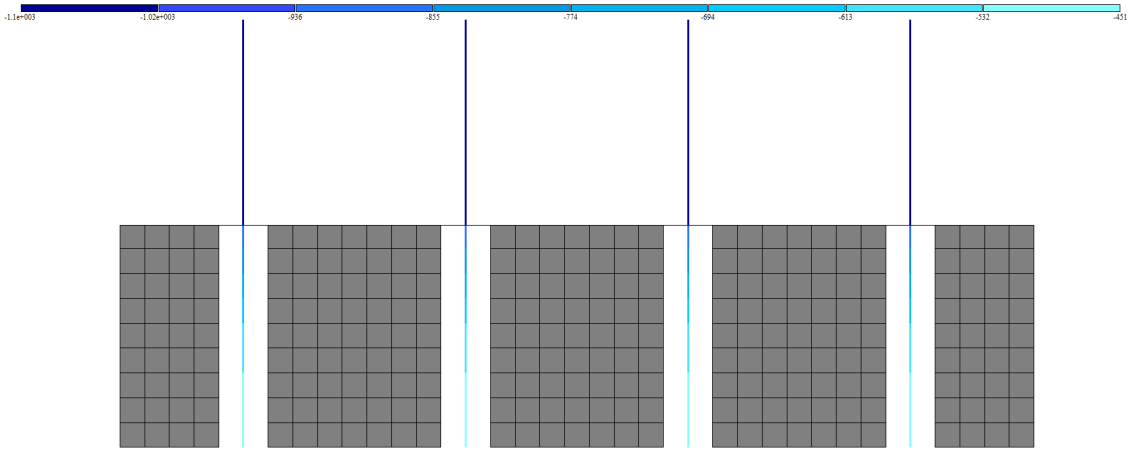


Рисунок. Нормальное усилие в колонне падает при добавлении на нижнем этаже стен

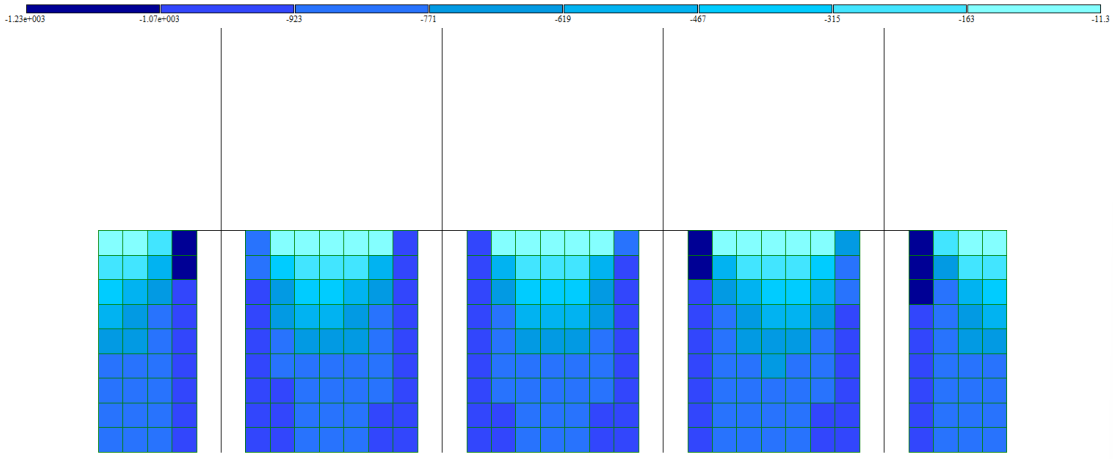


Рисунок. Вертикальные напряжения в стенах. Виден скачок в месте примыкания.

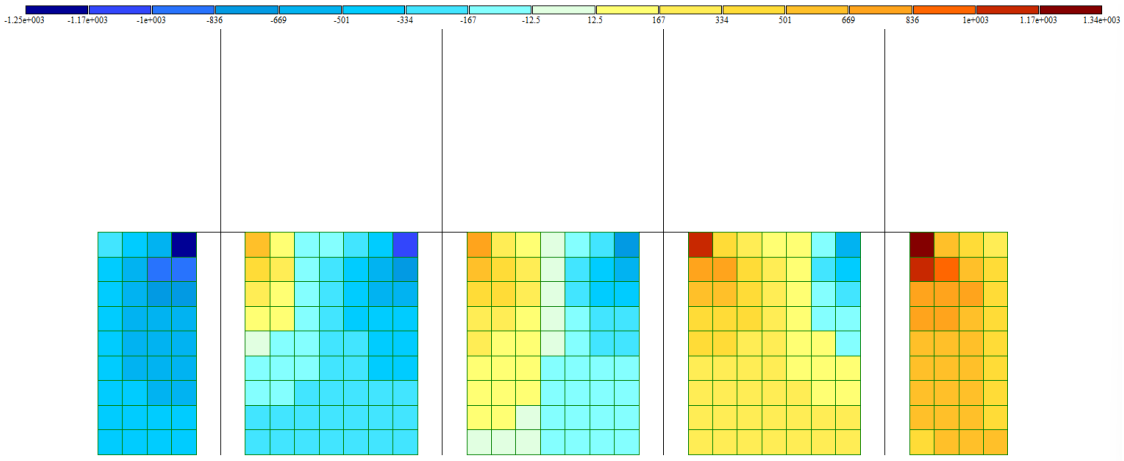


Рисунок. Касательные напряжения в стенах

Частые вопросы.

1. Как учитывается вклад в НДС касательных напряжений?

Ответ: Согласно п.8.1.57 СП 63.13330.2018 есть дополнительная проверка на касательные напряжения и на нормальные с учетом касательных.

От данной проверки зависит количество продольной арматуры в сечении.

$$N_{bxy,ult} = 0,3R_bA_b$$
$$N_{sxy,ult} = 0,5R_s(A_{sx} + A_{sy})$$
$$N_{xy,ult} = N_{bxy,ult} + N_{sxy,ult}$$

$$(N_{x,ult} - N_x)(N_{y,ult} - N_y) - N_{xy} \geq 0$$
$$N_{x,ult} \geq N_x$$
$$N_{y,ult} \geq N_y$$
$$N_{xy,ult} \geq N_{xy}$$

N_x, N_y, N_{xy} - нормальные и сдвигающие силы, действующие по боковым сторонам плоского выделенного элемента;

$N_{x,ult}, N_{y,ult}, N_{xy,ult}$ - предельные нормальные и сдвигающие силы, воспринимаемые плоским выделенным элементом.

A_b - рабочая площадь поперечного сечения бетона выделенного элемента;

A_{sx}, A_{sy} - площадь сечения арматуры в направлении осей X и Y в выделенном элементе.

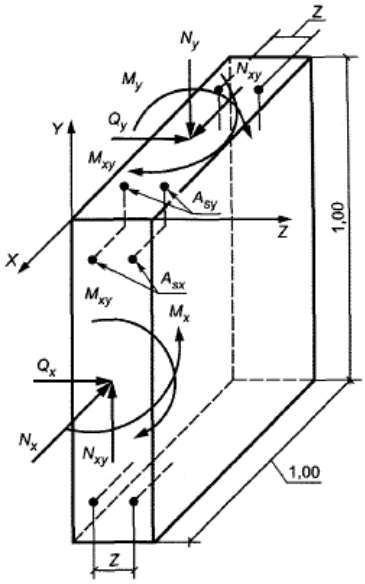


Рисунок 8.16 СП 63.13330.2018

Справочная таблица 1. Методики расчета

№ п/п	Описание метода расчета	Рекомендации по применению
1.	«Ручной» расчет **по «грузовой площади».** Это первичный расчет. Находят грузовую площадь, нагрузки и умножают на количество этажей. Позволяет первично оценить продольное усилие N и предварительно назначить габариты сечений. Сжимаемость вертикальных конструкций и относительная разность осадок не учитываются. Моменты не определяются и не учитываются.	Такой подход возможен только для случая стен, расположенных с одинаковым шагом. Если рассчитываются стены ядра жесткости, то будут погрешности более 2х раз.
2.	Расчет **в программе с защемлением (жесткими связями) по основанию, созданной «единомоментно» без учета системы «монтаж».** Это первичный программный расчет, который не учитывает работу основания. В отличие от первого варианта учитываются моменты(хоть и не совсем корректно).	Обычно используется большинством конструкторов на первом этапе. Позволяет более правильно назначить сечения, чем в первом варианте.
3.	Расчет **в программе с учетом работы основания, созданной «единомоментно» без учета системы «монтаж».** Не совсем корректно распределяются усилия между вертикальными элементами.	Для зданий с ядром жесткости высотой до 75м допустимо армировать по данной схеме. Для зданий высотой до 100м с отсутствием ярко выраженного ядра жесткости допустимо армировать по данной схеме.
4.	Расчет **в программе с учетом работы основания, созданной в системе «монтаж».**	Для любых зданий.

2.1. Конструктивные требования к армированию и защитным слоям

Процент армирования (по п.10.3.6 СП 63):

$$\mu_s = \frac{A_s}{b h_0}$$

A_s –площадь сечения продольной растянутой арматуры, а также сжатой, если она требуется по расчету,

b – ширина прямоугольного сечения или ширины ребра таврового (двутаврового) сечения

h_0 – рабочая высота сечения.

Справочная таблица 2. Минимальный и максимальные проценты армирования

Конструкция	Минимальный процент продольного армирования $\mu_{s,min}$	Максимальный процент армирования
Колонны/пилоны/стены	По п 10.3.6. СП 63. (с учетом таблицы 5.2 Пособия к СП 63) 0,10% $\frac{l_0}{i} < 17$ 0,15% $17 < \frac{l_0}{i} \leq 35$ 0,20% $35 < \frac{l_0}{i} < 87$ 0,25% $\frac{l_0}{i} > 87$ l_0 – расчетная длина Для колонн/пилонов/стен: $l_0 = kl$ k – коэффициент расчетной длины по п. 8.1.17 СП63. Для большинства монолитных конструкций k=0,8 (несмещаемые заделки с ограниченным поворотом) Для квадратных сечений $i = h/\sqrt{12}$ Для прямоугольных сечений наименьшее из: $i = h/\sqrt{12}$ $i = b/\sqrt{12}$ Для круглых сечений: $i = D/4$ h, b, D – высота, ширина, диаметр сечения	**Не более 5%** в местах без перехлеста На участках в местах перехлеста арматуры не более 10% (п. 5.2.9., 5.2.11 СП 430.) **Не более 3,5%** – р.з.А. (при больших значениях возникают проблемы с размещением арматуры и с соблюдением минимальных расстояний между стержнями)

Справочная таблица 3. Требуемое минимальное армирование стен

Толщина стены, мм	Расчетная высота l_0, мм	$i = h/\sqrt{12}$	Гибкость l_0/i	Минимальный процент Армирования $\mu_{s,min}$	Расчетная высота h_0, см	Требуемая площадь армирования, см² на 1 пог. м ($b = 100$см) $A_s = \mu_{s,min} b h_0/100$
160	**3000**	46	65	0,2	13	**2,6**
180	**3000**	52	58	0,2	14	**2,8**
200	**3000**	58	52	0,2	15	**3**
220	**3000**	64	47	0,2	17	**3,4**
250	**3000**	72	42	0,2	20	**4**
280	**3000**	81	37	0,2	23	**4,6**
300	**3000**	87	35	0,15	25	**3,75**
350	**3000**	101	30	0,15	30	**4,5**
400	**3000**	115	26	0,15	35	**5,25**

Толщина стены, мм	Расчетная высота l_0, мм	$i = h/\sqrt{12}$	Гибкость l_0/i	Минимальный процент Армирования $\mu_{s,min}$	Расчетная высота h_0, см	Требуемая площадь армирования, см² на 1 пог. м ($b = 100$см) $A_s = \mu_{s,min} b h_0/100$
450	3000	130	23	0,15	40	6
500	3000	144	21	0,15	45	6,75
550	3000	159	19	0,15	50	7,5
600	3000	173	17	0,15	55	8,25
700	3000	202	15	0,1	65	6,5
800	3000	231	13	0,1	75	7,5
900	3000	260	12	0,1	85	8,5
1000	3000	289	10	0,1	95	9,5
1100	3000	318	9	0,1	105	10,5
1200	3000	346	9	0,1	115	11,5
1300	3000	375	8	0,1	122	12,2
1400	3000	404	7	0,1	132	13,2
1500	3000	433	7	0,1	142	14,2
1600	3000	462	6	0,1	150	15
1800	3000	520	6	0,1	170	17
2000	3000	578	5	0,1	190	19
160	5000	47	106	0,25	13	3,25
180	5000	52	96	0,25	14	3,5
200	5000	58	86	0,2	15	3
220	5000	64	78	0,2	17	3,4
250	5000	73	68	0,2	20	4
280	5000	81	62	0,2	23	4,6
300	5000	87	57	0,2	25	5
350	5000	102	49	0,2	30	6
400	5000	116	43	0,2	35	7
450	5000	130	38	0,2	40	8
500	5000	145	34	0,15	45	6,75
550	5000	159	31	0,15	50	7,5
600	5000	174	29	0,15	55	8,25
700	5000	203	25	0,15	65	9,75
800	5000	231	22	0,15	75	11,25
900	5000	260	19	0,15	85	12,75
1000	5000	289	17	0,15	95	14,25
1100	5000	318	16	0,1	105	10,5
1200	5000	347	14	0,1	115	11,5
1300	5000	376	13	0,1	122	12,2
1400	5000	405	12	0,1	132	13,2
1500	5000	434	12	0,1	142	14,2
1600	5000	462	11	0,1	150	15
1800	5000	520	10	0,1	170	17
2000	5000	578	9	0,1	190	19
160	7000	47	149	0,25	13	3,25
180	7000	52	135	0,25	14	3,5
200	7000	58	121	0,25	15	3,75
220	7000	64	109	0,25	17	4,25
250	7000	73	96	0,25	20	5
280	7000	81	86	0,2	23	4,6
300	7000	87	80	0,2	25	5
350	7000	102	69	0,2	30	6
400	7000	116	60	0,2	35	7
450	7000	130	54	0,2	40	8
500	7000	145	48	0,2	45	9
550	7000	159	44	0,2	50	10
600	7000	174	40	0,2	55	11
700	7000	203	34	0,15	65	9,75
800	7000	231	30	0,15	75	11,25
900	7000	260	27	0,15	85	12,75
1000	7000	289	24	0,15	95	14,25
1100	7000	318	22	0,15	105	15,75
1200	7000	347	20	0,15	115	17,25
1300	7000	376	19	0,15	122	18,3
1400	7000	405	17	0,15	132	19,8

Толщина стены, мм	Расчетная высота l_0, мм	$i = h/\sqrt{12}$	Гибкость l_0/i	Минимальный процент Армирования $\mu_{s,min}$	Расчетная высота h_0, см	Требуемая площадь армирования, см² на 1 пог. м ($b = 100$см) $A_s = \mu_{s,min} b h_0/100$
1500	7000	434	16	0,1	142	14,2
1600	7000	462	15	0,1	150	15
1800	7000	520	13	0,1	170	17
2000	7000	578	12	0,1	190	19
160	10000	47	213	Предельная гибкость 200 превышена		
180	10000	52	192	0,25	14	3,5
200	10000	58	172	0,25	15	3,75
220	10000	64	156	0,25	17	4,25
250	10000	73	137	0,25	20	5
280	10000	81	123	0,25	23	5,75
300	10000	87	115	0,25	25	6,25
350	10000	102	98	0,25	30	7,5
400	10000	116	86	0,2	35	7
450	10000	130	77	0,2	40	8
500	10000	145	69	0,2	45	9
550	10000	159	63	0,2	50	10
600	10000	174	57	0,2	55	11
700	10000	203	49	0,2	65	13
800	10000	231	43	0,2	75	15
900	10000	260	38	0,2	85	17
1000	10000	289	35	0,15	95	14,25
1100	10000	318	31	0,15	105	15,75
1200	10000	347	29	0,15	115	17,25
1300	10000	376	27	0,15	122	18,3
1400	10000	405	25	0,15	132	19,8
1500	10000	434	23	0,15	142	21,3
1600	10000	462	22	0,15	150	22,5
1800	10000	520	19	0,15	170	25,5
2000	10000	578	17	0,15	190	28,5

Справочная таблица 4. Шаг арматуры

Конструкция	Минимальный	Максимальный	Классический шаг
Стены	**Продольная:** **Не менее 50**мм в свету (п. 10.3.4 СП 63) **Для всей продольной:** Между соседними стыками внахлестку в свету не менее $2d$ и не менее 30 мм (п.10.3.30 СП 63) Между соседними стыками на муфтах в свету между муфтами не менее $2d$ и не менее 30 мм (п.10.3.30 СП 63)	**Продольная вертикальная:** **Не более $2h$** и **400**мм (п. 10.3.8 СП 63) h – толщина стены **Продольная горизонтальная**: **Не более** 400мм! НО шаг должен совпадать с вертикальным шагом поперечной арматуры.	Для диаметров продольной арматуры до 25мм: **Не менее 100мм** Для диаметров продольной арматуры до 28мм: **Не менее 125мм** Для диаметров продольной арматуры до 36мм: **Не менее 150мм** Для любых диаметров **Не менее 200мм**
	Поперечная: **Не менее 50** мм в свету, расположенной более чем в два ряда (п. 10.3.5 СП 63)	**Поперечная из условия недопущения выпучивания продольной арматуры:** При проценте продольного армирования у двух граней $\mu_s < 2\%$ (в проценте армирования учитываются перехлесты!): - по вертикали не более **$20d$** - по горизонтали не более **600мм. (п 5.24 Пособия к СП 63)** При проценте продольного армирования у двух граней $\mu_s \geq 2\%$ (в проценте армирования учитываются перехлесты!): - по вертикали не более **$15d$** и не более **500мм.** **- по горизонтали** не более **400мм и не более 2х шагов** вертикальной продольной арматуры **(п 5.24 Пособия к СП 63)** **Поперечная из условия работы на поперечную силу:** Не более $h_0/2$ и не более 300мм (п. 10.3.13)	**100мм** **150мм** **200мм** **300мм**

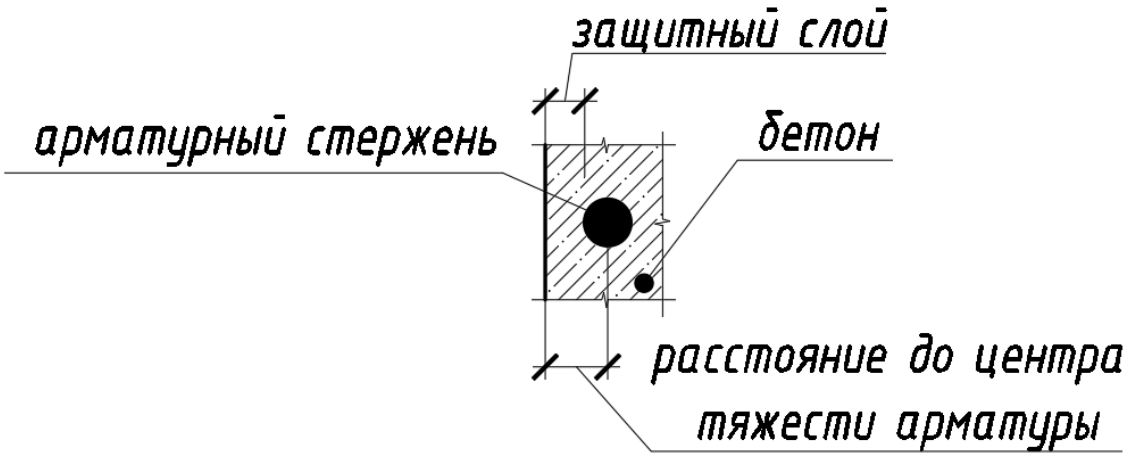
Справочная таблица 5. Минимальные диаметры арматуры

№ п/п	Конструкция	Минимально возможные диаметры для КС-2 (нормальный уровень ответственности)	Минимально возможные диаметры для КС-3 (повышенный уровень ответственности)
1	**Стены**	Продольная: Вертикальная – не менее **12**мм (р.з.А) Горизонтальная – **8**мм (р.з.А)	Продольная: Не менее **12**мм (п.8.2.3.4 СП 267)
		Поперечная: хомуты и шпильки - не менее $0,25d$ и не менее **6**мм (п. 10.3.12 СП63) d – диаметр продольной вертикальной арматуры	Поперечная: хомуты и шпильки - не менее $0,25d$ и не менее **6**мм (п. 10.3.12 СП63) d – диаметр продольной вертикальной арматуры

Защитные слои

Учитываются следующие факторы при назначении защитных слоев и ширины раскрытия трещин:

- расположение и назначении конструкции;
- агрессивность среды.
- требования огнестойкости (только для защитных слоев).



Справочная таблица 6. Минимальные защитные слои в неагрессивных средах (Таблица 10.1. СП 63)

Условия эксплуатации конструкций зданий в **неагрессивных средах**	Толщина защитного слоя бетона для арматуры **установленной по расчету**, мм, не менее	Толщина защитного слоя бетона для арматуры **установленной конструктивно без расчета**, мм, не менее	Толщина защитного слоя бетона для всех случаев, мм, не менее
В закрытых помещениях при нормальной и пониженной влажности	20 мм для КС-2 25 мм для КС-3 (п.8.2.3.4 СП 267, таблицы Ж.3, Ж.4 СП 28)	20-5=15 для КС-2 25-5=20 для КС-3	Не менее d арматуры
В закрытых помещениях при повышенной влажности (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	25	25-5=20	
На открытом воздухе (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий)	30	30-5=25	
В грунте (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий), в монолитных фундаментах при наличии бетонной подготовки	40	40-5=35	
В монолитных фундаментах при отсутствии бетонной подготовки (только для нижней рабочей арматуры)	70	70-5=65	

Два фактора которые часто игнорируют проектировщики (хотя в нормах это есть!):

1) П4.1 СП 28. Требования по первичной и вторичной защите строительных конструкций указаны для конструкций со сроком эксплуатации 50 лет. Для бетонных и железобетонных конструкций со сроком эксплуатации 100 лет и конструкций зданий и сооружений класса КС-3, с повышенным уровнем ответственности по ГОСТ 27751 , **оценка степени агрессивности повышается на один уровень.** Указанные требования назначаются как для вновь возводимых, так и для реконструируемых зданий и сооружений. Если оценка степени агрессивности среды не может быть увеличена (например, для сильноагрессивной среды), защита от коррозии выполняется по специальному проекту.

Иными словами: для КС-3 **неагрессивная среда становится слабоагрессивной, слабоагрессивная – среднеагрессивной и т.д.**

2) П9.2.3. СП28. Конструкции зданий и сооружений в целом, элементы и узлы соединения конструкций должны **быть доступными для осмотров и возобновления защитных покрытий.** При отсутствии возможности обеспечения этих требований конструкции должны быть защищены от коррозии на весь период эксплуатации.

При отсутствии постоянного наблюдения за состоянием конструкций в процессе эксплуатации необходимо предусматривать защиту их от коррозии покрытиями, рекомендуемыми для конструкций, эксплуатируемых в условиях с **агрессивным воздействием среды на один уровень выше.**

Иными словами: для фундаментов, внешней стороны стен подвала, верхней части покрытия **неагрессивная среда становится слабоагрессивной, слабоагрессивная – среднеагрессивной и т.д.**

Справочная таблица 7. Таблица Ж.3 СП 28. – Требования к железобетонным конструкциям при воздействии газовых и твердых агрессивных сред

Группа арма-турной стали	Класс арматуры	Минимальное значение толщины защитного слоя бетона, мм		
		слабоагрессивной	среднеагрессивной	сильноагрессивной
Конструкции без предварительного напряжения				
I	A240, A400, A500, A600, Bp500, B500	20+5=**25**	20+5=**25**	25+5=**30**
Значение толщины защитного слоя для монолитных конструкций увеличены на +**5 мм, поскольку базовые значения даны для сборных конструкций.**				

Справочная таблица 8. Таблица Ж.4 СП 28. – Требования к железобетонным конструкциям при воздействии агрессивных жидких сред.

Группа арма-турной стали	Класс арматуры	Минимальное значение толщины защитного слоя бетона, мм		
		слабоагрессивной	среднеагрессивной	сильноагрессивной
Конструкции без предварительного напряжения				
I	A240, A400, A500, A600, Bp500, B500	**20+5=25**	**20+5=25**	**25+5=30**

Значение толщины защитного слоя для монолитных конструкций увеличены на **+5 мм, поскольку базовые значения даны для сборных конструкций.**

При возможной фильтрации через трещины (ширина раскрытия трещин более 0,3(непродолжительное) и 0,2(продолжительное) жидкие среды оцениваются как средне- и сильноагрессивные по отношению к стальной арматуре. Защита от коррозии железобетонных конструкций осуществляется исключением фильтрации совместным применением методов первичной и вторичной защиты.

Справочная таблица 9. Требования к стенам. Фрагмент таблицы 14.2 СП 468.

Примечание: данное требование относится к статически определимым конструкциям(монолитные конструкции не являются такими), поэтому данные требования могут быть проигнорированы. В любом случае потребуется выполнить дополнительный расчет.

Вид бетона	Толщина стены t_c и расстояние до оси арматуры **a**	Минимальное значение параметра стены, мм, при пределе огнестойкости, мин					
		REI 30	**REI 60**	**REI 90**	**REI 120**	**REI 150**	**REI 180**
Тяжелый	t_c	100	120	140	160	200	240
	a	10	15	20	30	30	30

2.2. Конструктивные требования к бетону

98% несущих конструкций зданий проектируется из тяжелого бетона. При густом армировании применяют мелкозернистый бетон. Остальные бетоны используются крайне редко, поэтому в настоящем справочнике не рассматриваются.

Требования о необходимости применения мелкозернистого бетона должны быть прописаны в проекте.

Справочная таблица 10. Минимально возможные значения B,F,W

Конструкция	Минимально возможные значения для КС-2 (нормальный уровень ответственности)			Минимально возможные значения для КС-3 (повышенный уровень ответственности)		
	B	F	W	B	F	W
Стены	Для надземных стен **B20** (п. 5.2.11 СП 430.) Для внешних подземных стен **B25** (п. 9.4.8 СП 250) – как первичная* защита от воздействия грунтовых вод	Для надземных стен р.з.А. **F150** (Табл. Ж.2. СП 28, табл. 10 СниП 2.03.01-84) Для внешних подземных стен **F200** (п. 9.4.8 СП 250) – как первичная* защита от воздействия грунтовых вод	Для надземных стен р.з.А **W6** Для внешних подземных стен **W8** (п. 9.4.8 СП 250) – как первичная* защита от воздействия грунтовых вод	П. 8.2.2.3. СП 267. **B35** – для зданий высотой от 75 до 150 м (включительно); **B45** – для зданий высотой от 150 до 200 м (включительно); **B60** – для зданий высотой от 200 до 250 м (включительно); B80 – для зданий высотой более 250 м.	**р.з.А. F200** (Табл. Ж.2. СП 28, табл. 10 СниП 2.03.01-84)	р.з.А **W8**

3. Общие положения и возможные ошибки при расчете

На первой итерации производится подбор арматуры в линейной постановке по изополям.

Следует понимать следующее:

1. Полученные изополя требуемого армирования не являются абсолютно точными.

Это связано с:

- различной работой КЭ различных программных комплексов при определении усилий, т.е. усилия могут иметь различия в пределах 5-20%;

- различными алгоритмами подбора армирования. Даже при одинаковых усилиях подбор арматуры будет отличаться, в особенности по условиям трещиностойкости. Абсолютно правильного подхода на данный момент нет, нормы РФ не дописаны и недоформулированы.

- различными методиками моделирования. Подходы к моделированию у различных инженеров могут отличаться, особенно касается моделирования сложных сопряжений. Разный подход рождает разное армирование.

2. Фактическая работа конструкций имеет некоторые отличия от расчета.

Это связано с:

- порядком выполнения работ и загружения по монтажу, которые невозможно учесть в расчете;

- невозможность в полной мере учесть ползучесть, усадку, температуру бетона, которые постоянно меняются во времени;

- осадки здания не являются точными, отличия расчета от факта могут иметь до 50%.

Итого: любой результат, который расчетчик-конструктор считает точным, может быть подвергнут сомнению и критике ввиду выше названных факторов. Для снижения риска необходимо иметь определенный запас в армировании, особенно это касается сложных нестандартных мест.

4. Продольное армирование стен

Расстановка арматуры

Рассмотрим основные рекомендации, позволяющие наиболее рационально расставить продольное армирование на примере здания.

1. Сечение стен должно изменяться так, чтобы армирование не имело резких скачков, а плавно изменялось по высоте. Подробнее как подбиралось армирование см. часть №6.

2. Программа подбирает армирование в конечном элементе **БЕЗ учета анкеровки арматуры.** Анкеровка арматуры обеспечивается путем продления стержня за пределы требуемой зоны армирования.

3. Для вертикальной арматуры стен всегда должен соблюдаться принцип: чем выше этаж, тем армирования меньше.

Т.е. если начали армировать с 28 диаметра, то на последующих этажах не должен получиться диметр больше. Всегда должно идти в сторону уменьшения.

В зоне покрытия ставятся локально дополнительное усиление в верхнем узле.

В зоне проемов ставятся локальные усиления.

4. Если рабочая документация выпускается раньше, чем завершено проектирование и полностью уточнена расчетная схема, то пользуются принципом «на диаметр больше». Т.е. ,например, по расчету получилась арматура диаметром 25, а в конструкцию ставим 28. Любое усиление при дефиците армирования, как правило, идет по стоимости не менее стоимости самой конструкции с дефицитом. Поэтому перезаложить 10-15% не будет лишним.

В местах, где требуется только фоновое армирование и такая зона идет на 1-2 этажа выше, чем армирование требовалось по расчету увеличение диаметра не делается.

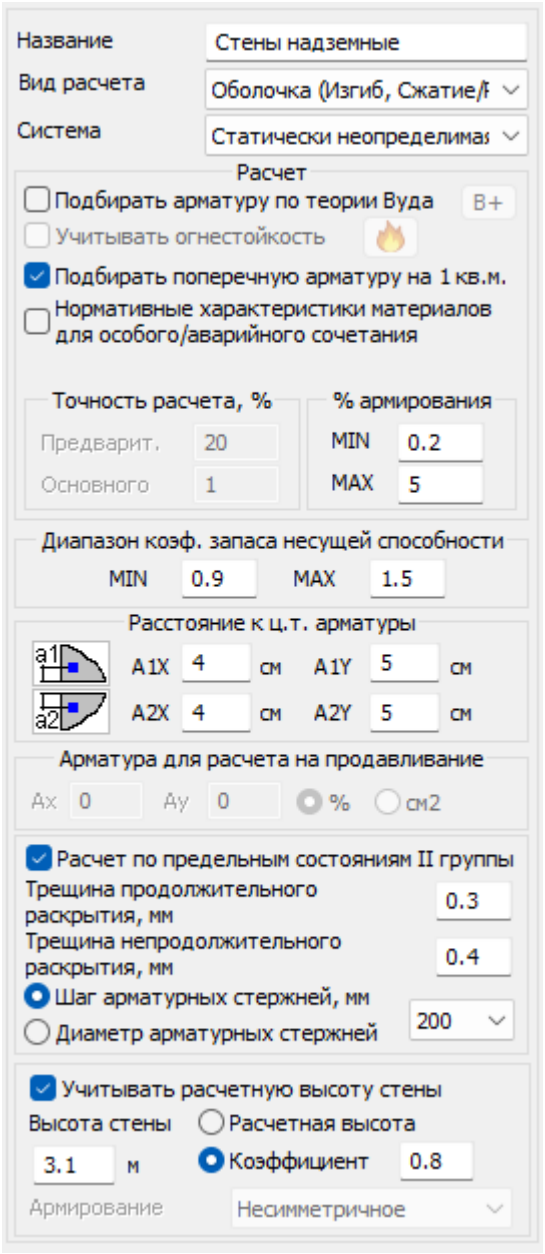
5. Симметричное и несимметричное армирование. Армировать вертикальные элементы всегда стараются симметрично. Это связано с тем, что этот вариант более быстрый с точки зрения проектирования, а также при строительстве не будет возможности ошибиться.

Несимметричное армирование иногда встречается в месте сопряжения крайних и угловых вертикальных конструкций с покрытием, где ставятся дополнительные стержни усиления по классическому рамному узлу (см. часть по перекрытиям).

В ЛИРА-САПР в зависимости от заданных исходных параметров будет подбираться симметричное или несимметричное армирование. Кроме того программа будет расставлять подобранное армирование по различным алгоритмам в зависимости от расставленных «галочек». Подробнее см. часть №4 Справочника.

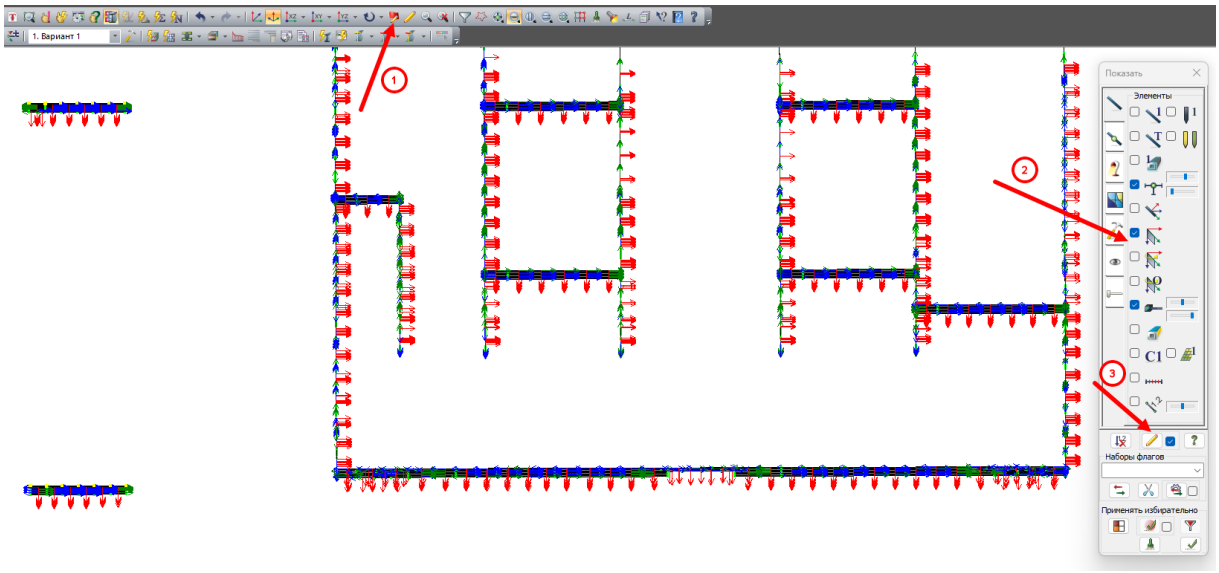
Особое внимание необходимо обратить на галочку: «Подбирать арматуру по теории Вуда».

Тесты программы показывают, что не всегда в стенах получается армирование соответствующее проверкам по СП 63 и иногда теория Карпенко, которую использует ЛИРА-САПР, будет давать адекватный результат. По Вуду, как правило, армирование завышено и идет в запас.

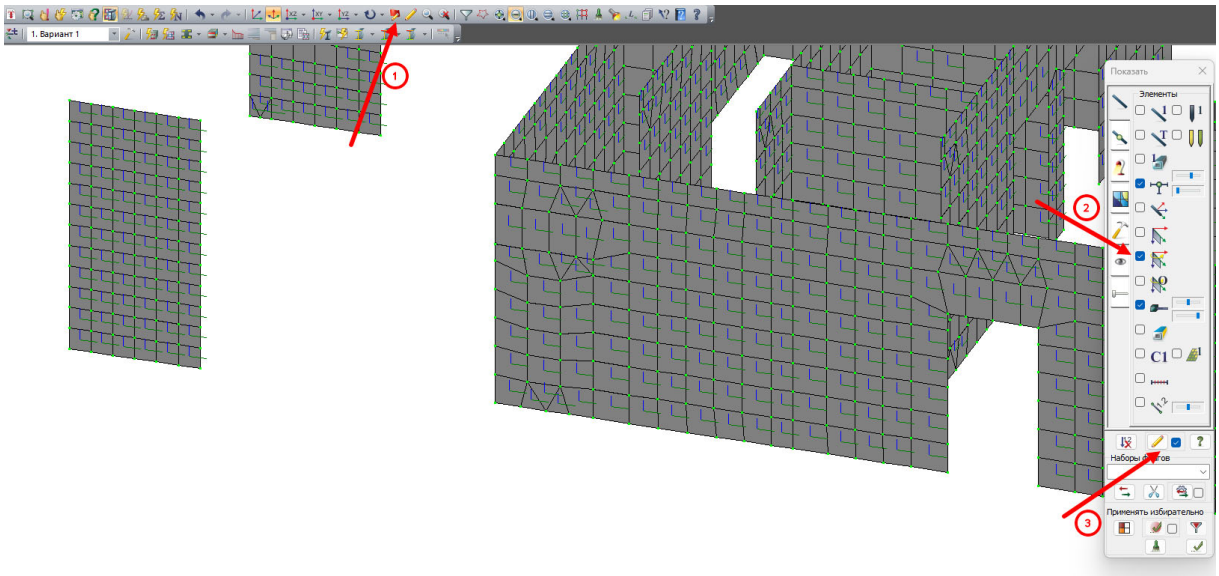


Сначала разбираемся как ориентированы оси и сечение.

Просмотр местных осей и информации о сечении (тип жесткости и конструктивные характеристики).

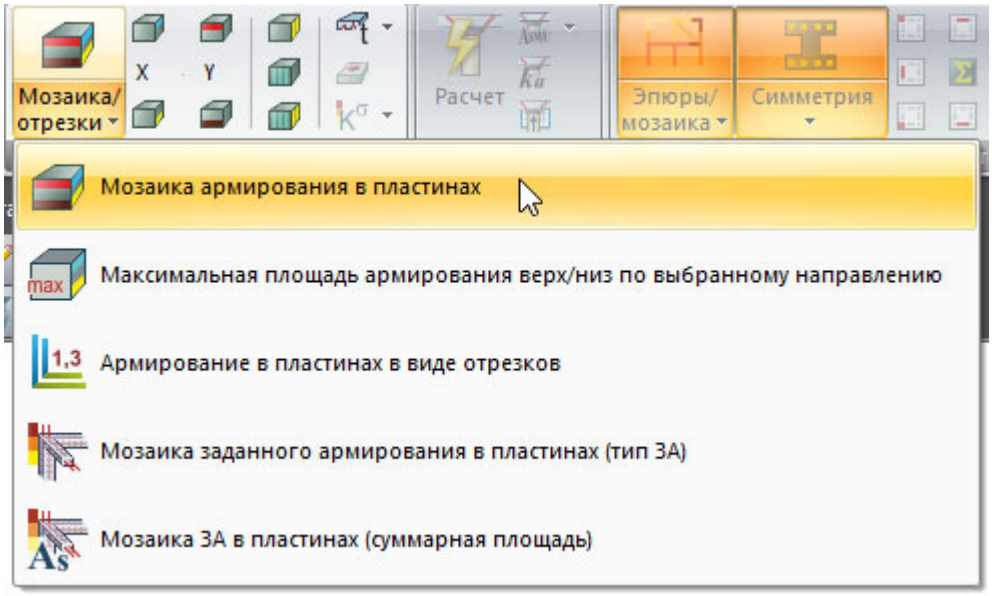


Просмотр ориентации сечения относительно местных осей. Армирование показывается по принципу: «нижнее – в нижней части красной стрелки, верхнее -вверху».

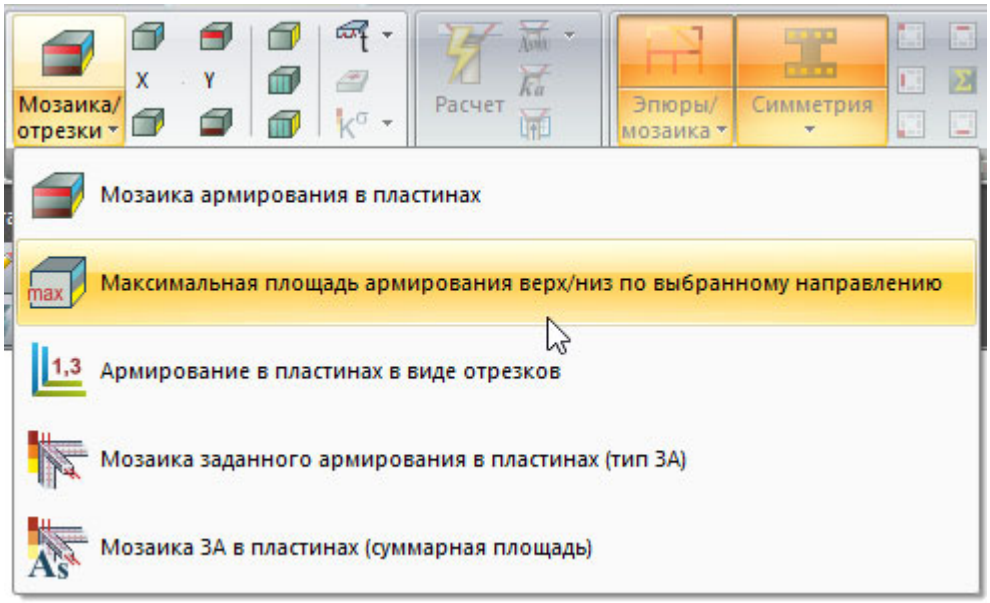


Просмотр ориентации сечения относительно местных осей. Армирование показывается по принципу: «по Y – синее направление - вертикальное, по X – зеленое направление - горизонтальное».

В результатах расчета Результаты расчета можно смотреть или конкретно на сторону армирования или максимальное по двум сторонам. На практике используется в основном подход «максимальное по двум сторонам», а конкретно по стороне смотрится в исключительных случаях.



Выбор показа конкретно по каждой стороне. Получится 4 мозаики армирования.



Выбор показа максимального по двум сторонам. Получится 2 мозаики армирования.

При выводе изополей важно понимать сколько арматуры реально можно поставить в стену с соблюдением всех минимально допустимых расстояний. Это возможно проверить только сделав чертеж. На первом этапе нужно стремиться максимально убрать армирование и перевести его в бетон. Желательным (но не обязательным) является максимальный показатель до 50см^2/пог.м для вертикальной арматуры и 30 см^2/пог.м для горизонтальной арматуры, если армирование осуществляется в 1 ряд. Для стен, сопрягающихся с фундаментной плитой возможен вариант с многорядным армированием, где армирование нужно будет оценивать по проценту армирования – желательно не более 2%.

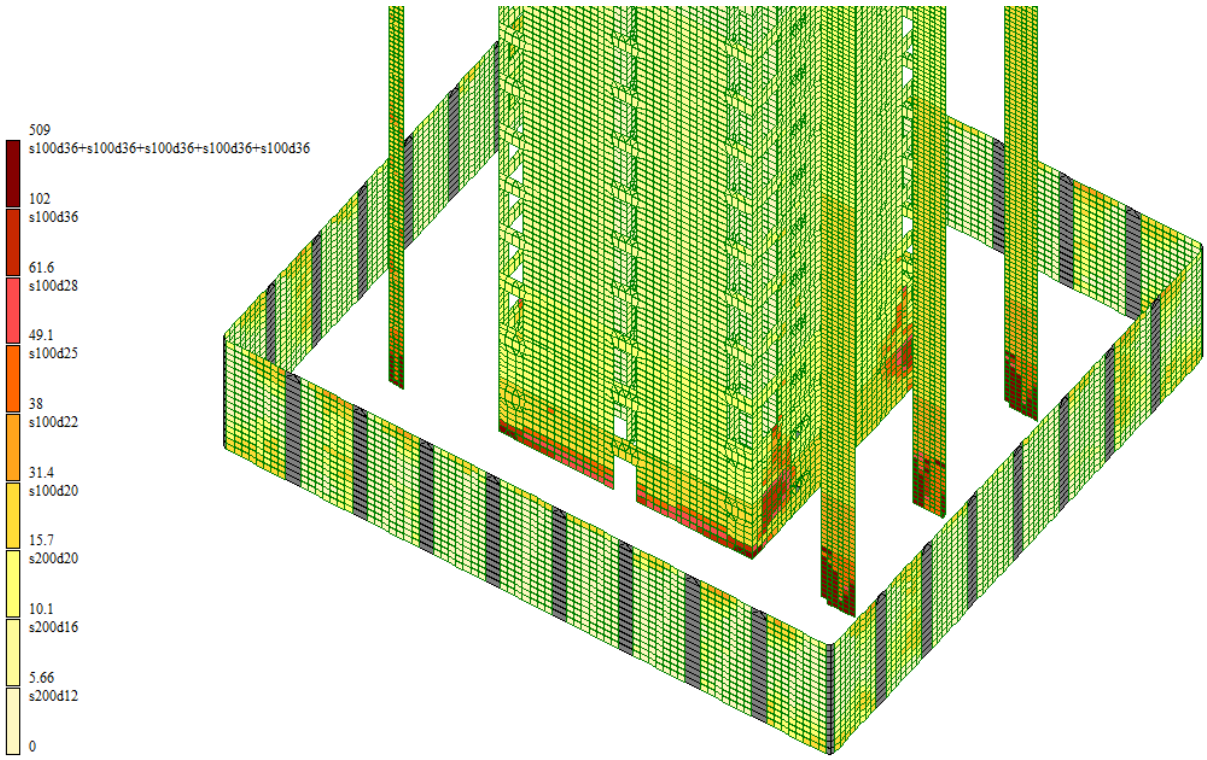


Рисунок. Требуемое вертикальное армирование стен (максимальное по обоим сторонам). Вторая итерация.

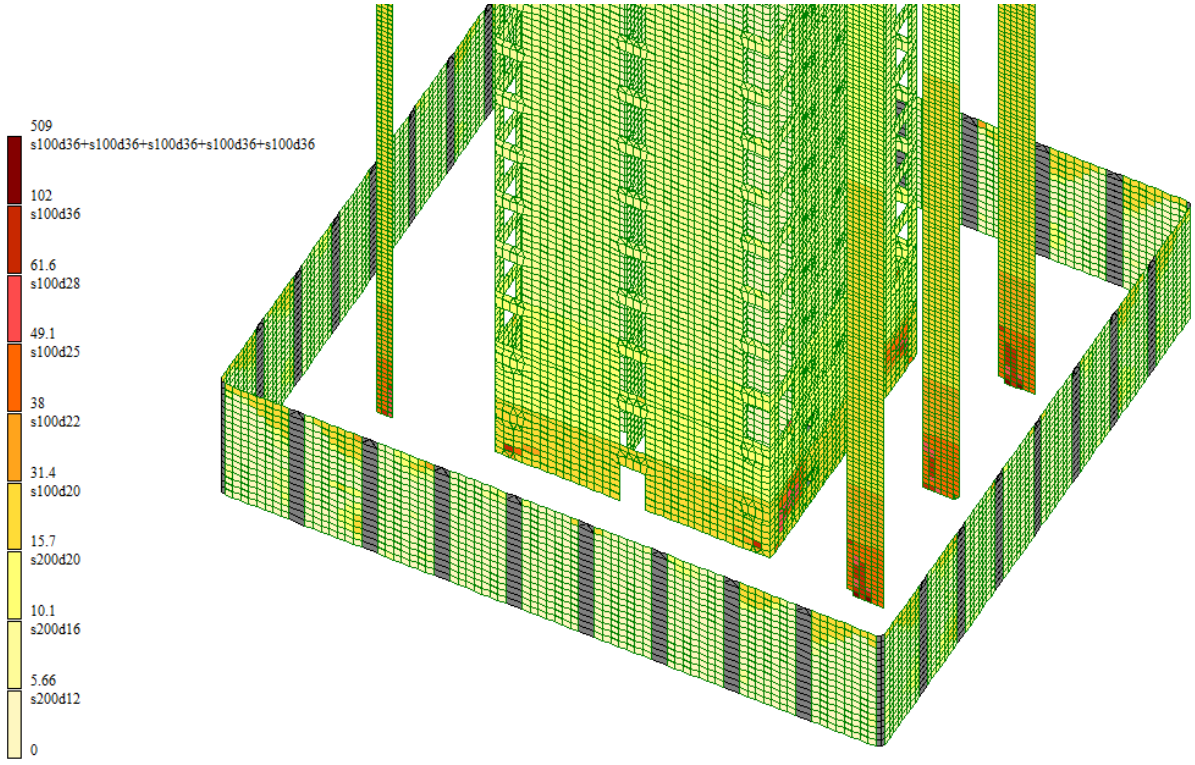
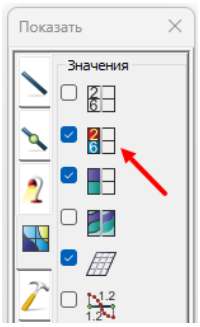
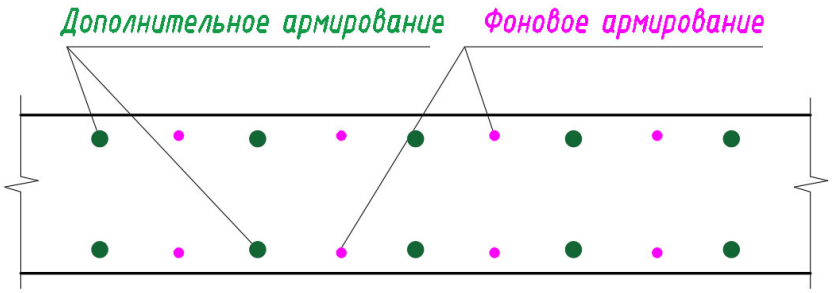
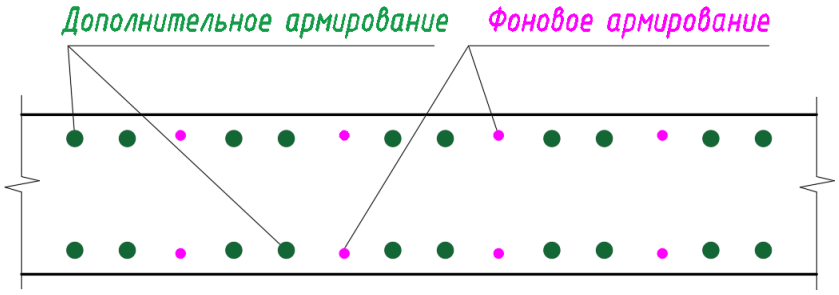
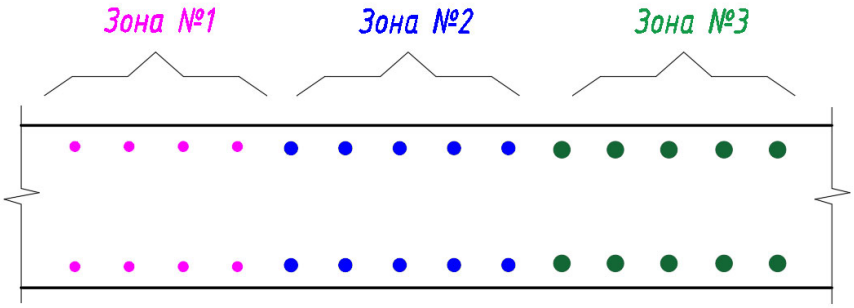


Рисунок. Требуемое горизонтальное армирование стен (максимальное по обоим сторонам). Вторая итерация.

Просмотр численных значений:



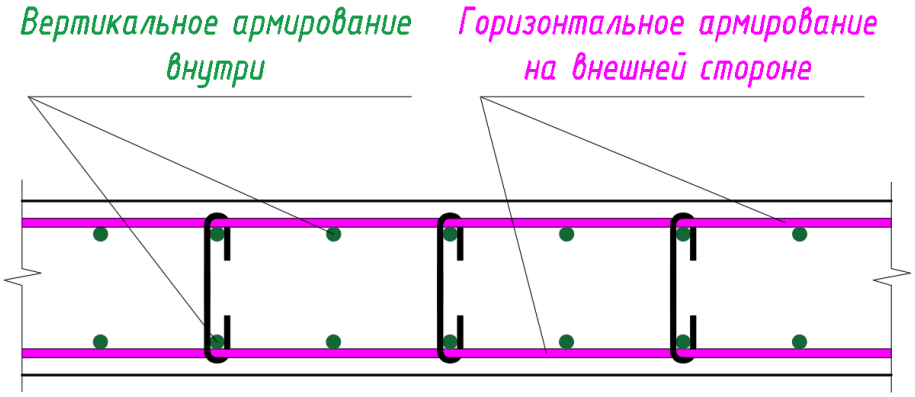
Справочная таблица 11. Варианты раскладки продольного армирования

Вариант армирования
Вариант 1.1. Чередование фонового и дополнительного армирования один через один. 
Вариант 1.2. Чередование фонового и дополнительного армирования два через один. 
Вариант 2. Армирование по зонам. 

Справочная таблица 12. Варианты расстановки продольного армирования

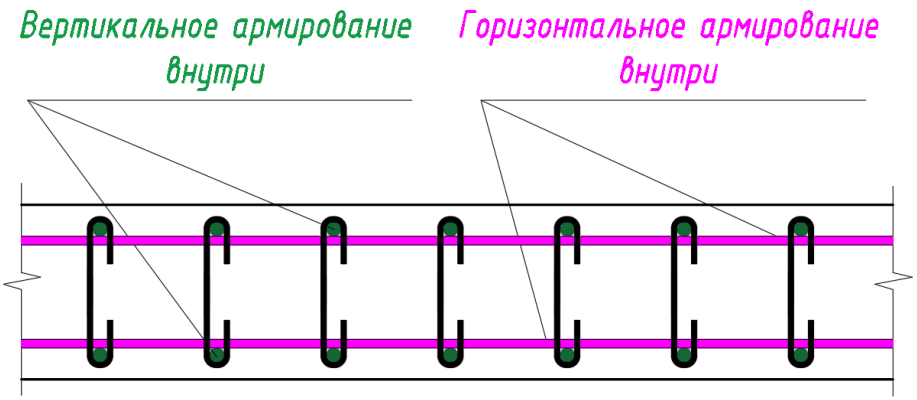
Классический вариант.

Горизонтальное армирование ставится на внешней стороне и выполняет дополнительную функцию раскрепления вертикального армирования от выпучивания.



Нежелательный вариант.

Горизонтальное армирование ставится на внутренней стороне и НЕ выполнят функцию горизонтального раскрепления вертикального армирования. В этом случае вертикальное армирование требуется дополнительно раскреплять от выпучивания.



5. Поперечное армирование стен

Поперечное армирование стен бывает следующих видов:

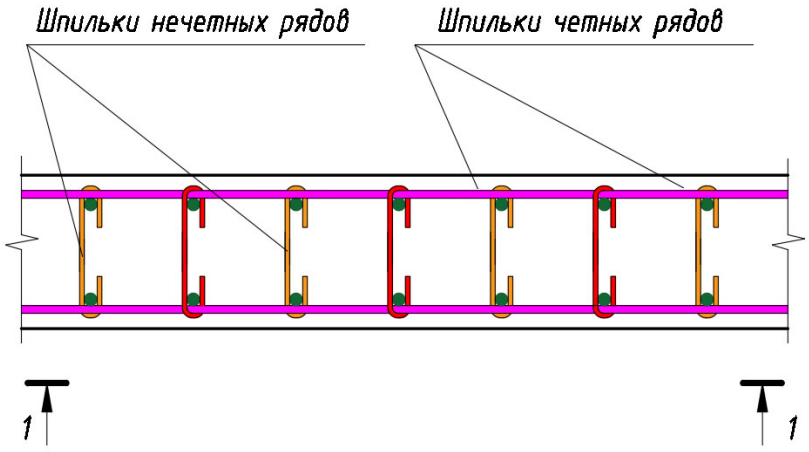
1. Шпильки. Шпильки являются основным поперечным армированием стен.

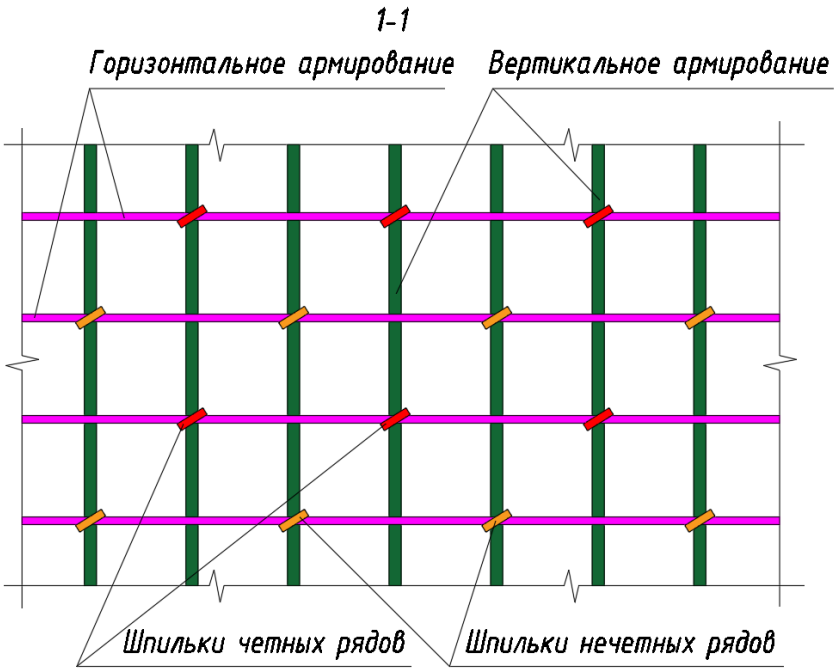
Шпильки, работая совместно с горизонтальной арматурой предотвращают выпучивание продольного армирования.

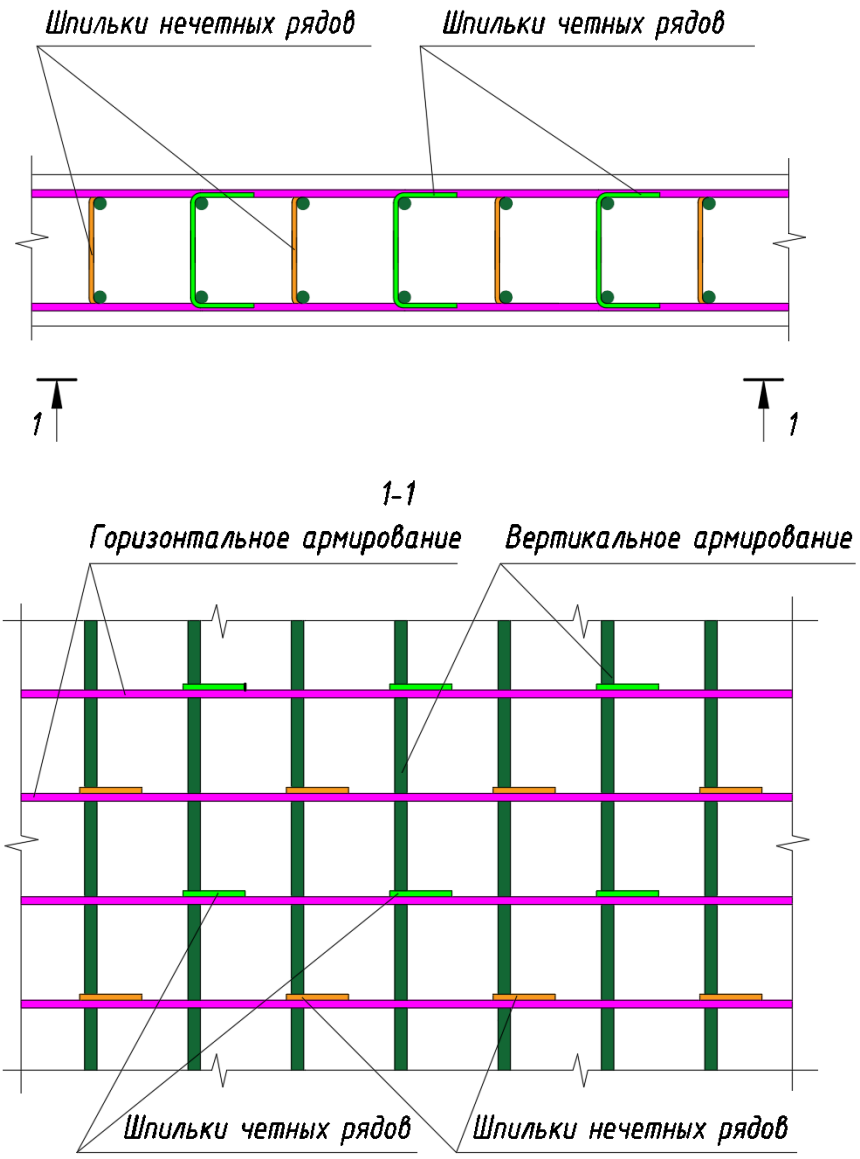
Шпилька обычно проектируется огибающей стержень продольного армирования с зацепом за горизонтальное армирование. Это наиболее надежный вариант.

Если используются Г-образные шпильки, то диаметр рекомендован не менее 10мм (в нормах упоминаний об этом нет). Автором данный вариант не рекомендуется, однако случаев выпучивания продольного армирования не известно.

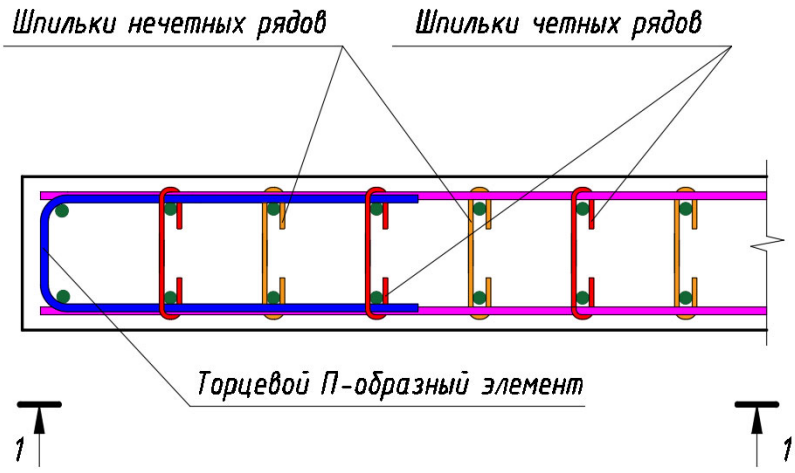
Шпильки ставят обычно со смещением в каждом ряду. Это позволяет более надежно закрепить от выпучивания продольные стержни.

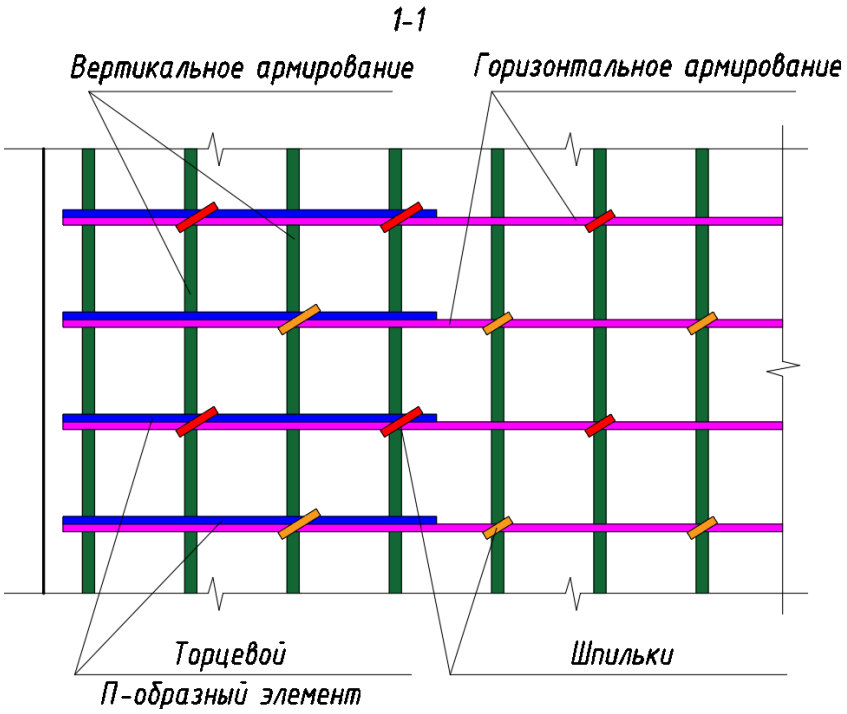




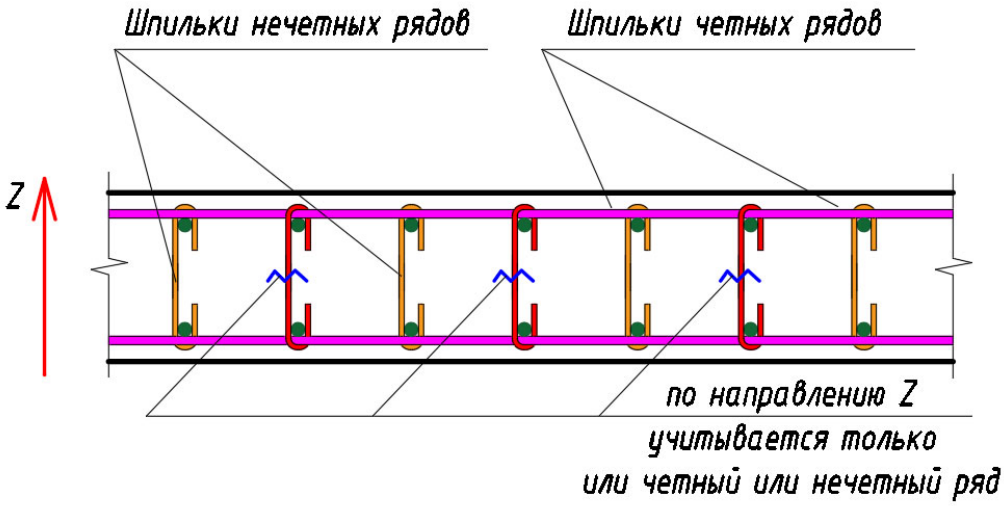


2. П-образный элемент на торце стены. Данный элемент одновременно выполняет функцию торцевой шпильки и анкеровки горизонтального армирования на торце.





Работа на срез. Определение количество срезов хомутов.



Условия установки поперечной арматуры

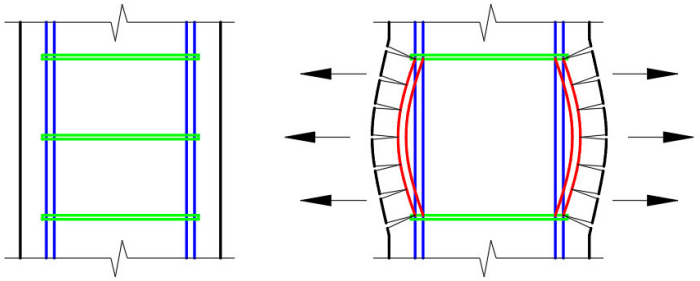
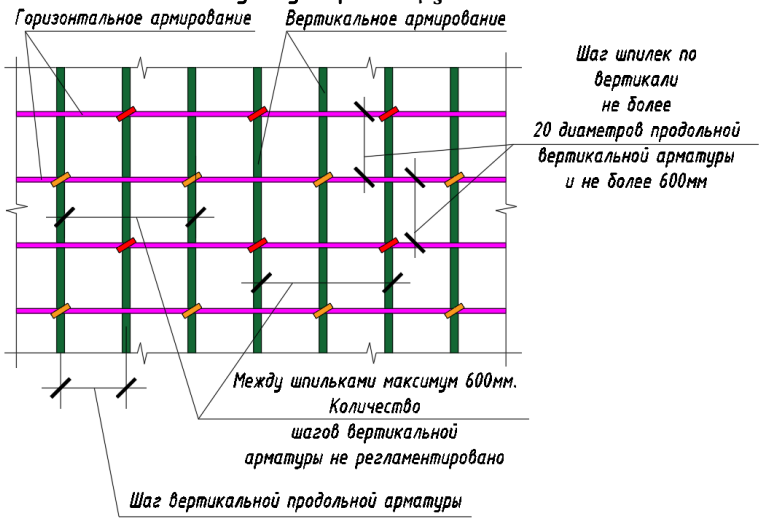
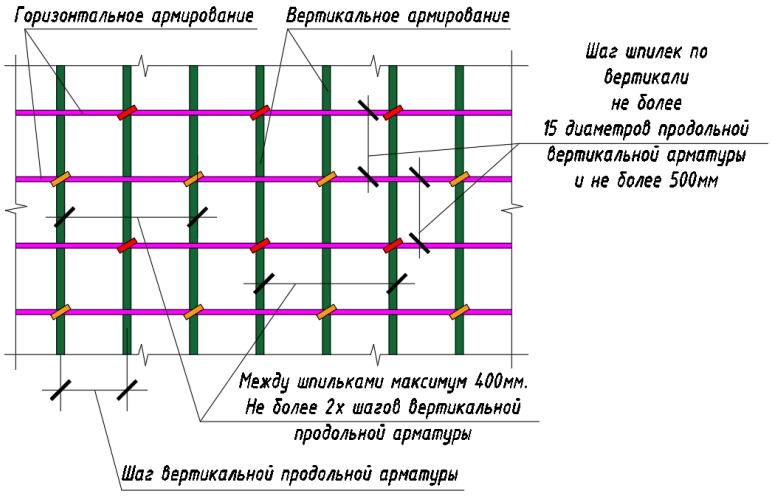
Поперечная арматура ставится из трех условий:

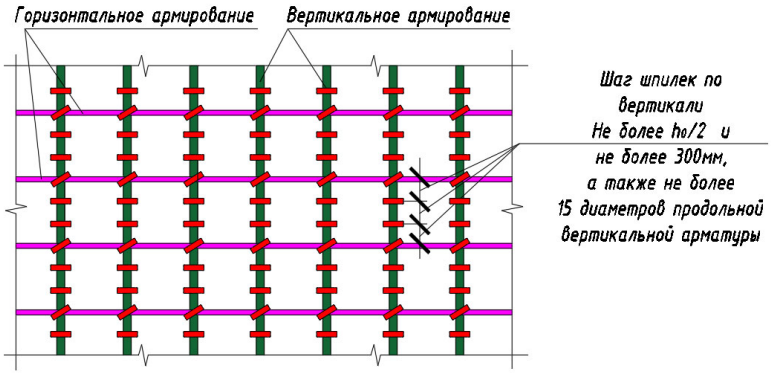
1) из условий недопущения выпучивания продольной арматуры;

2) по расчету для восприятия поперечных сил и крутящего момента;

3) по конструктивным требованиям для того, чтобы арматура установленная по расчету могла работать в сечении.

Справочная таблица 13. Условия установки поперечного армирования

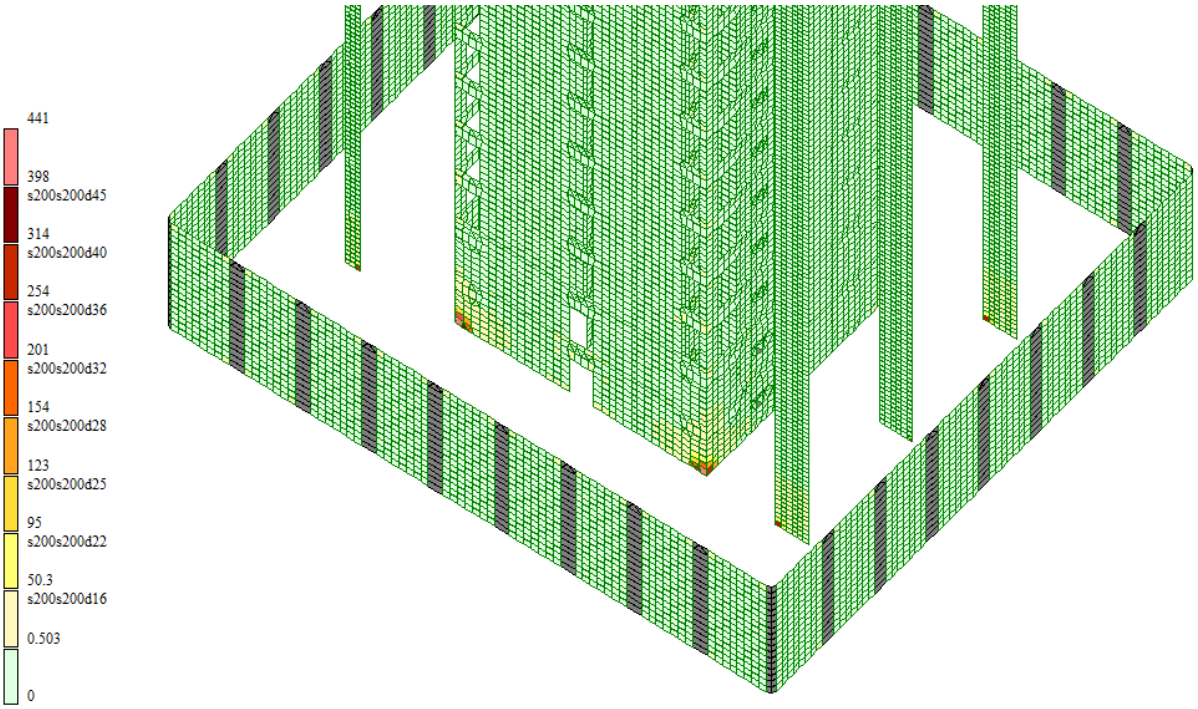
Условие	Иллюстрация/комментарии
Поперечная из условия недопущения выпучивания продольной арматуры **Поперечная из условия недопущения выпучивания продольной арматуры:** При проценте продольного армирования у двух граней $\mu_s < 2\%$ (в проценте армирования учитываются перехлесты!): - по вертикали не более **20d** и не более **600мм.** - по горизонтали не более **600мм. (п 5.24 Пособия к СП 63)** **d** – диаметр продольной вертикальной арматуры При проценте продольного армирования у двух граней $\mu_s \geq 2\%$ (в проценте армирования учитываются перехлесты!): - по вертикали не более **15d** и не более **500мм.** **- по горизонтали** не более **400мм и не более 2х шагов** вертикальной продольной арматуры **(п 5.24 Пособия к СП 63)** **d** – диаметр продольной вертикальной арматуры	*При нормативном шаге поперечных хомутов выпучивание не происходит* *При шаге поперечных хомутов ПРЕВЫШАЮЩИХ нормативный происходит выпучивание*  **Шаг при проценте продольного армирования у двух граней $\mu_s < 2\%$**  **Шаг при проценте продольного армирования у двух граней $\mu_s \geq 2\%$** 

Условие	Иллюстрация/комментарии
По расчету для восприятия поперечных сил и крутящего момента	См. результаты расчета в программе. Пример ниже.
По конструктивным требованиям для того, чтобы арматура установленная по расчету могла работать в сечении **По вертикали** не более $h_0/2$ и не более 300мм (п. 10.3.13 СП 63).	 По результатам расчета нужно всегда проверять шкалу, которую выдает программа. Она далеко не всегда соответствует конструктивным требованиям.

Справочная таблица 14. Установка поперечного армирования из условия выпучивания

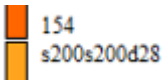
Диаметр продольной арматуры d_s, мм	Минимально возможный диаметр поперечной арматуры из условия не менее **6** мм и не менее $0{,}25d_s$	Процент армирования у двух граней $\mu_s < 2\%$ Максимально возможный шаг по вертикали из условия: не более $20d$ и не более **600мм.**	Процент армирования у двух граней $\mu_s \geq 1{,}5\%$ Максимально возможный шаг по вертикали из условия: $15d$ и не более **500мм.**
12	6	240	180
14	6	280	210
16	6	320	240
18	6	360	270
20	6	400	300
22	6	440	330
25	8	500	375
28	8	560	420
32	8	600	480
36	10	600	500
40	10	600	500

Расчетное поперечное армирование



Местные оси стержней для понимания направления поперечного армирования

Расшифровка шкалы требуемого армирования



154 – площадь поперечного армирования на 1 м² с учетом того, что требуется поставить вертикальные(поперечное) диаметром 28 мм с шагом 200мм по X и 200мм по Y.

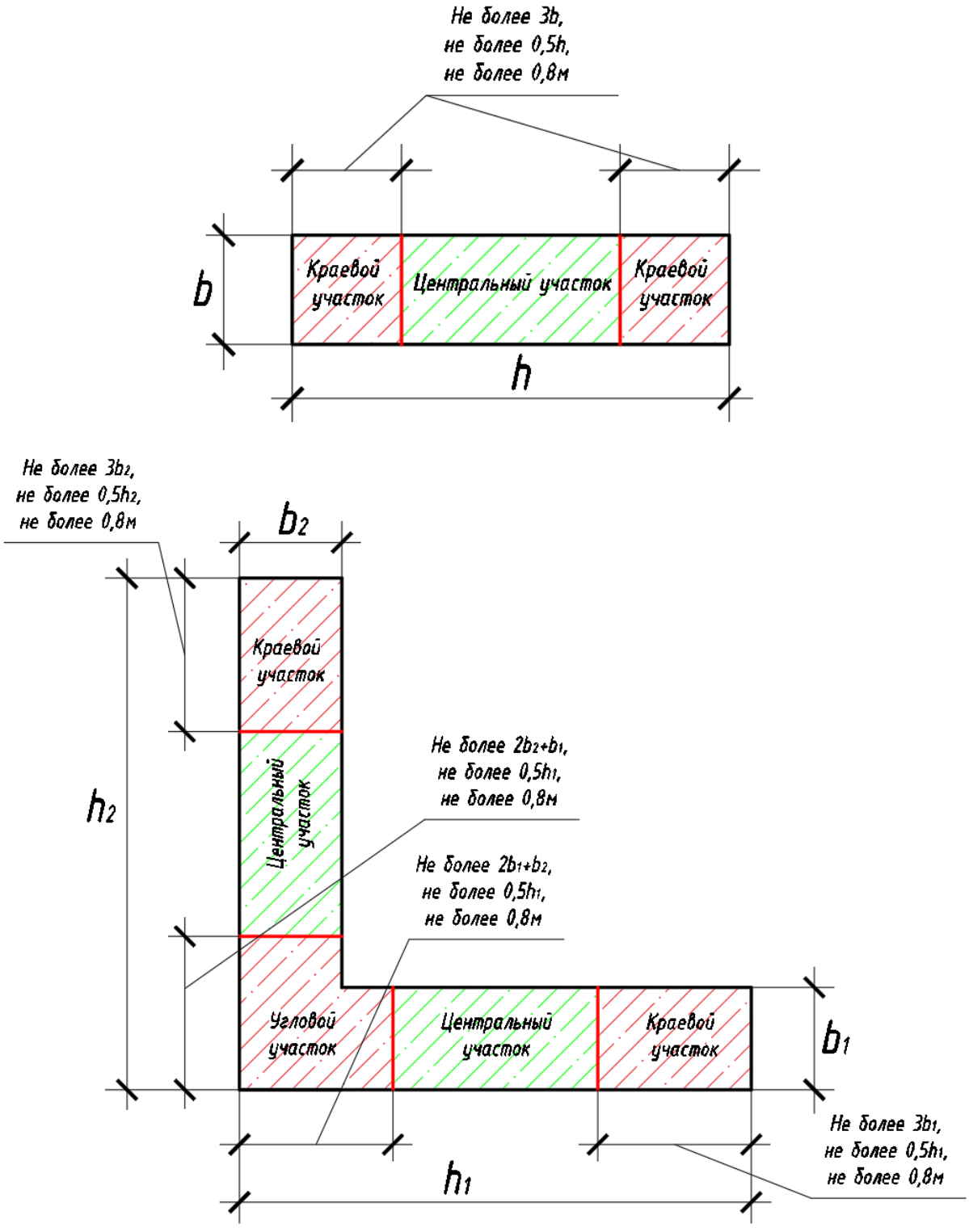
Понятно, что поперечное армирование с диаметром более 16мм затруднительно, поэтому необходимо скорректировать шаг. Это можно сделать вручную по примеру.

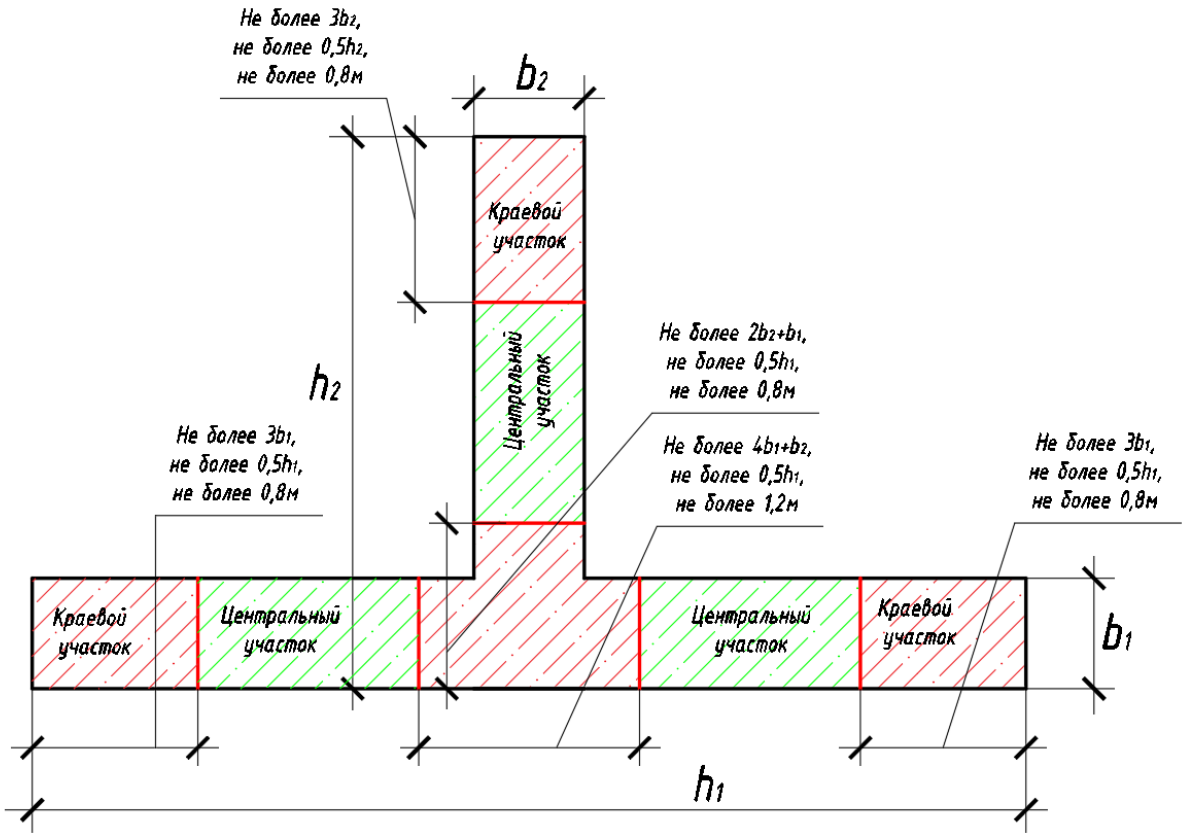
Пример поиска шаг и диаметра для корректировки поперечного армирования.

Шаг	**Количество стержней на 1 м²**	**Диаметр стержня, мм**	**Площадь одного стержня, см²**	**Площадь всех стержней на 1 м² см²/1 кв.м**
200x200	5x5=25	28	6,15	6,15x25=154
100x100	10x10=100	16	2,01	2,01x100=201 (допустимо, но будет перерасход)
100x100	10x10=100	14	1,54	1,54x100=154 (полностью эквивалентно d28 200x200

6. Осреднение и стержневые аналоги

Стены в основном моделируются пластинчатыми элементами. При подборе часто возникают ситуации аномальных «всплесков» армирования, поэтому приходится прибегать к осреднению результатов. Ниже описанная методика не нормирована и используется исключительно в рамках ответственности проектировщика.





Справочная таблица 15. Случаи и способы осреднения вертикального армирования (р.э.а)

Участки стен	Центральные участки стен/пилонов		Краевые/угловые участки стен/пилонов	
Случаи расчета	Случай $h > 4b$	Случай $h \le 4b$	Случай $h > 4b$	Случай $h \le 4b$
Методика осреднения	Метод №1. Ручное осреднение в пределах габарита участка	Метод №2. Стержневой аналог	Метод №1. Ручное осреднение в пределах габарита участка	Метод №2. Стержневой аналог

Частые вопросы:

1. Почему принят размер $\mathbf{3 \dots 4b}$ *при котором допускается стержневой аналог? И можно ли увеличить данный размер?*

Ответ: Использование размера $\mathbf{3 \dots 4b}$ *принято исходя из множества проведенных расчетов с учетом физической и геометрической нелинейности. Значение не нормировано. Безусловно, в отдельных случаях можно данный размер увеличить. В целом методика приведения работы пластин к работе стержня, содержит переход от работы с учетом фактического «перекоса» сечения (которое, наблюдается у пластин) к гипотезе плоских сечений (по которой считаются стержни). В любом случае расчетчик несет ответственность за полученный результат и принятые при этом допущения.*

Горизонтальное армирование осредняется всегда по методу №1.

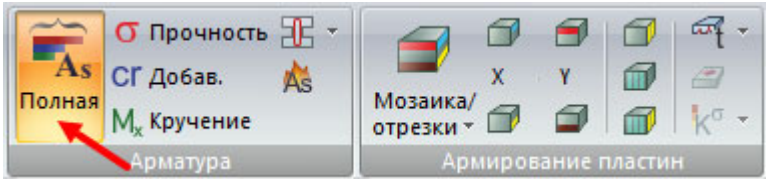
Также необходимо отметить, что арматура подбирается по двум критериям:

прочность и трещиностойкость.

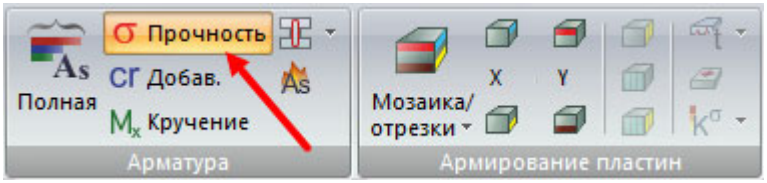
По трещиностойкости можно осреднять без ограничений.

По критерию прочности можно осреднять так, чтобы арматура «перетекала с одного элемента на другой не более 15% (р.з.а.).

Полная арматура (с учетом трещиностойкости) обычно отображается сразу после расчета.



Переход в просмотр арматуры только по прочности:



Пример:

Полная арматура (прочность+ трещиностойкость)

28.8	31.3	31.8	26.9
21.9	25.5	23	15
14.8	16.8	16.9	15
13.8	12.5	14.8	11.7
8.83	13.3	15.9	12.5
9.36	14.7	14.3	14.9
8.03	11.4	12	11.8
7.94	11.2	11.8	10.2
9.21	11.4	12.6	9.83

Арматура по прочности

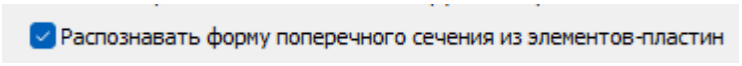
15.7	17.6	18.8	26.9
12.3	14	13.4	12
9.69	9.27	10.3	12.4
13.8	12.5	12.7	11.7
8.83	13.3	15.9	12.5
9.36	14.7	14.3	14.9
8.03	11.4	12	11.8
7.94	11.2	11.8	10.2
9.21	11.4	12.6	9.83

Метод осреднения №1.

Сущность стержневого аналога заключается в том, что он собирает суммарную реакцию с группы пластин в сечении и передает их на стержень по сечению эквивалентный пластинам. Сам стержень хоть и есть в расчетной схеме, но он является фиктивным, т.е. служит только для визуализации нагрузки.

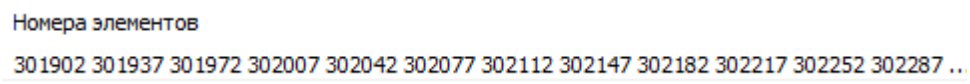
1. Переходим в Стержневые аналоги 

2. Переходим во вкладку «Настройки создания стержневых аналогов» 

3. Ставим галочку 

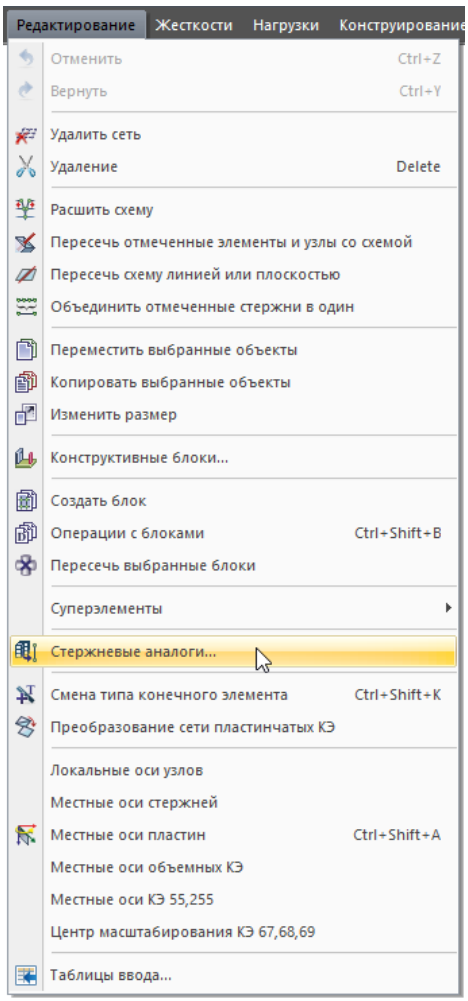
4. 

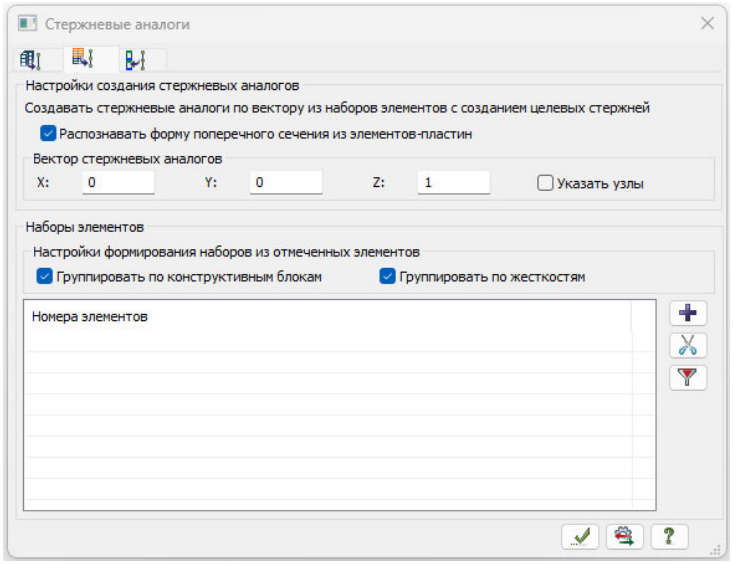
5. Нажимаем «Добавть наборы в список»  .

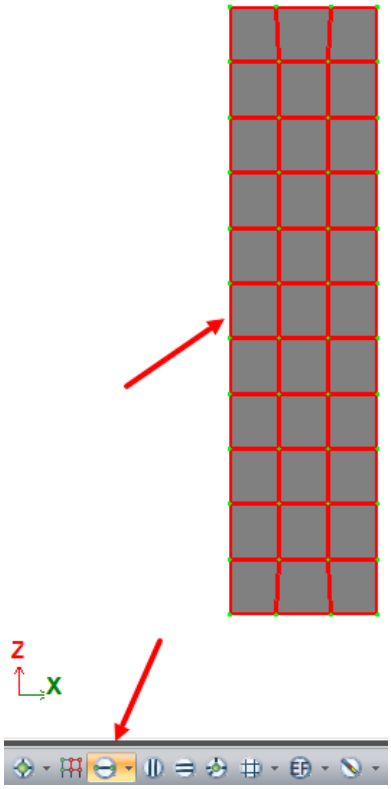


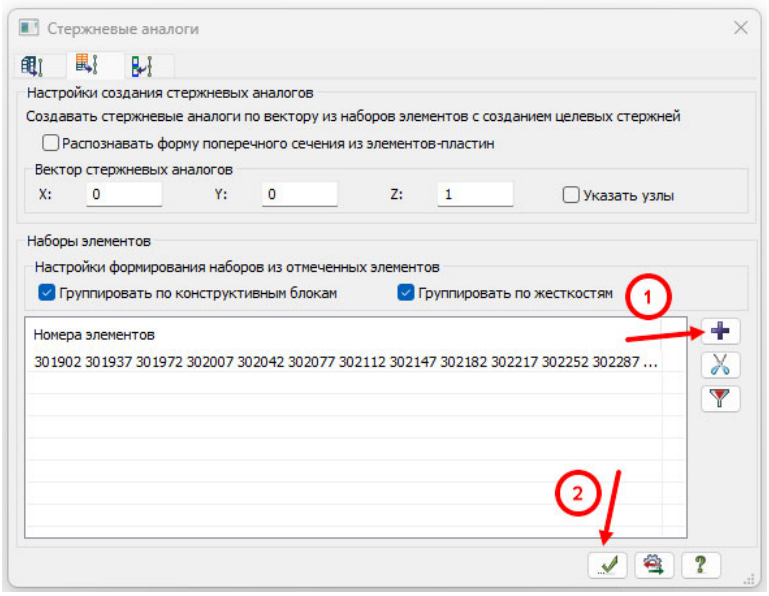
6. Нажимаем галочку Применить  .

Увидим создавшийся стержневой аналог в виде стержня.

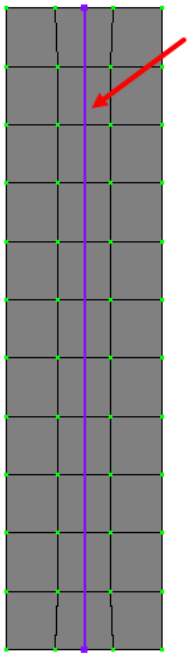

Редактирование
Жесткости
Нагрузки
Конструирование
Отменить Ctrl+Z
Вернуть Ctrl+Y
Удалить сеть
Удаление Delete
Расшить схему
Пересечь отмеченные элементы и узлы со схемой
Пересечь схему линией или плоскостью
Объединить отмеченные стержни в один
Переместить выбранные объекты
Копировать выбранные объекты
Изменить размер
Конструктивные блоки...
Создать блок
Операции с блоками Ctrl+Shift+B
Пересечь выбранные блоки
Суперэлементы
Стержневые аналоги...
Смена типа конечного элемента Ctrl+Shift+K
Преобразование сети пластинчатых КЭ
Локальные оси узлов
Местные оси стержней
Местные оси пластин Ctrl+Shift+A
Местные оси объемных КЭ
Местные оси КЭ 55,255
Центр масштабирования КЭ 67,68,69
Таблицы ввода...


Стержневые аналоги
Настройки создания стержневых аналогов
Создавать стержневые аналоги по вектору из наборов элементов с созданием целевых стержней
Распознавать форму поперечного сечения из элементов-пластин
Вектор стержневых аналогов
X: 0 Y: 0 Z: 1 Указать узлы
Наборы элементов
Настройки формирования наборов из отмеченных элементов
Группировать по конструктивным блокам
Группировать по жесткостям
Номера элементов

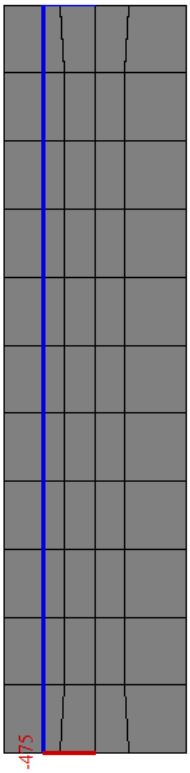

Z
X


Стержневые аналоги
Настройки создания стержневых аналогов
Создавать стержневые аналоги по вектору из наборов элементов с созданием целевых стержней
Распознавать форму поперечного сечения из элементов-пластин
Вектор стержневых аналогов
X: 0 Y: 0 Z: 1 Указать узлы
Наборы элементов
Настройки формирования наборов из отмеченных элементов
Группировать по конструктивным блокам
Группировать по жесткостям
1
Номера элементов
301902 301937 301972 302007 302042 302077 302112 302147 302182 302217 302252 302287 ...
2

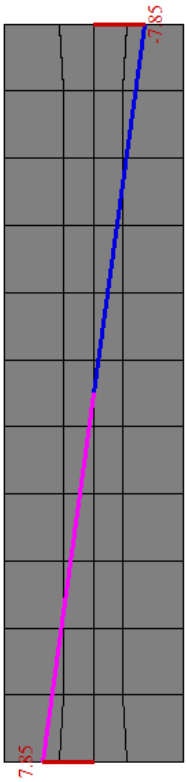
Созданный автоматически стержневой аналог.



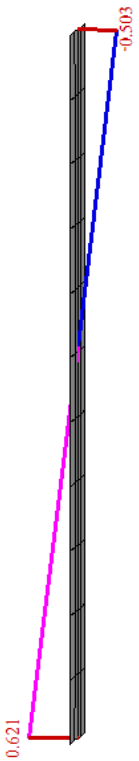
По результатам расчета в стержне показываются усилия, полученные из реакций в стене в верхнем и в нижнем сечении. Если нужно больше промежуточных сечений, то нужно создавать стержневые аналоги по отдельности.



N

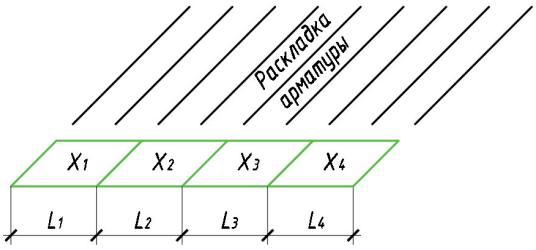


M_Y



M_Z

Справочная таблица 16. Метод осреднения №2.

Способ расстановки армирования	Примечания
С осреднением на соседние элементы по принципу **«на соседний элемент».**  **Возможно осреднение на элементы по одному из случаев:** $X_{ср} = \frac{X_1 L_1 + X_2 L_2}{L_1 + L_2}$ $X_{ср} = \frac{X_2 L_2 + X_3 L_3}{L_2 + L_3}$ $X_{ср} = \frac{X_3 L_3 + X_4 L_4}{L_3 + L_4}$	Подход для опытных пользователей. Обычно требуется дополнительная «ручная» проверка. В 90% случаев данный подход показывает свою состоятельность.
С осреднением на соседние элементы по принципу **«на 1 пог. м».** **Формулы те же, но количество элементов на 1 пог.м.**	Подход для опытных пользователей. Более рискованный подход, чем с осреднением «на соседний элемент».

Также необходимо отметить, что иногда скачки армирования связаны с «кривой» геометрией КЭ.

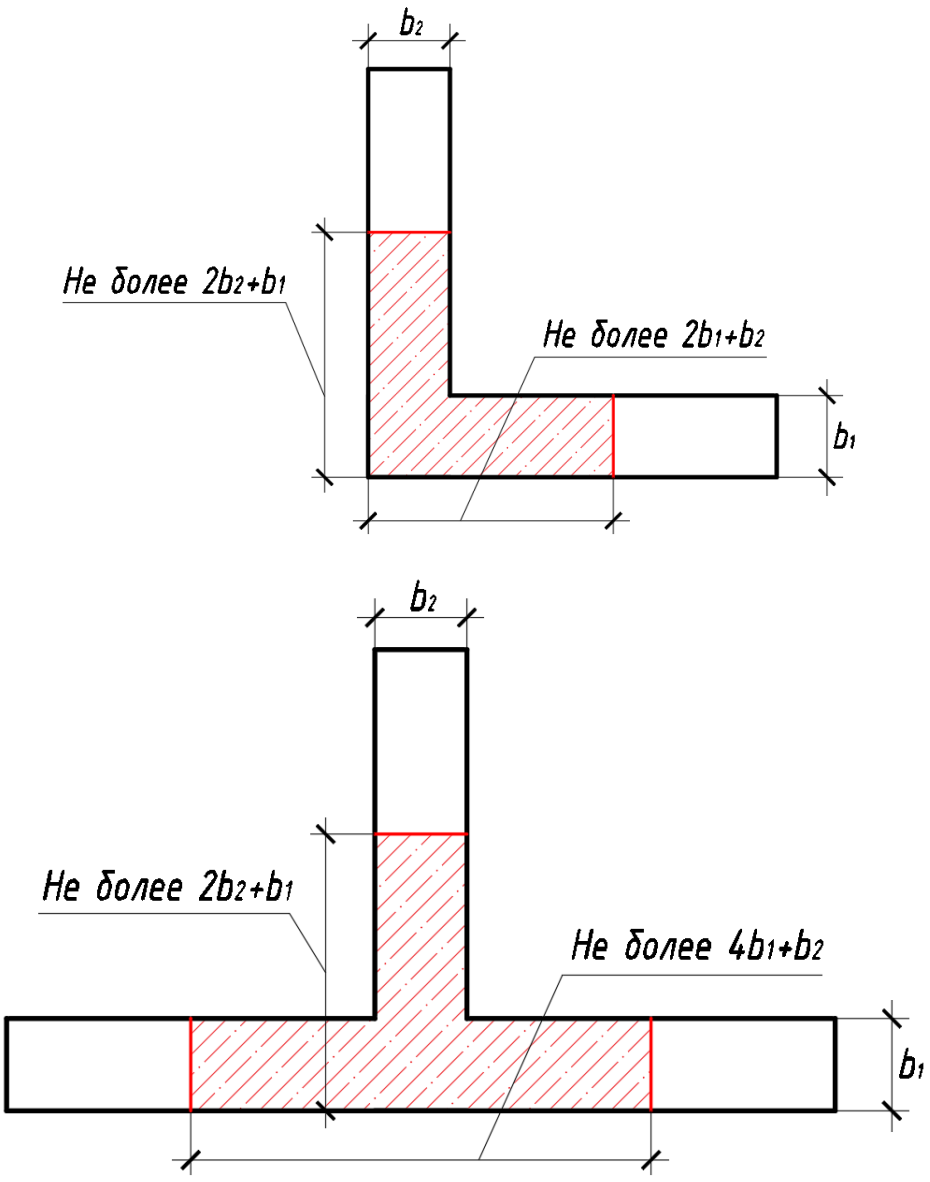
Справочная таблица 17. Методы корректировки сетки КЭ

<u>Изменение сетки с треугольной на четырехугольную.</u> Треугольная сетка в большинстве случаев дает завышенное армирование, особенно в зонах концентрации усилий (на опорах, возле проемов), поэтому в основном используют четырехугольные элементы, где это возможно.	Есть автоматическое преобразование сетки из треугольной в четырехугольную.
<u>Исправление остроты углов КЭ.</u> Острота углов влияет на «поведение» КЭ. Чем острее углы, тем больше погрешность вычислений и тем больше армирование.	Довольно трудоемкий процесс, однако позволяющий спроектировать более экономично.
<u>Укрупнение сетки КЭ.</u> Осреднение может происходить за счет использования более крупной сетки КЭ, но в этом случае нужно обратить внимание на следующее: - В зоне проемов будут «сгущения» сетки и большие сингулярности, так что не всегда получится желательный результат по оптимизации. - Сетку с размером КЭ более 0,5м обычно не делают.	Рекомендуется всегда использовать оптимальный шаг сетки КЭ 0.3-0,4м.
<u>Уменьшение сетки КЭ.</u> Измельчение сетки приведет к наличию большего количества всплесков.	Рекомендуется всегда использовать оптимальный шаг сетки КЭ 0.3-0,4м.

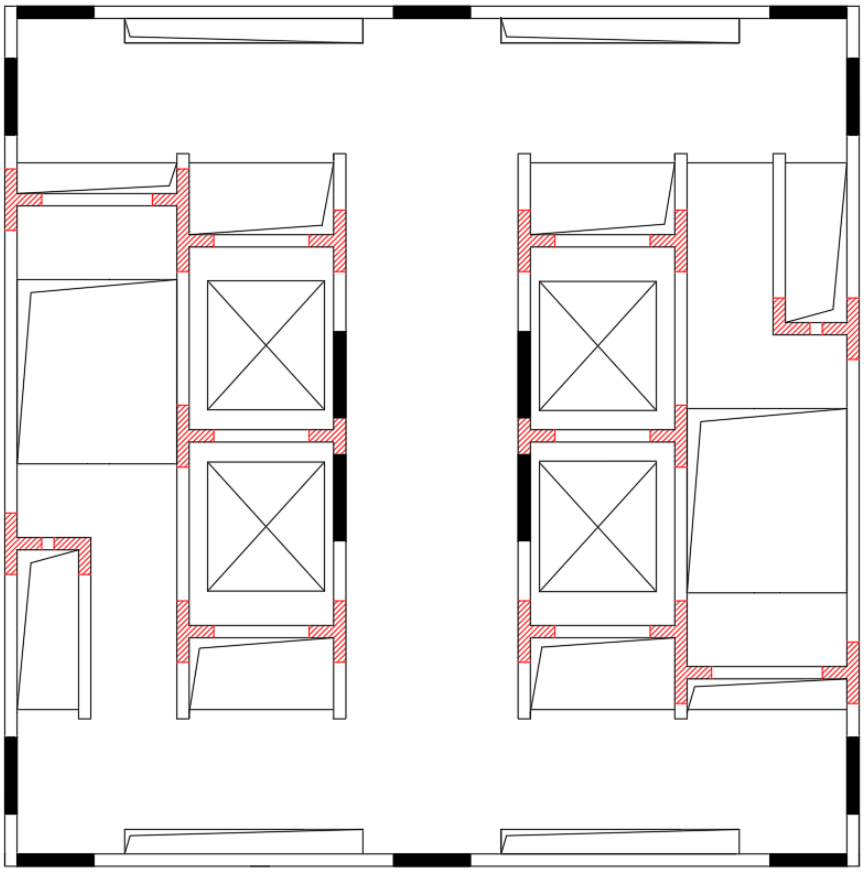
7. Участки стен, где допустимо не учитывать влияние продольного изгиба

В местах, где стены пересекаются имеет место взаимное раскрепление. В данным местах продольный прогиб практически не возникает, сечение работает совместно, расчетную длину допустимо принять равной 0. Данное явление не нормировано, однако после проведения ряда расчетов с учетом физической и геометрической нелинейности выведены размеры данных зон, они могут быть и больше, но нужно еще множество расчетов чтобы расширить границы данной методики.

Если угловая зона перерезается проемом высотой более чем ¼ высоты стены, то влияние продольного прогиба учитывается.



В рассматриваемом здании вертикальные места, где допускается не учитывать влияние продольного прогиба выглядят следующим образом.



Зоны, где допускается не учитывать влияние продольгого изгиба

8. Максимальное продольное армирования стен в зависимости от диаметров и методов стыковки продольной арматуры

В разделе приведены максимально возможное количество стержней на 1 пог. м с учетом способа стыковки стержней.

Справочная таблица 18. Параметры продольного армирования. Случай стыковки муфтами.

Диаметр арматуры d_s, мм	Внешний диаметр муфты (рассчитаны для нарезанной резьбы) D, мм	Расчет максимального количества на сторону по формуле: $K = \frac{1000}{2d_s + D}$ $2d_s$ принимается не менее 50мм.	Расчет расстояния между стержнями по осям по формуле: $U = \frac{B}{K}$
12	22	13	77
14	25	13	77
16	30	12	83
18	33	12	83
20	35	11	91
22	36	11	91
25	42	10	100
28	48	9	111
32	55	8	125
36	60	7	143
40	65	6	167

Справочная таблица 19. Параметры продольного армирования. Случай стыковки нахлестом.

Диаметр арматуры d_s, мм	Удвоенный диаметр (нахлест) S, мм	Расчет максимального количества по формуле: $K = \frac{1000}{2d_s + S}$ $2d_s$ принимается не менее 50мм.	Расчет расстояния по центрам стыков по формуле: $U = \frac{B}{K}$
12	24	13	77
14	28	12	83
16	32	12	83
18	36	11	91
20	40	11	91
22	44	10	100
25	50	10	100
28	56	8	125
32	64	7	143
36	72	6	167
40	80	6	167

Справочная таблица 20. Параметры продольного армирования. Случай без стыковки.

Диаметр арматуры d_s, мм	Расчет максимального количества на сторону по формуле: $K = \frac{1000}{50 + d_s}$	Расчет рассстояния между стержнями по осям по формуле: $U = \frac{B}{K}$
12	16	63
14	15	67
16	15	67
18	14	71
20	14	71
22	13	77
25	13	77
28	12	83
32	12	83
36	11	91
40	11	91

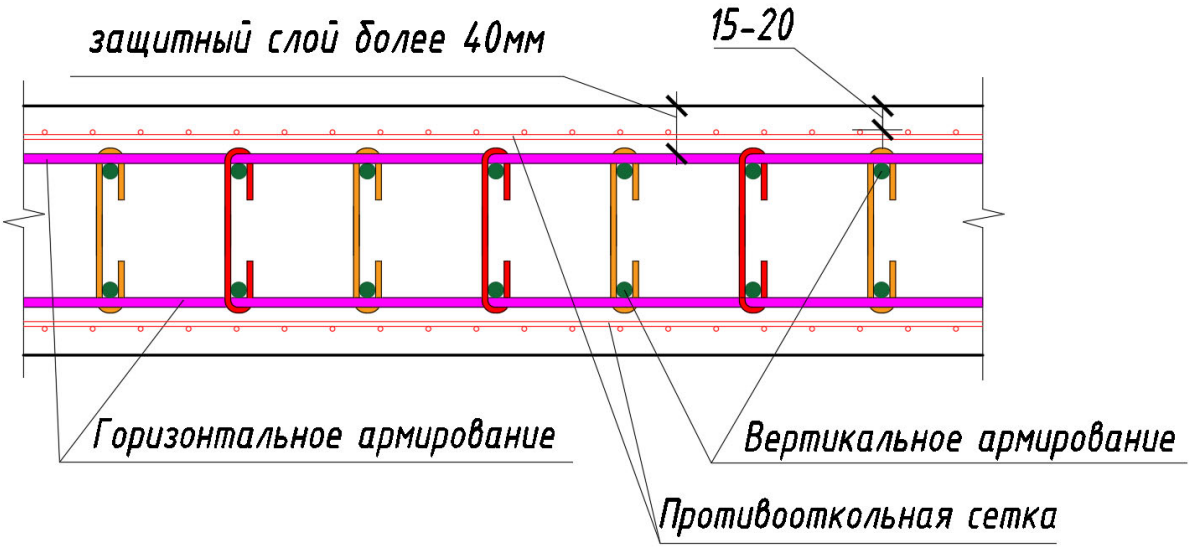
9. Конструктивное армирование стен

Противооткольные/противоусадочные сетки

В стенах армированных большими диаметрами(32,36,40мм), а также в конструкциях в которых требуется обеспечить выполнение требований огнестойкости на повышенное время(180…240мин) возникают защитные слои более 40-50мм. При таких защитных слоях устанавливают конструктивные сетки.

Справочная таблица 21. Установка конструктивных сеток армирования.

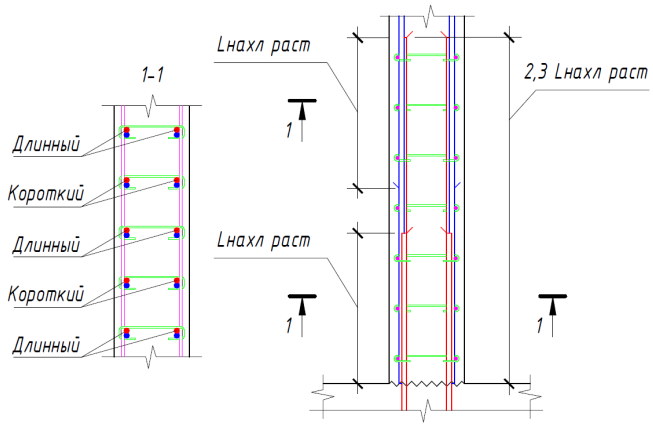
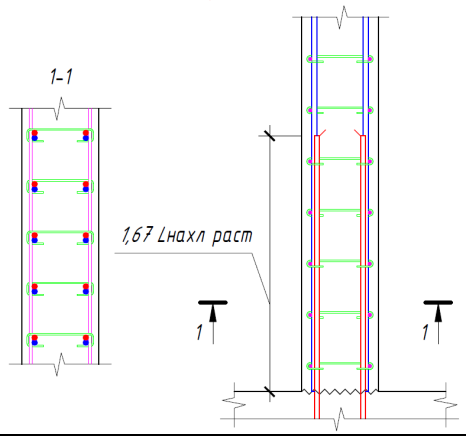
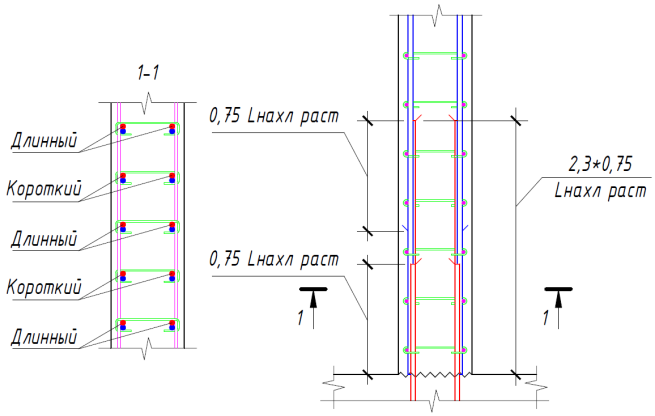
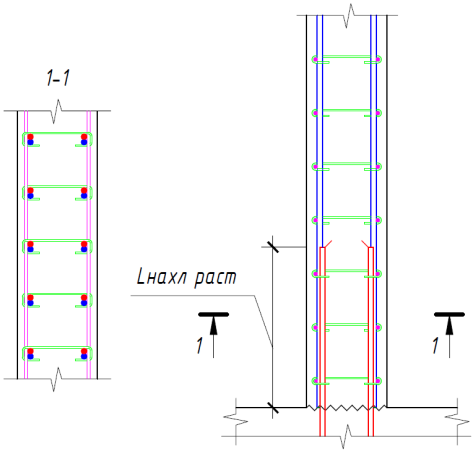
№	Показатель	Требования СП 63.13330.2018	Требования СП 468.1325800.2019	Суммарные требования
1	Защитный слой при котором требуется установка конструктивной сетки	50мм и более (п. 10.3.2 СП 63)	40мм (п.10.4. СП 468)	Более 40мм необходимо установить противооткольные сетки
2	Диаметр	Вычисляется исходя из требуемой площади армирования как $0{,}05A_s$. (п. 10.3.2 СП 63). A_s – площадь рабочей арматуры. Ограничений по диаметру нет.	2-4мм (п.10.4. СП 468) В расчете не учитывается, ставится конструктивно.	Сетки ВР-1 50х50мм…75х75мм диаметром 2-4мм. Иногда не получается обеспечить $0{,}05A_s$ и соблюдение диаметра 2-4мм. В этом случае ставится сетка большим диаметром, чем 4мм поскольку: - требования СП63.13330. выше требований СП 468.1325800. и обеспечивают базовую работу конструкций. - устанавливать несколько сеток меньшим диаметром вплотную является более худшим вариантом с точки зрения бетонирования. При расположении сеток вплотную будут образовываться пустоты и непробетонирования.
3	Шаг/ячейка	Для обеспечения сплошности бетонирования не менее чем 50х50мм. (тут требование применительно по предельно допустимому расстоянию между стержнями 50мм. (п.10.3.4. СП63.13330.2018)	Не более 75х75мм Не менее 40х40мм (п.10.4. СП 468)	
4	Защитный слой для конструктивных сеток	15мм (с учетом минимально возможных 20мм сниженных на 5мм) (п.	15-20мм (п. 10.4. СП 468)	15-20мм


защитный слой более 40мм
15-20
Горизонтальное армирование
Вертикальное армирование
Противооткольная сетка

10. Жесткие стыки монолитных конструкций

Основной вопрос, которой рассматривается далее на рисунках это то, на какую величину необходимо заанкеровать одну конструкцию в другую и состыковать(перепустить) стержни.

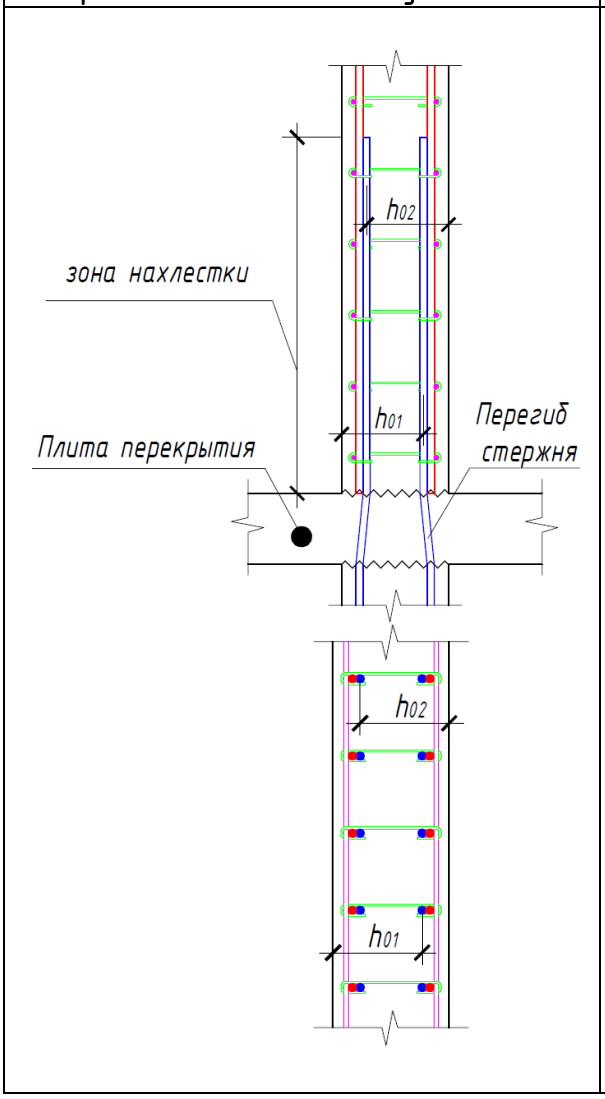
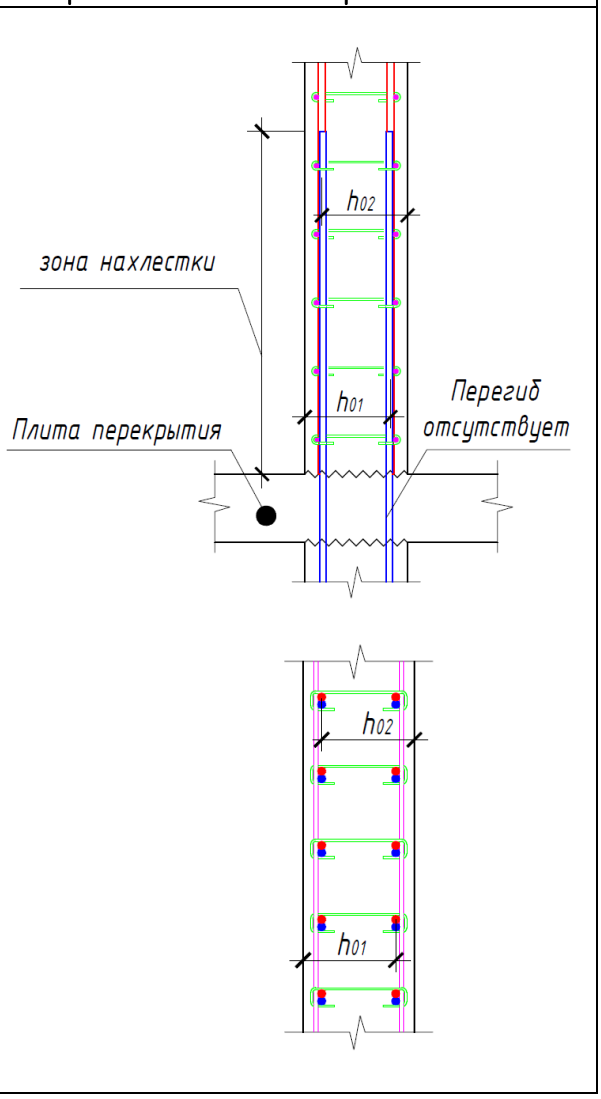
Справочная таблица 22. Варианты нахлестов арматуры

<table>
<tr><td colspan="2">Общий подход к нахлестам.
Базовая величина нахлестки $L_{нахл\ раст}$ определяется по случаю стыковки растянутых стержней по справочным таблицам</td></tr>
<tr><td colspan="2">Случай 1. Колонна имеет переменные места растяжения и сжатия.</td></tr>
<tr><td>Случай 1.1.
Стержни в месте нахлеста имеют разную длину.
50% стержней длинные, 50% короткие.
 
</td><td>Случай 1.2.
Стержни в месте нахлеста имеют одинаковую длину. Самый частый вариант.
 
</td></tr>
<tr><td colspan="2">Случай 2. Колонна полностью сжатая. Очень редкий случай. Применять с осторожностью.</td></tr>
<tr><td>Случай 2.1.
Стержни в месте нахлеста имеют разную длину.
50% стержней длинные, 50% короткие.
 
</td><td>Случай 2.2.
Стержни в месте нахлеста имеют одинаковую длину.
 
</td></tr>
</table>

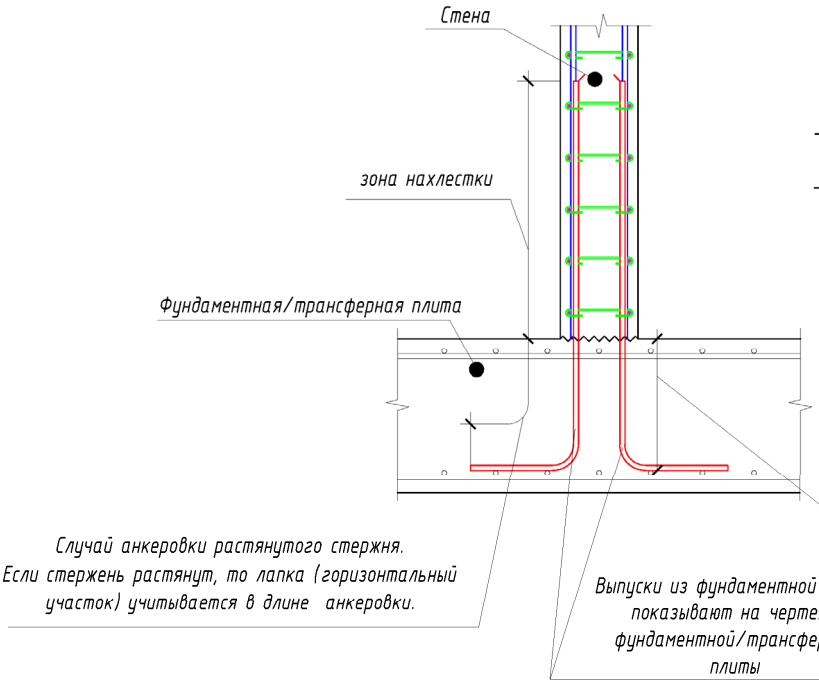
Частые вопросы:

Какой вариант стыковки лучше: во внутрь сечения или параллельно стене?

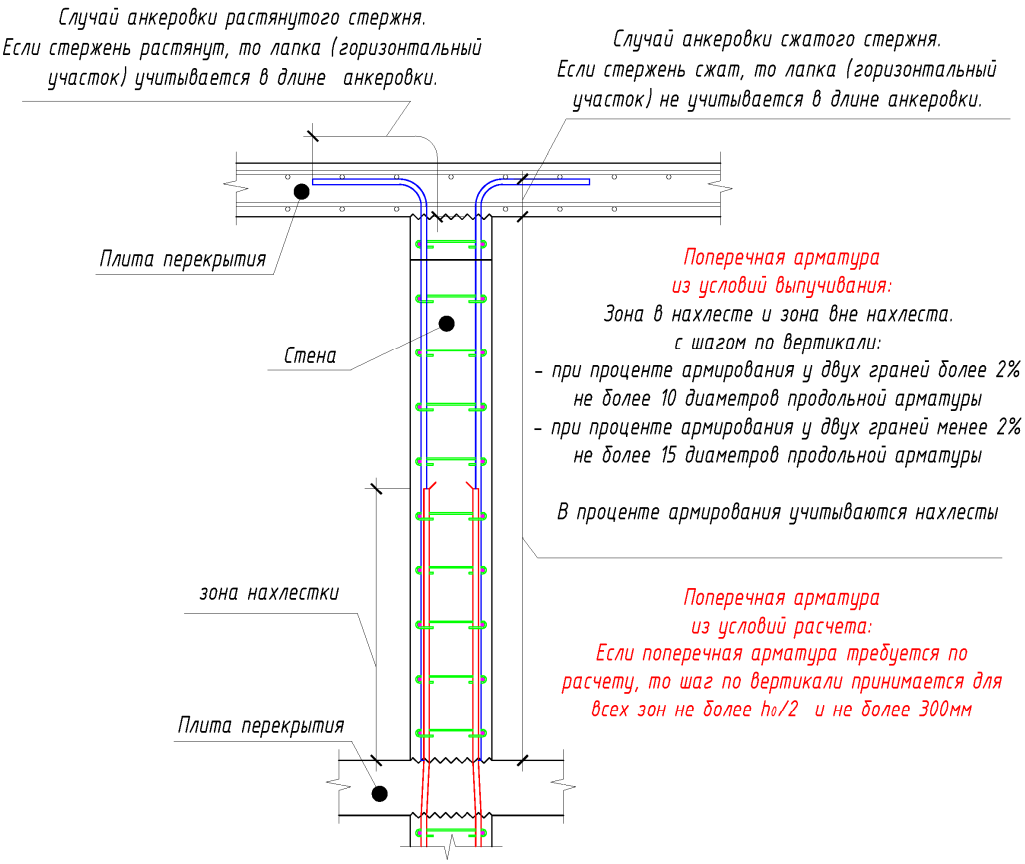
Ответ: стыковка параллельно стене(вариант №2) НЕ снижает несущую способность, поскольку h_0 *не уменьшается за счет заведения стержня во внутрь сечения, поэтому данный вариант предпочтительней.*

Вариант №1. Стыковка во внуть сечения.	Вариант №2. Стыковка араллельно стене
	

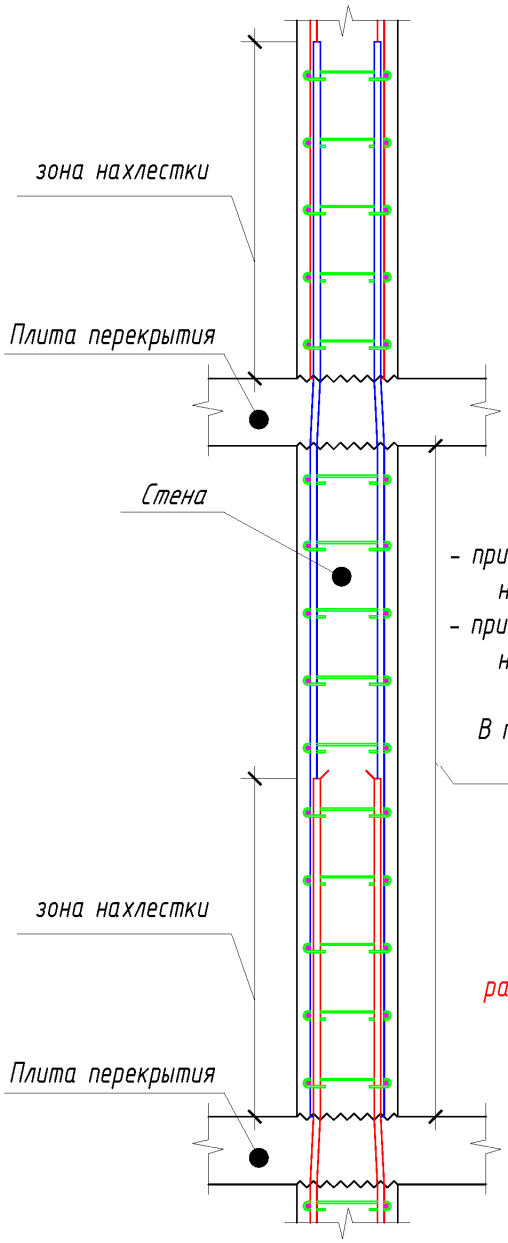
Стык колонны/пилона с фундаментом/трансферной плитой



Стык колонны/пилона с покрытием



Стык колонны/пилона на типовом этаже без изменения сечения

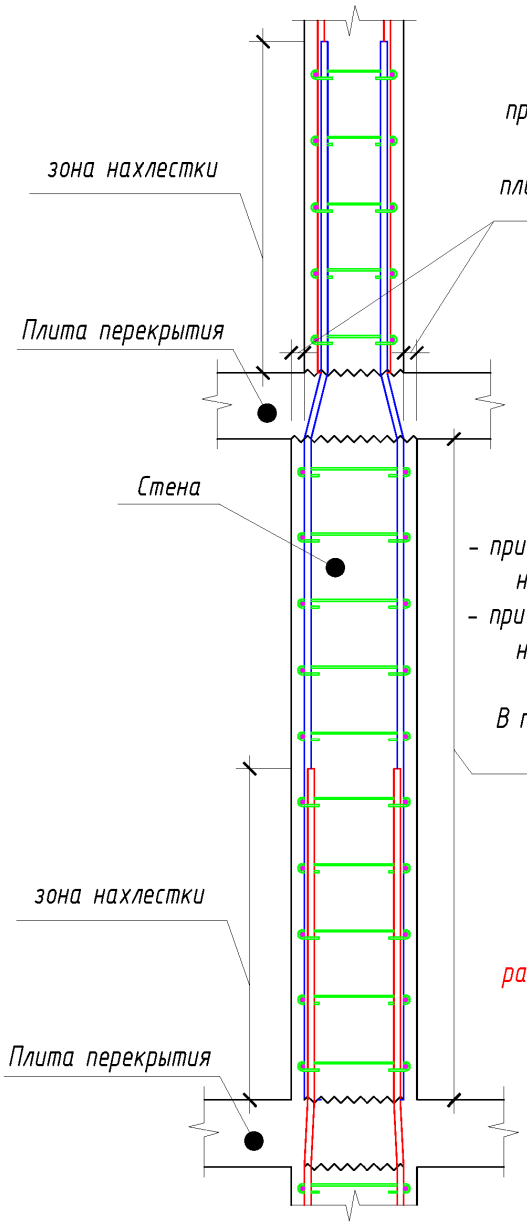


Поперечная арматура
из условий выпучивания:
Зона в нахлесте и зона вне нахлеста.
с шагом по вертикали:
- при проценте армирования у двух граней более 2%
не более 10 диаметров продольной арматуры
- при проценте армирования у двух граней менее 2%
не более 15 диаметров продольной арматуры

В проценте армирования учитываются нахлесты

Поперечная арматура
из условий расчета:
Если поперечная арматура требуется по расчету, то шаг по вертикали принимается для всех зон не более $h_0/2$ и не более 300мм

Стык с изменением сечения колонны/пилона. Случай 1. Все стержни перегибаются в верхнюю колонну.



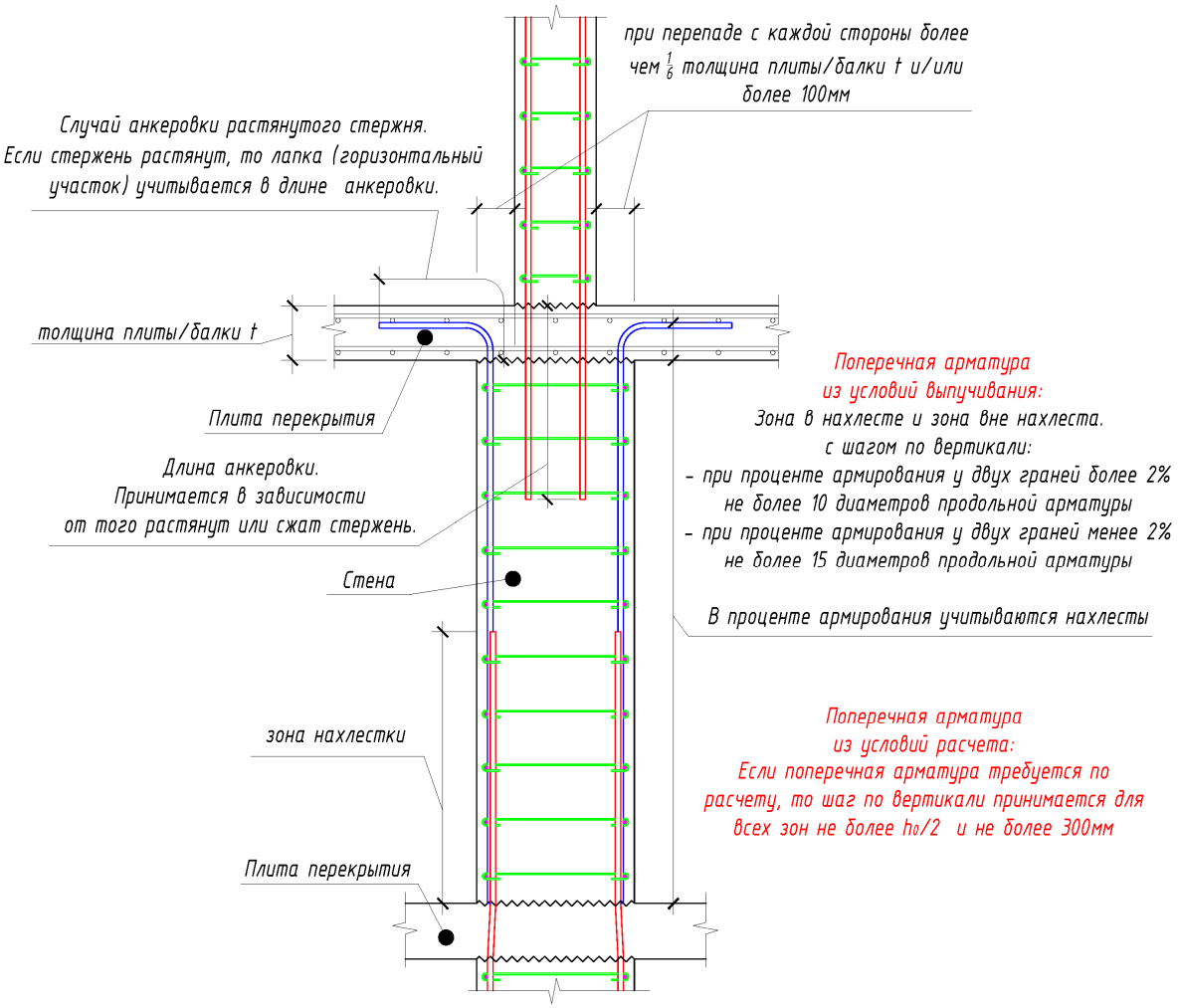
при перепаде с каждой стороны не более чем $\frac{1}{6}$ толщина плиты/балки t и не более 100мм

Поперечная арматура из условий выпучивания:
Зона в нахлесте и зона вне нахлеста. с шагом по вертикали:
- при проценте армирования у двух граней более 2% не более 10 диаметров продольной арматуры
- при проценте армирования у двух граней менее 2% не более 15 диаметров продольной арматуры

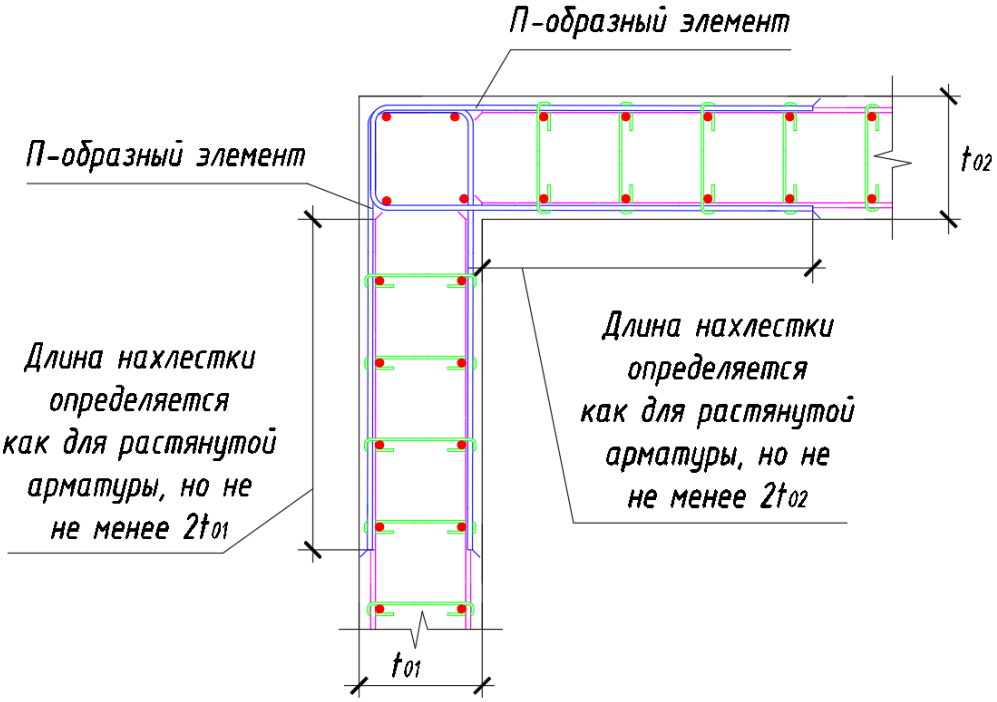
В проценте армирования учитываются нахлесты

Поперечная арматура из условий расчета:
Если поперечная арматура требуется по расчету, то шаг по вертикали принимается для всех зон не более $h_0/2$ и не более 300мм

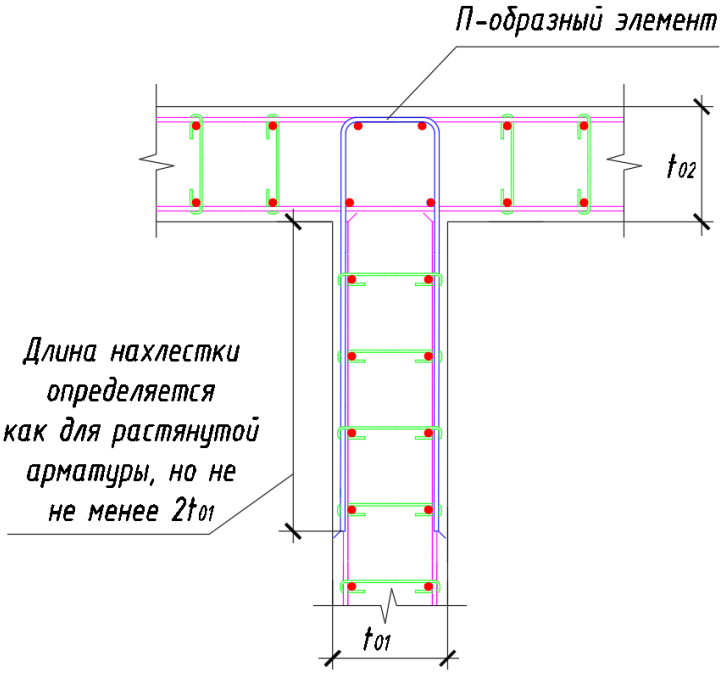
Стык с изменением сечения колонны/пилона. Случай 2. Стержни отгибаются в плиту/балку и делаются дополнительные выпуски.



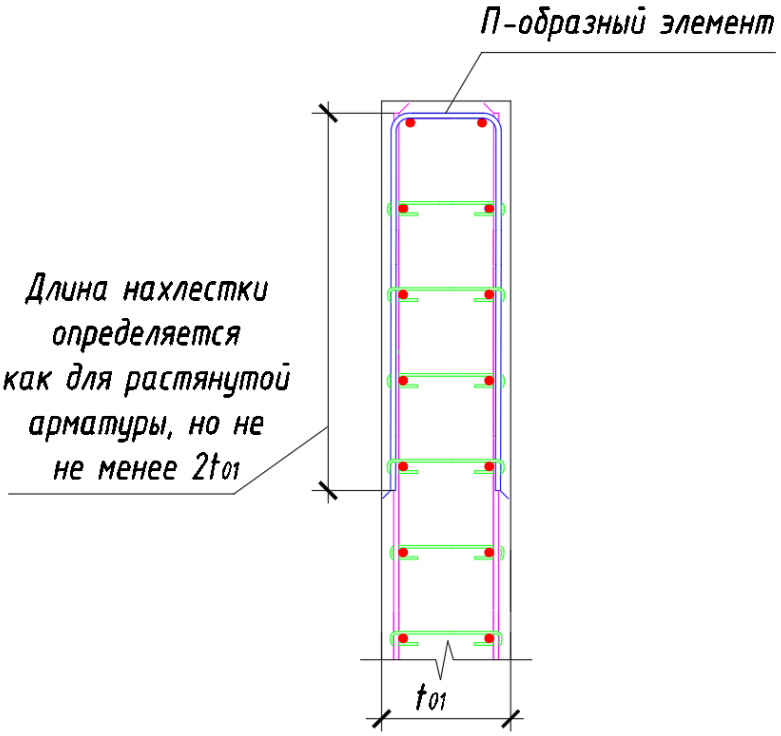
П- образный элемент. Вид сверху.



Т - образное сопряжение стен. Вид сверху.



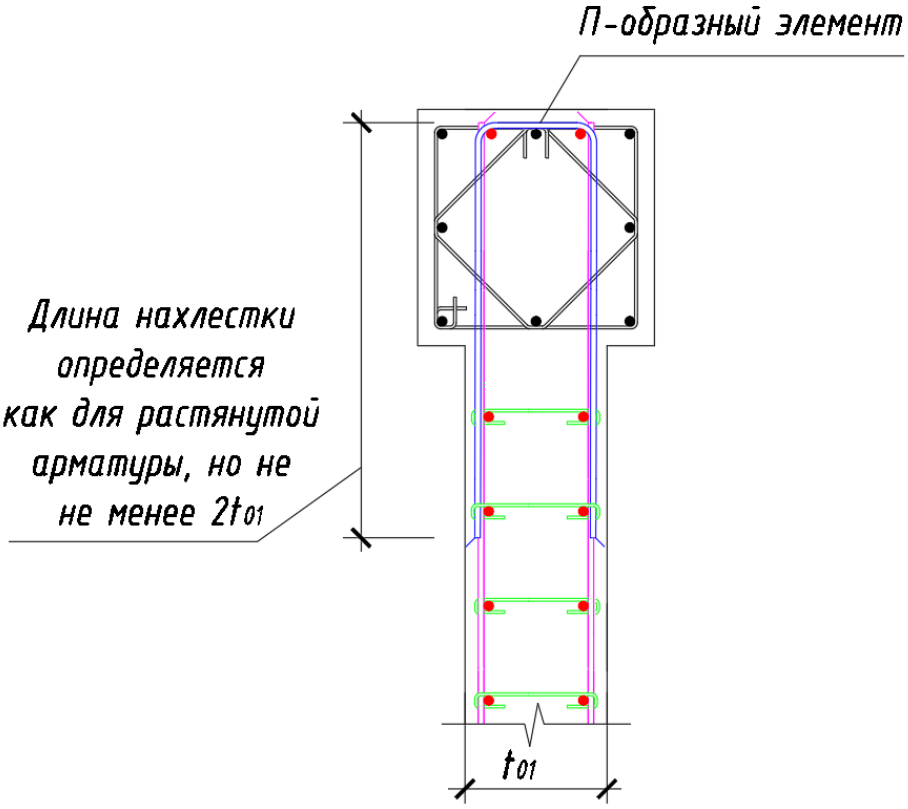
Торец стены. Вид сверху.



Сопряжение стены с колонной.

Габарита колонны не достаточно, чтобы выполнить анкеровку.

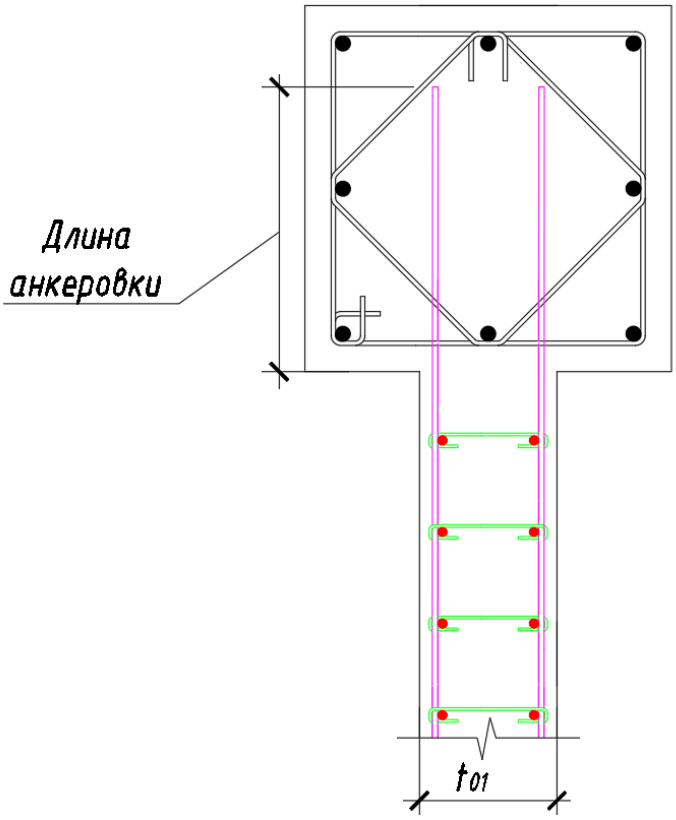
Делается торцевой П-образный элемент



Сопряжение стены с колонной.

Габарита колонны достаточно, чтобы выполнить анкеровку.

Торцевой П-образный элемент не делается



11. Шарнирные стыки монолитных конструкций

Шарнирные стыки с ограниченной подвижностью используются в основном для упрощения конструирования отдельных узлов опирания и снижения моментов в соединениях. В основном это опирание лестничных площадок на стены. В данных стыках, как правило, нет специальных закладных деталей снижающих трение.

Шарнирно подвижные стыки используются в деформационных/температурных швах для снижения передаваемых усилий с одной части здания на другую.

Шарнирно подвижные стыки несмотря на понятный внешний вид являются довольно сложными узлами, в которых встречаются дефекты в 50 % случаев, это связано с неточностями расчета и отклонениями при строительстве. Как правило, наибольшие усилия испытывает элемент, на который происходит опирание. Как правило, делают специальные подложки снижающее трение и увеличивающие возможность взаимного смещения без нарастания усилий.

Стыки через короткие консоли (с ограниченной подвижностью и подвижные)

Короткая консоль – это «выступ» из вертикальной конструкции (колонны/пилона/стены), вылет которой $l_1 \leq 0{,}9h_0$ (см. рисунок ниже) если вылет больше, то это балочная консоль.

Частые вопросы:

В чем глобальное отличие короткой консоли от балочной консоли?

Ответ: Первое отличие. Расчет балочной консоли (или по-простому балки) предусматривает более жесткие условия работы на поперечную силу $\boldsymbol{Q}$*. В результате расчета короткой консоли учитывается НДС, позволяющее повысить несущую способность. Иными словами, можно рассчитать короткую консоль как обычную балку, но быть чрезмерно в запас.*

Второе отличие. Поперечная арматура в балке ставится вертикально, в короткой консоли – горизонтально и в наклонном положении с углом наклона не более 45° к горизонтали.

Расчет коротких консолей

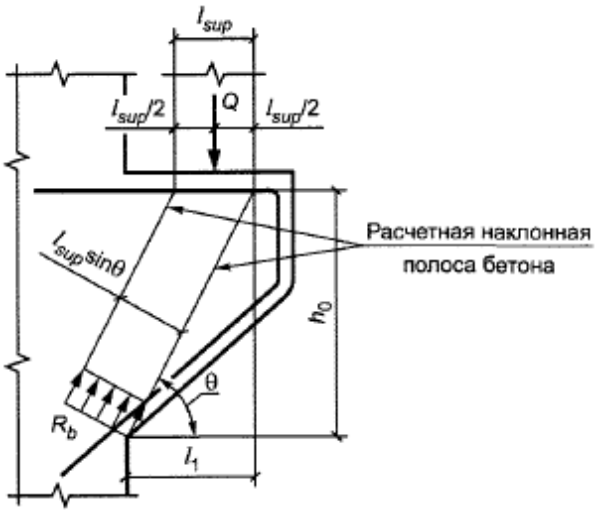


Рисунок Ж.1 СП 63.13330.2018 Расчетная схема для короткой консоли при действии поперечной силы **при наличии закладной детали под опорой**

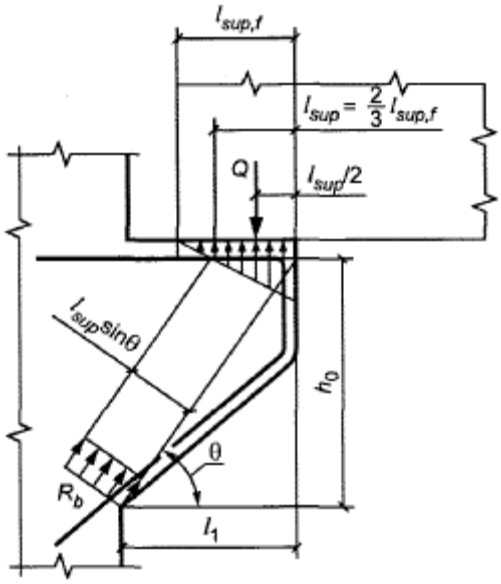


Рисунок Ж.2 СП 63.13330.2018 – Расчетная схема для короткой консоли при шарнирном опирании сборной балки, идущей вдоль вылета **(при отсутствии закладной детали)**

Короткие консоли автоматически в конечно-элементном комплексе **не рассчитываются**. Для их расчета используются сателлиты и ручной расчет.

Для короткой консоли, иногда имеющей место в монолитных конструкциях расчетные условия представлены ниже (из СП 63.13330.2018).

Условие прочности при работе на поперечную силу:

$$Q \leq 0,8 R_b b l_{sup} \sin^2\theta (1 + 5\alpha\mu_w)$$

$0,8 R_b b l_{sup} \sin^2\theta (1 + 5\alpha\mu_w)$ **принимается не более** $3,5 R_{bt} b h_0$ **и не менее** $2,5 R_{bt} b h_0$

R_b – расчетное сопротивление бетона сжатию

b – ширина короткой консоли (для стены обычно рассчитывают 1 пог.м)

$$\sin^2\theta = \frac{h_0^2}{h_0^2 + l_1^2}$$

$$\mu_w = \frac{A_{sw}}{b s_w}$$

s_w – шаг хомутов, установленных по высоте консоли, при этом при расчете учитывают

горизонтальные и наклонные хомуты под углом не более 45° к горизонтали.

A_{sw} – площадь поперечного сечения хомута(по количеству срезов учитываемых в расчете), установленного по высоте консоли;

l_{sup} – длина площадки опирания нагрузки вдоль вылета консоли.

$\alpha = \frac{E_s}{E_b}$

$E_s = 200\,000$МПа – **модуль упругости арматуры**

E_b – начальный модуль упругости бетона по таблице ниже.

Бетон	*Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении E_b, МПа·10⁻³, при классе бетона по прочности сжатия*															
	B10	*B12,5*	*B15*	*B20*	*B25*	*B30*	*B35*	*B40*	*B45*	*B50*	*B55*	*B60*	*B70*	*B80*	*B90*	*B100*
Тяжелый	*19,0*	*21,5*	*24,0*	*27,5*	*30,0*	*32,5*	*34,5*	*36,0*	*37,0*	*38,0*	*39,0*	*39,5*	*41,0*	*42,0*	*42,5*	*43*
Мелкозернистый группы А – естественного твердения	*15,5*	*17,5*	*19,5*	*22,0*	*24,0*	*26,0*	*27,5*	*28,5*	–	–	–	–	–	–	–	–

Условие прочности при работе на момент при шарнирном опирании на короткую консоль без учета горизонтального усилия:

$$Q\frac{l_1}{h_0} \le R_s A_s$$

Условие прочности при работе на момент при шарнирном опирании на короткую консоль с учетом горизонтального усилия (например, в температурном шве):

$$Q\frac{l_1}{h_0} + H \le R_s A_s$$

В температурном шве горизонтальное усилие может быть рассчитано по формуле (формула из физики):

$$H = k\mu Q$$

Q – опорная реакция(поперечное усилие на опоре плиты)

μ – коэффициент трения соприкасающихся поверхностей(рекомендуется брать наибольшее значение)

k – коэффициент надежности, принимаемый равным 1,2.

Примечание:

1) Горизонтальные усилие возникает от температурных деформаций и разности деформаций отдельных блоков.

2) в связи с перекосами подложки и закладкой пластины возможно увеличение сил трения. Можно учесть повышенным коэффициентом надежности.

Местное смятие, возникающее от неравномерного распределения усилий. Максимальное напряжение, возникающее в опорном элементе, не должно превышать расчетного сопротивления бетона или элементов подложки:

$$G = \frac{2Q}{A_b} = \frac{2Q}{t \cdot b} \leq R$$

t – ширина опорной части;

b – длина опорной части (обычно принимается 1 пог. м)

R – расчетное сопротивление бетона или подложки

Обычно в качестве подложки **в шарнирно-подвижных** стыках используется фторопласт или оцинкованные пластины с графитовой смазкой.

Справочная таблица 23. Коэффициенты трения

Материалы	Коэффициент трения μ
Бетон-бетон	0,5 – для гладких поверхностей 0,7 – для шероховатых поверхностей
Сталь-бетон	(таблица 6.19 СП 15.13330.2020) 0,45/0,35(в сухом/влажном состоянии)
Сталь-сталь	0,15-0,2
Сталь-сталь при наличии смазки	0,1-0,12
Сталь-фторопласт Ф4	0,04

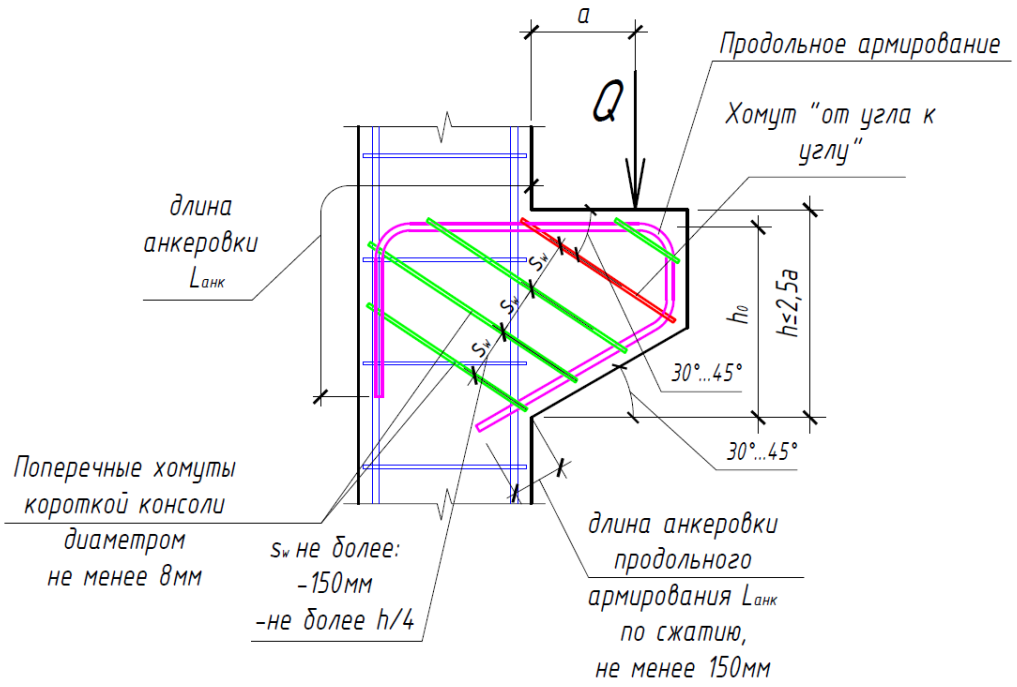
Справочная таблица 24. Свойства фторопласта Ф-4

Параметр	Свойства
Плотность, кг/м^3	2120 – 2200
Модуль упругости при сжатии, МПа	686,5
Рекомендуемое предельное напряжение(до предела текучести фторопласта)	8 МПа (8000кПа)
Максимально возможные напряжения при 10% деформации	18,5 МПа
Предельная температура для расчета огнестойкости	260 ^{0}C

$h \leq 2,5a$

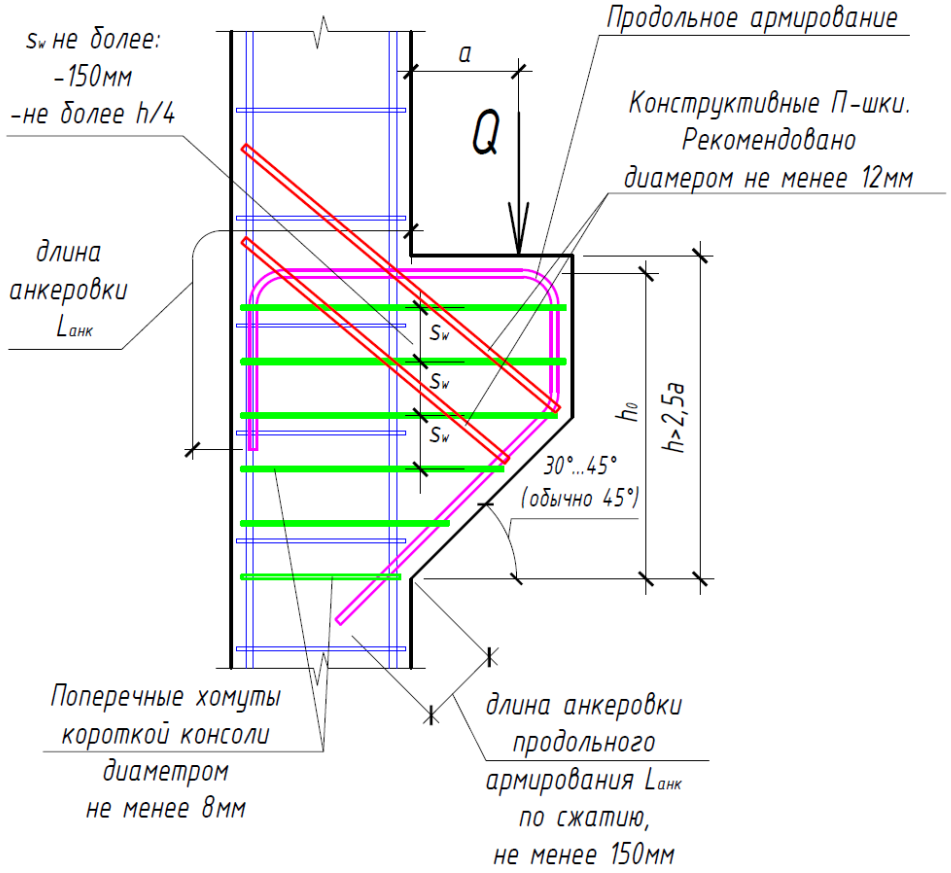
a – расстояние от колонны до поперечной силы Q

Случай большого вылета и малой высоты



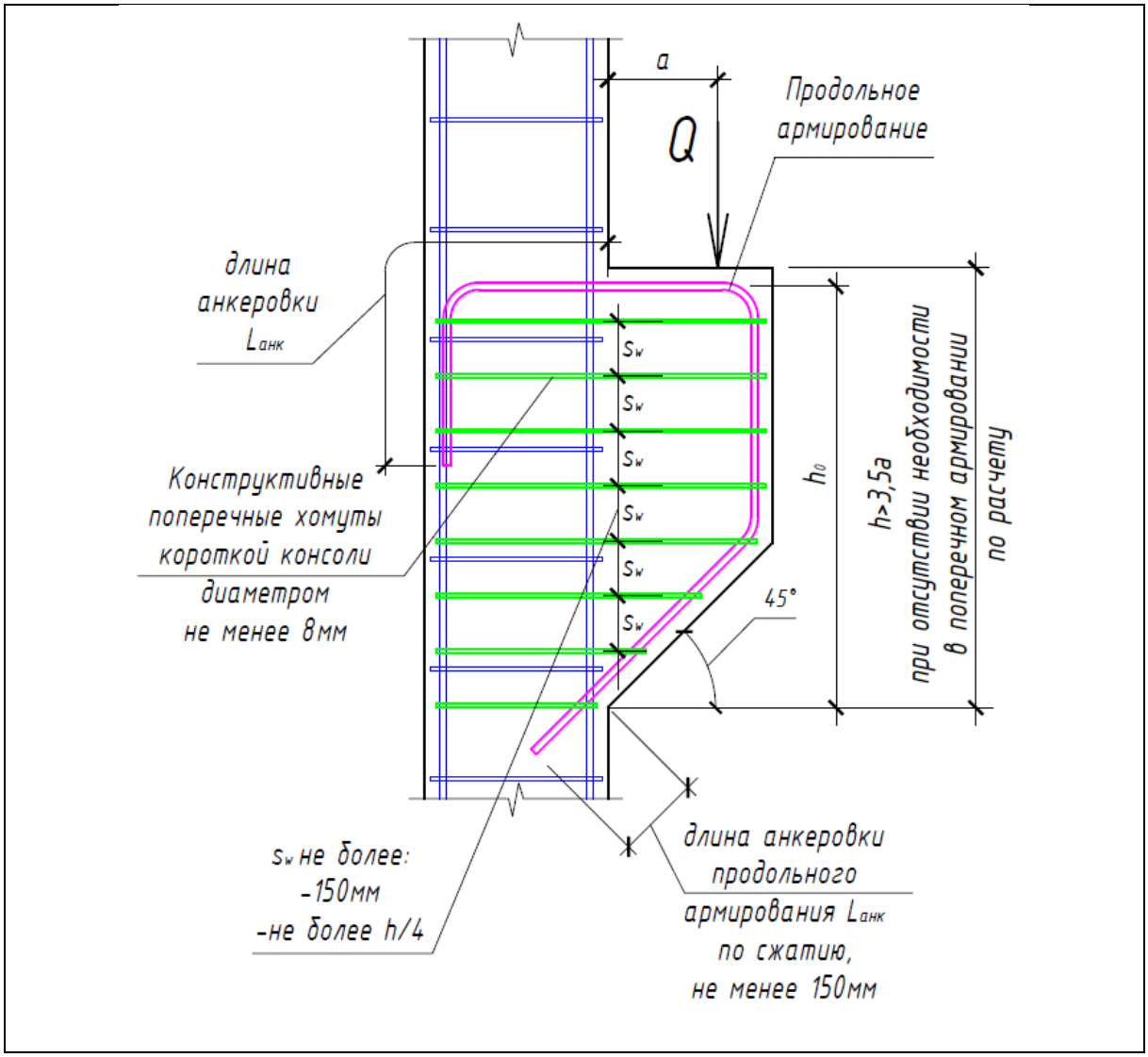
$h > 2,5a$

Стандартный случай

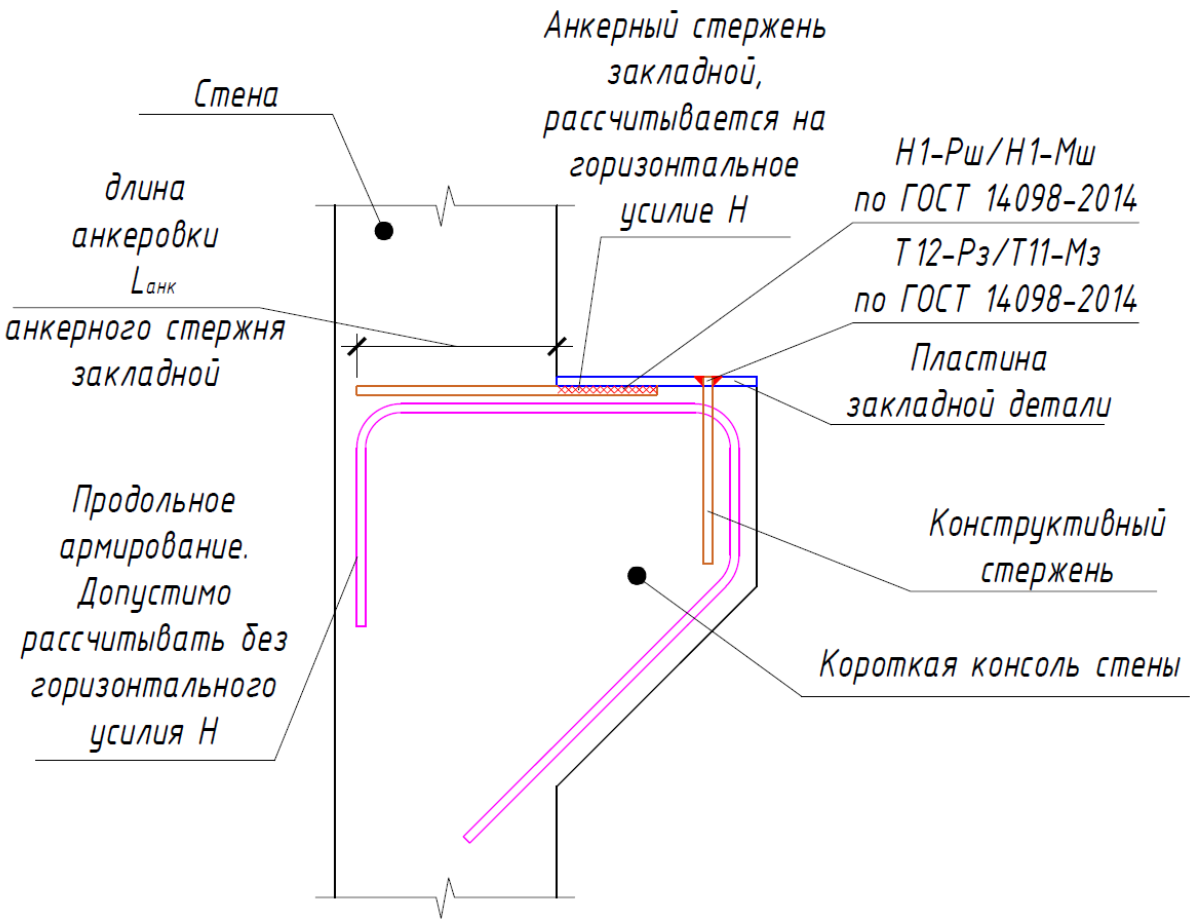


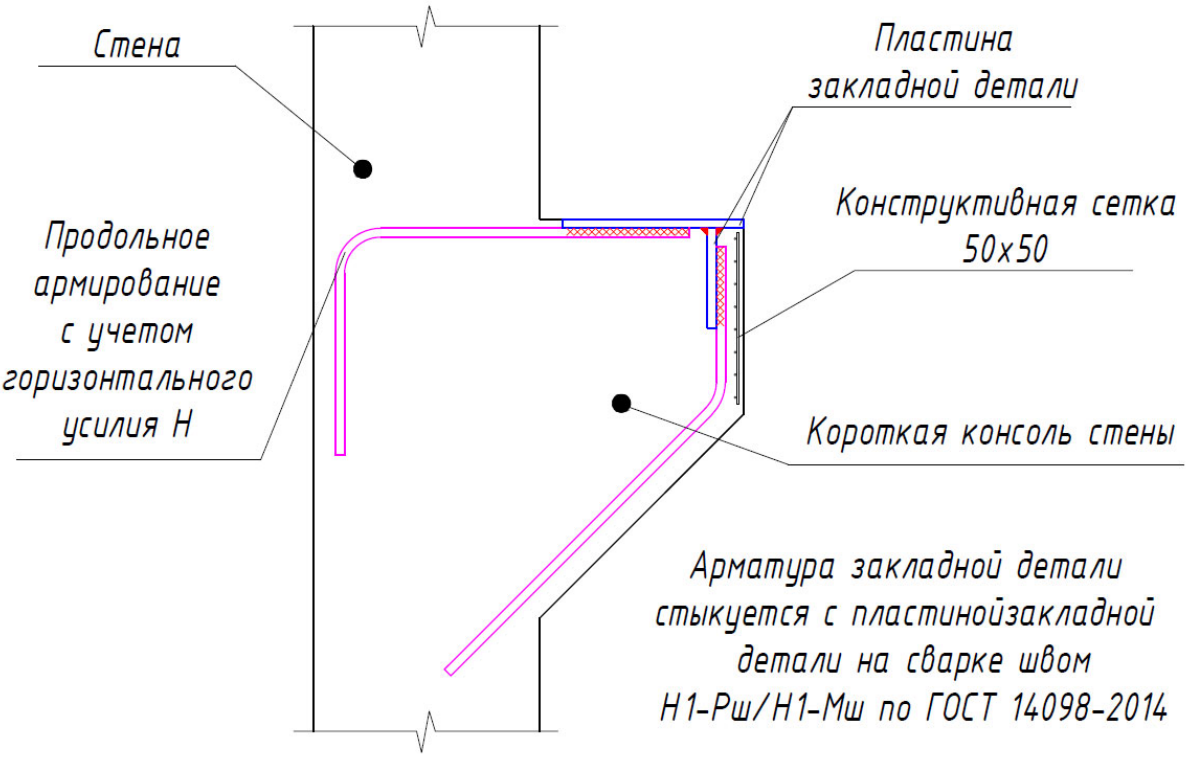
$$h > 3,5a$$

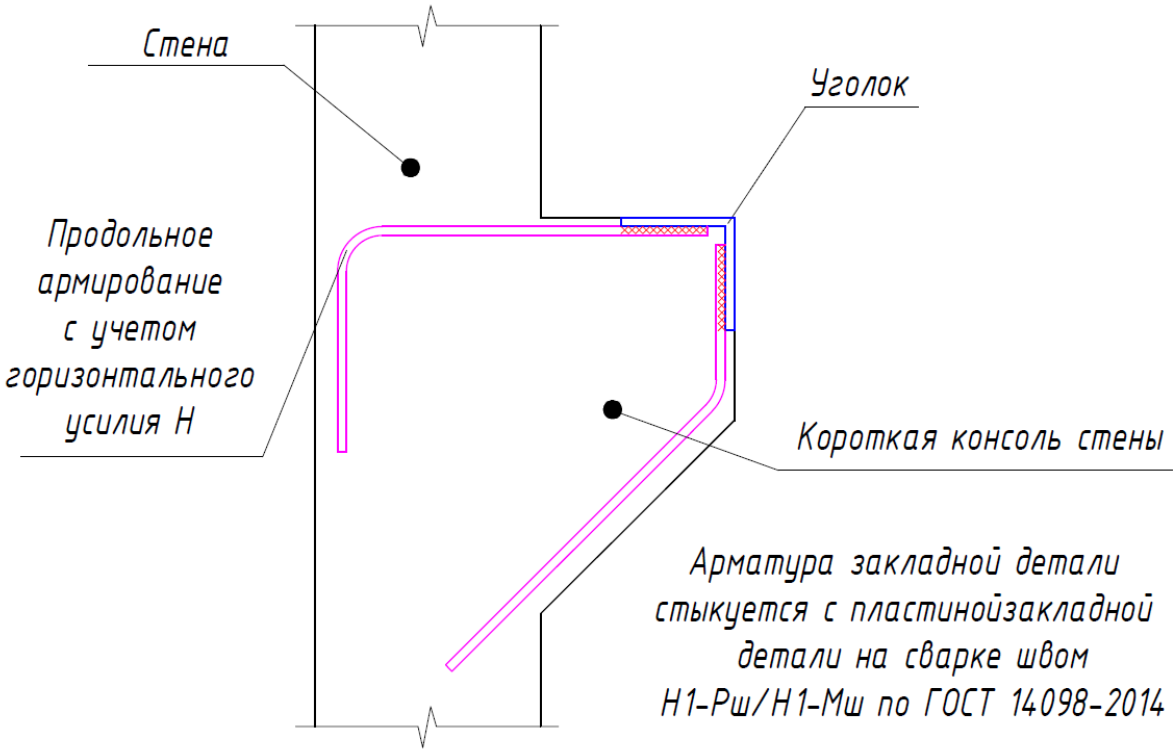
Случай большой высоты при отсутствии необходимости поперечного армирования



Решения по опорным частям


Анкерный стержень закладной, рассчитывается на горизонтальное усилие H
Стена
длина анкеровки $L_{анк}$ анкерного стержня закладной
H1-Рш/H1-Мш по ГОСТ 14098-2014
Т12-Рз/Т11-Мз по ГОСТ 14098-2014
Пластина закладной детали
Продольное армирование. Допустимо рассчитывать без горизонтального усилия H
Конструктивный стержень
Короткая консоль стены


Стена
Пластина закладной детали
Конструктивная сетка 50х50
Продольное армирование с учетом горизонтального усилия H
Короткая консоль стены
Арматура закладной детали стыкуется с пластиной закладной детали на сварке швом H1-Рш/H1-Мш по ГОСТ 14098-2014


Стена
Уголок
Продольное армирование с учетом горизонтального усилия H
Короткая консоль стены
Арматура закладной детали стыкуется с пластинойзакладной детали на сварке швом Н1-Рш/Н1-Мш по ГОСТ 14098-2014

Конструирование короткой консоли при вылете менее 150мм.

Короткие консоли при вылете менее 150мм армируются стальными элементами – пластинами.

Расчет ведется как для стальных конструкций по формулам СП 16. Бетон не учитывается

Условие прочности:

$$\frac{M}{W}+\frac{H}{F}\le R_y$$

R_y – расчетное сопротивление стали консоли.

Момент сопротивления сечения ребер W:

$$W=\frac{bh^2}{6}n$$

Площадь сечения F:

$$F=bhn$$

n – количество ребер;

b – ширина ребра;

h – высота ребра (не менее 8 диаметров продольного армирования колонны).

H – горизонтальное усилие.

M – изгибающий момент

$$M=Qa$$

Q – вертикальное усилие на консоль;

a – расстояние от Q до грани колонны.

Армирование колонны необходимо подобрать в программе и добавить к нему дополнительную площадь(сверх программы) поперечного сечения $A_{s,plus}$ на углы сечения исходя из расчета ниже (данный подход дает запас):

$$A_{s,plus}=(\frac{Q(\frac{h}{2}+a)}{s}+Q)/R_s$$

h – высота сечения вертикального элемента.

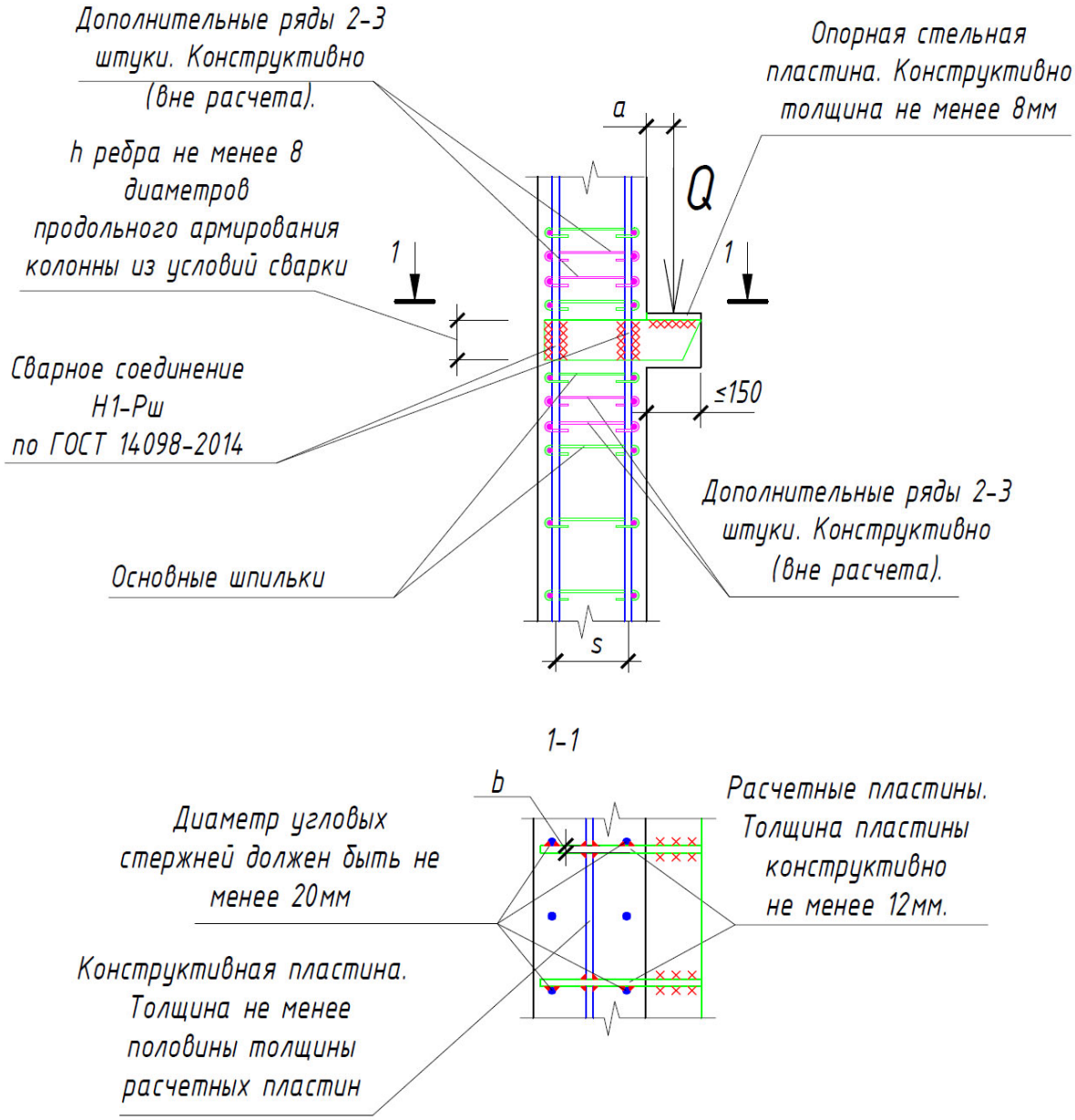
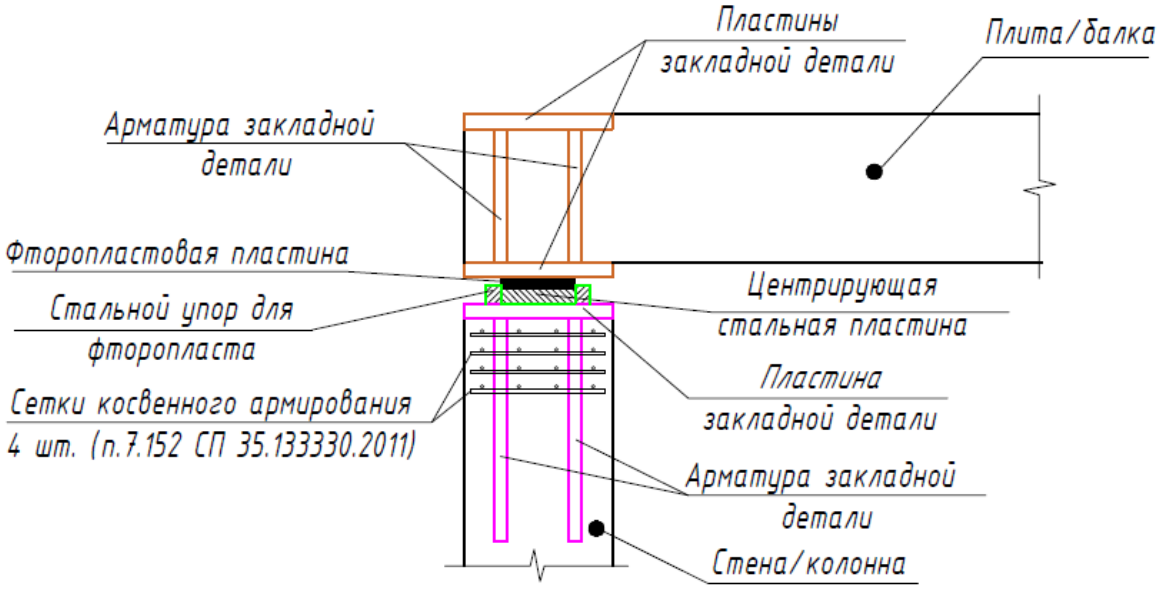


Рисунок. Шарнирно-подвижный стык. Опирание сверху стены.



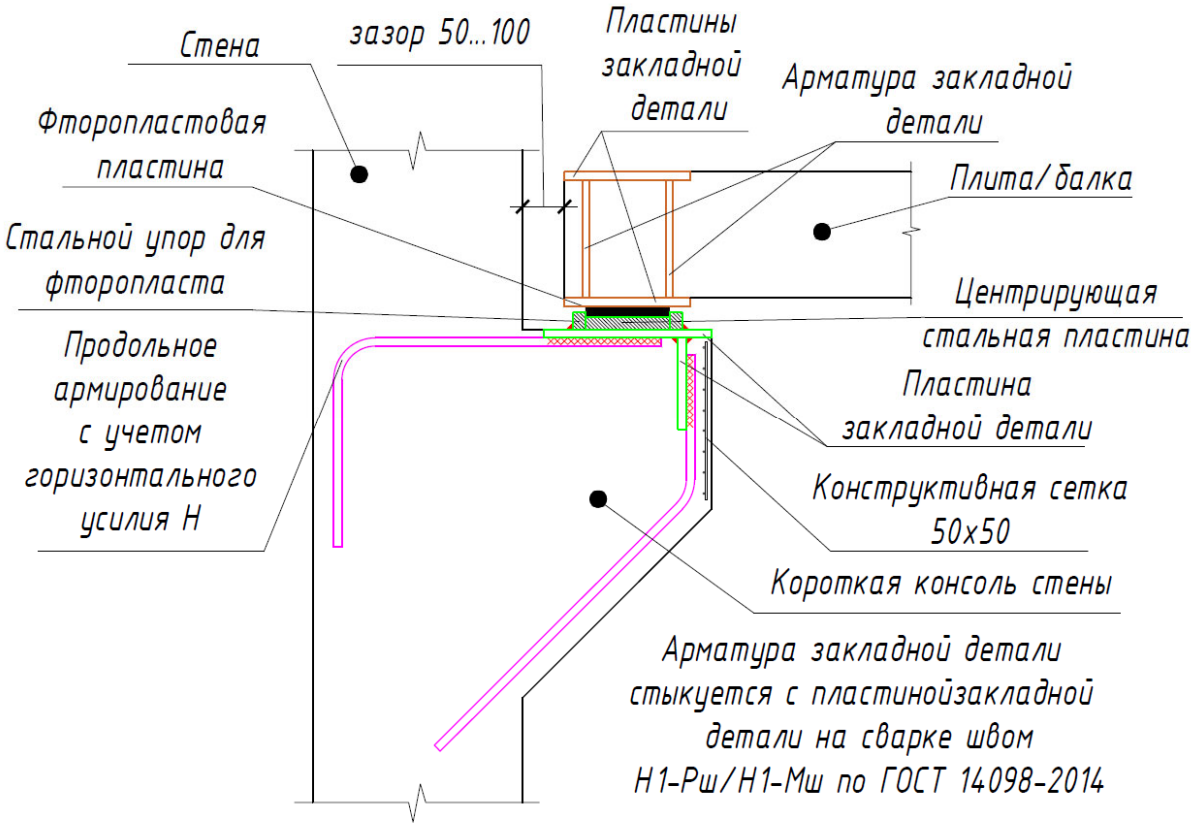


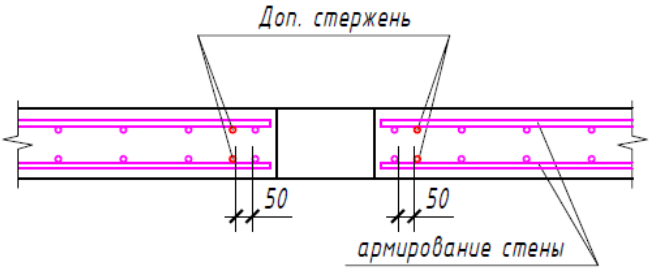
Рисунок. Шарнирно-подвижный стык. Опирание на короткую консоль в температурном шве.

12. Армирование отверстий

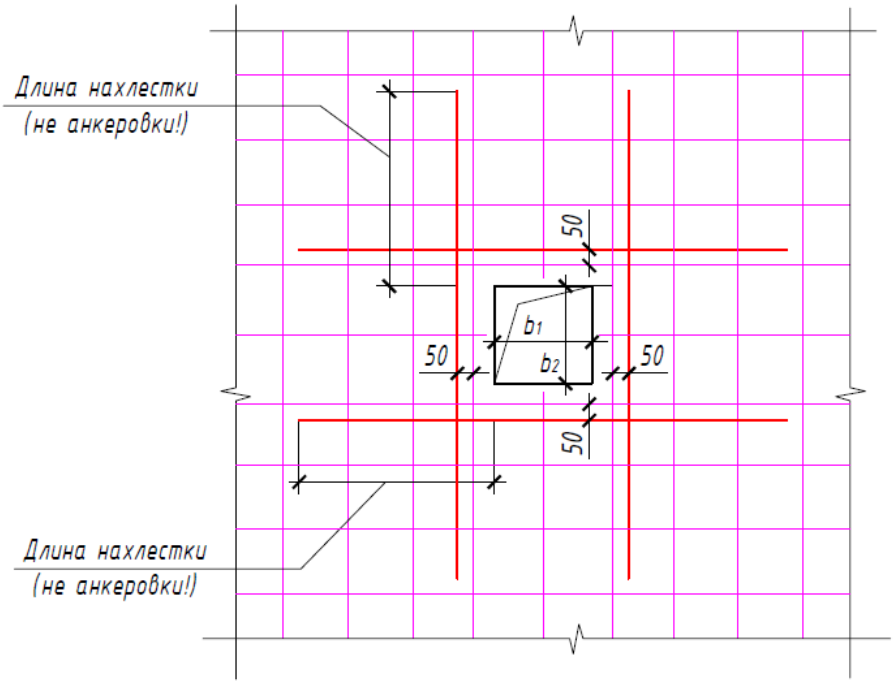
Справочная таблица 25. Необходимость усиления и обрамления.

Размер отверстия	Количество отверстий и удаление одного от другого	Порядок внесения в расчетную схему	Обрамление	Усиление
До 150мм (обычно гильзы под коммуникации)	До 3 на расстоянии друг от друга не менее 150мм	В расчетную схему можно не вносить, учесть только при расчете продавливания.	Добавить по 1 стержню слева и справа, чтобы получилось расстояние в свету между стержнями вблизи отверстия 50 мм.	Не требуется
От 150мм до 300мм	3 и более на расстоянии не более 300мм	В расчетную схему необходимо вносить. Допустимо объединять отверстия меду собой.	Добавить по 1 стержню слева и справа, чтобы получилось расстояние между стержнями вблизи отверстия 50 мм.	Установить, если требуется по расчету
Более 300мм	Любое	В расчетную схему необходимо вносить. Допустимо объединять отверстия меду собой.	Все устанавливается в усиление	*Случай 1.* Расчетное изополе показало необходимость установки дополнительного армирования возле отверстия. Устанавливаем арматуру по расчету. Армирование должно быть не менее Случая 2. *Случай 2.* Расчетное изополе НЕ показало необходимость установки дополнительного армиррования возле отверстия. Считаем необходимое усиление по формуле (на две стороны отверстия): $A_s = \mu_{s,min} b h_0$ b – размер отверстия, перпендикулярно которому укладывается арматура h_0 – рабочая высота сечения. $\mu_{s,min}$ – минимальный процент армирования **Дополнительные примечания к случаю 1 и 2:** 1) если проем заканчивается на плите перекрытия/покрытия/фундаментной, то плита является горизонтальным обрамлением. 2) если проем заканчивается на плите перекрытия/покрытия/фундаментной, то плита является горизонтальным обрамлением, то вертикальное обрамление необходимо анкеровать в выше/ниже лежащую стену или отгибать в плиту.

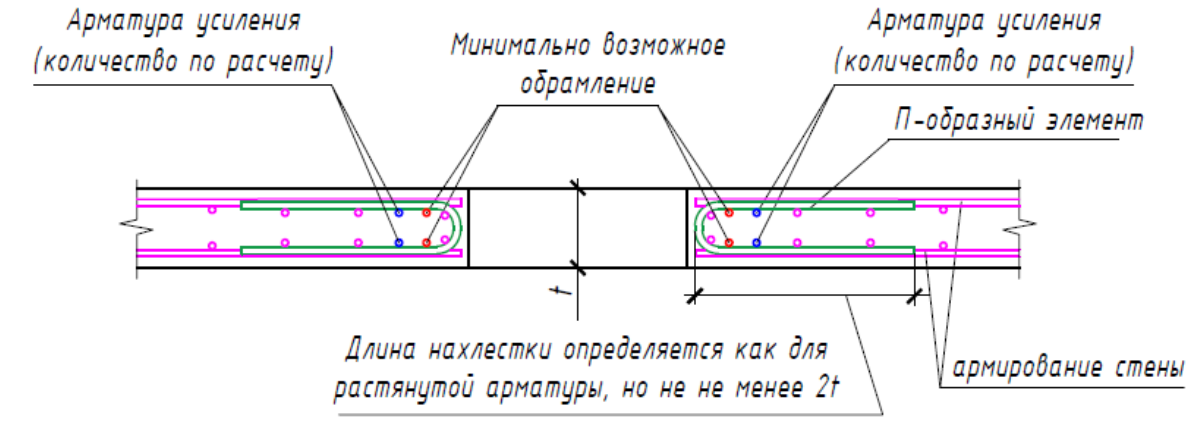
Отверстия до 150мм

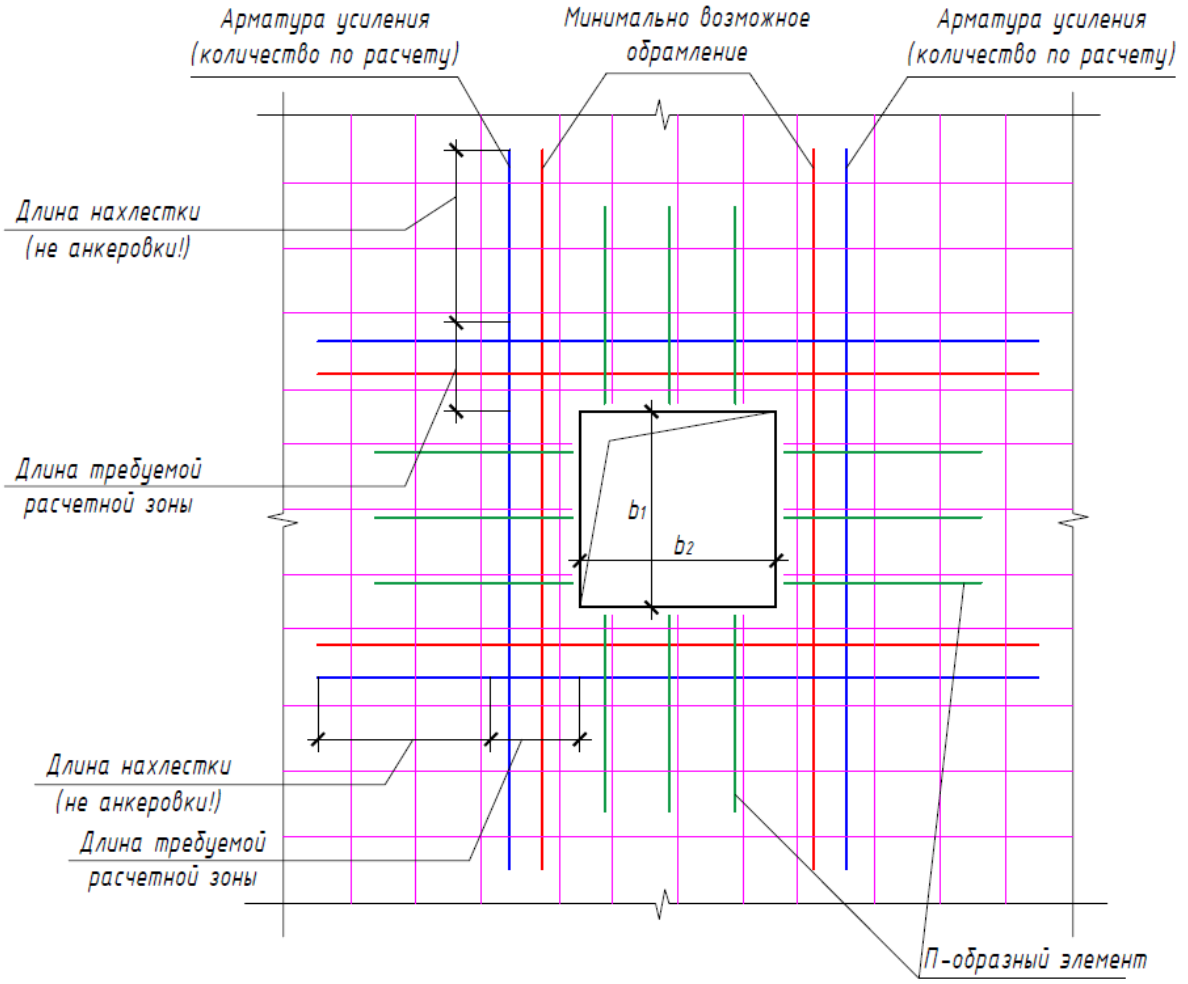


Поперечные шпильки УСЛОВНО НЕ ПОКАЗАНЫ

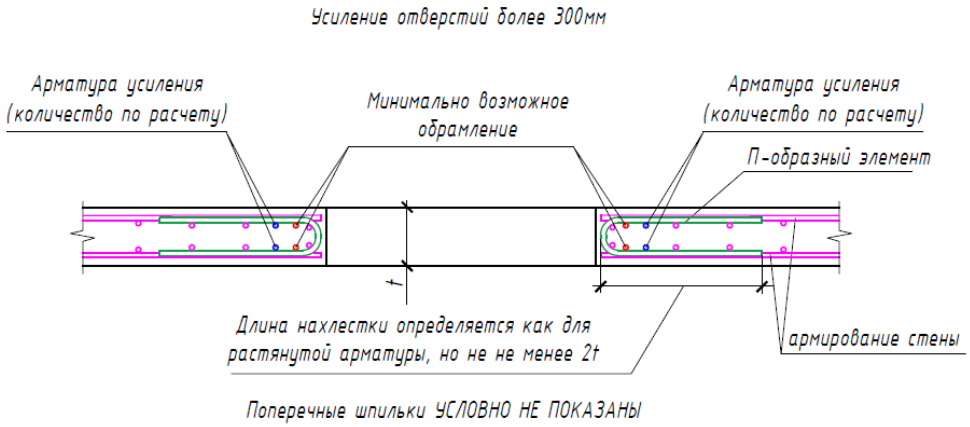


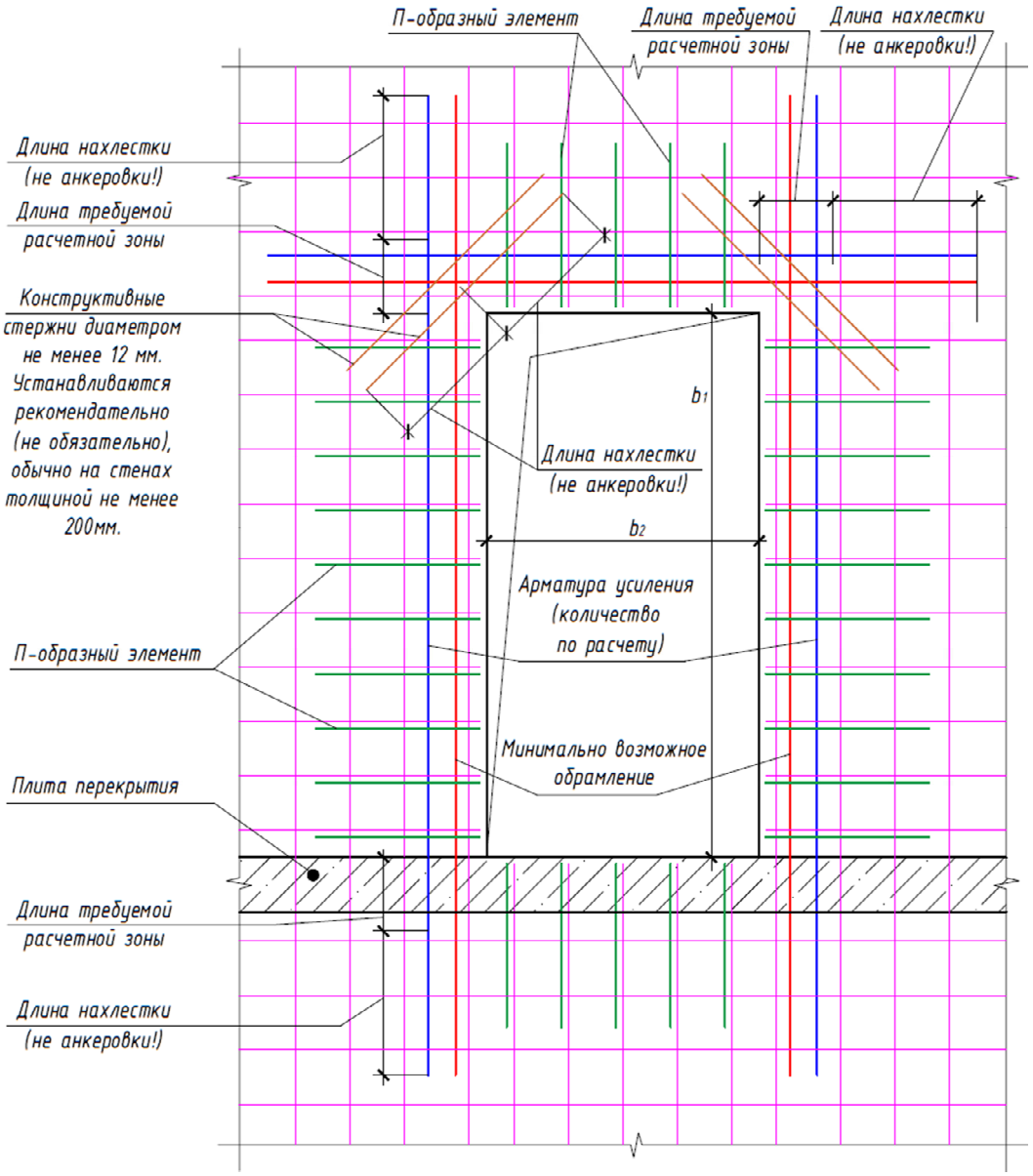
Отверстия от 150мм до 300мм





Отверстия более 300мм





13.1. Горизонтальные рабочие швы

Требования п.5.3.12. СП 70.13330.2012:

Поверхность рабочих швов, устраиваемых при укладке бетонной смеси с перерывами, **должна быть перпендикулярна оси** бетонируемых колонн и балок, поверхности плит и стен. Возобновление бетонирования допускается производить по достижении бетоном прочности не менее 1,5 МПа. Рабочие швы по согласованию с проектной организацией допускается устраивать при бетонировании:

-колонн и пилонов – на отметке верха фундамента, низа порогов, балок и подкрановых консолей, верха подкрановых балок, низа капителей колонн;

-балок больших размеров, монолитно соединенных с плитами – на 20-30 мм ниже отметки нижней поверхности плиты, а при наличии в плите капителей – на отметке низа капителей плиты;

-плоских плит – в любом месте параллельно меньшей стороне плиты;

-ребристых покрытий – в направлении, параллельном второстепенным балкам;

-отдельных балок – в пределах средней трети пролета балок, в направлении, параллельном главным балкам (прогонам) в пределах двух средних четвертей пролета прогонов и плит;

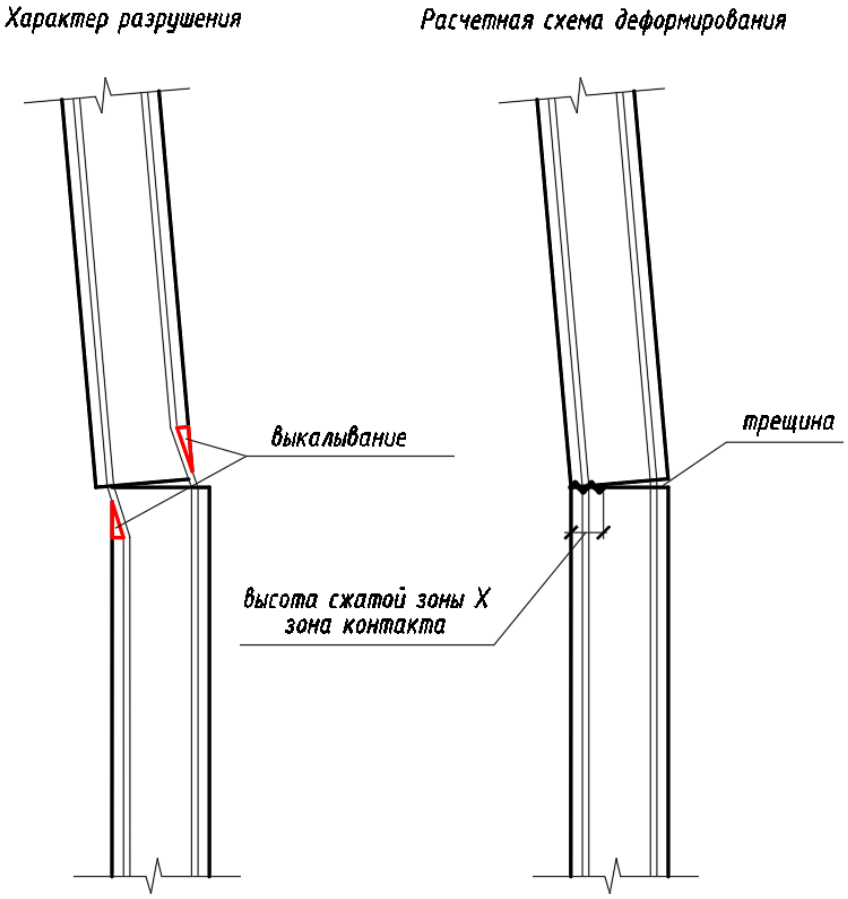
-массивов, арок, сводов, резервуаров, бункеров, гидротехнических сооружений, мостов и других сложных инженерных сооружений и конструкций – в местах, указанных в проекте.

Про стены в СП 70 не сказано, однако принимается как для стен и колонн.

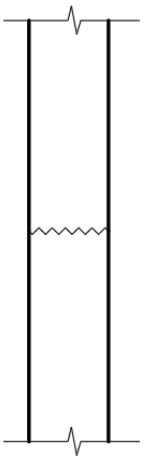
От автора:

Для высоких стен (стены на 2-3 этажа без промежуточных перекрытий) иногда приходится устраивать промежуточные рабочие швы. Если колонна является центральной (и условно центрально сжатой) или рабочий шов находится в зоне с малыми моментами, то рабочий шов допустимо делать не выполняя расчет. В иных случаях выполняется расчет.

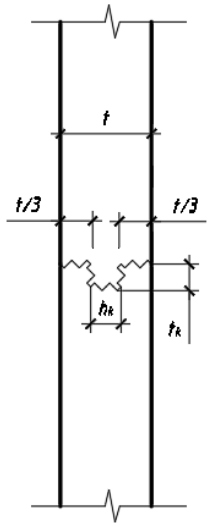
Механика разрушения и схема деформирования. Разрушение происходит от поперечной силы, которая стремится сместить части конструкций друг относительно друга. При этом обычный рабочий шов работает не на полную высоту, а только в той части где имеется сжатая зона. Сжатая зона определяется путем расчета сечения внецентренно сжатого элемента с нахождением высоты сжатой зоны(это можно сделать, например, в программе Статика ТехСофт). Если трещина не раскрывается, то сжатая зона принимается по полной высоте сечения стены.
Если изгиб имеется в двух плоскостях, то нужно определить площадь $A_{b,j}$ сжатия, которая идет или по треугольнику или по трапеции.



Справочная таблица 26. Рабочие швы и методика расчета

Рабочий шов	*Методика расчета.* **Расчет рабочих швов в нормах не приводится. Далее приведен инженерный подход.**
Обычные рабочие швы перпендикулярные оси стены	
	Расчет ведется по формуле 5.1.28 СП 337.1325800.2017 (применительно). Несущая способность определяется по формуле $$Q_{\text{РШБ}} = \gamma_{b,sh,j} R_{bt} A_{b,j} = \gamma_{b,sh,j} R_{bt} b\, x$$ $\gamma_{b,sh,j}$ – коэффициент принимаемый равным 0,5(как для необработанных швов); R_{bt} – расчетное сопротивление бетона растяжению, МПа; Для внецентренного сжатия при действии момента в одной плоскости: $A_{b,j} = b\, x$ – площадь контакта, м^2 b – ширина контакта, м x – высота сжатой зоны, м *От автора: из норм в запас исключили величину обжатия в шве, поэтому несущая способность получается заниженной.*

Рабочие швы со шпонками (шпонка устраивается по месту)



Расчет ведется по формулам приложения Е СП 63.13330.2018.

Выбирается минимальная несущая способность из двух значений:

1 значение:

$$Q_{\text{РШБ}} = t_k l_k R_b$$

2 значение:

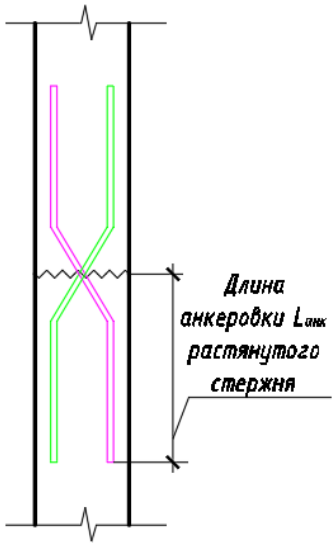
$$Q_{\text{РШБ}} = 2 l_k h_k R_{bt}$$

R_{bt} – расчетное сопротивление бетона растяжению, МПа;

R_b – расчетное сопротивление бетона сжатию, МПа;

l_k – длина рабочего шва, м

Рабочие швы с дополнительным армированием от сдвига



$$Q_{\text{РШБ.АРМ}} = \gamma_{b,sh,j} R_{bt} A_{b,j} + \gamma_{sb,sh,j} R_{bt} R_{sj} A_{sj}$$

$\gamma_{b,sh,j}$ – коэффициент принимаемый равным 0,5(как для необработанных швов);

R_{bt} – расчетное сопротивление бетона растяжению, МПа.

Для внецентренного сжатия при действии момента в одной плоскости:

$A_{b,j} = b\,x$ – площадь контакта, м^2

b – ширина контакта, м

x – высота сжатой зоны, м

$\gamma_{sb,sh,j}$ – коэффициент, принимаемый равным 1,0 (МПа)$^{-1}$

A_{sj} – площадь армирования усиления рабочего шва, м^2

R_{sj} – расчетное сопротивление арматуры растяжению, МПа

$Q_{\text{РШБ.АРМ}}$ принимают не более величины $2R_{bt}A_{b,j}$ и не более чем величина несущей способности шва по случаю шпонки.

13.2. Вертикальные рабочие швы

В каких местах вертикальных конструкций допустимо устраивать рабочие швы в нормах не сказано.

Общие рекомендации автора по местам устройства швов:

1. Расстояние РШБ от угла/места пересечений стен не менее 1м и не менее 4х толщин стены.

2. Расстояние РШБ от проемов имеющих габариты более 1м и не менее 4х толщин стены.

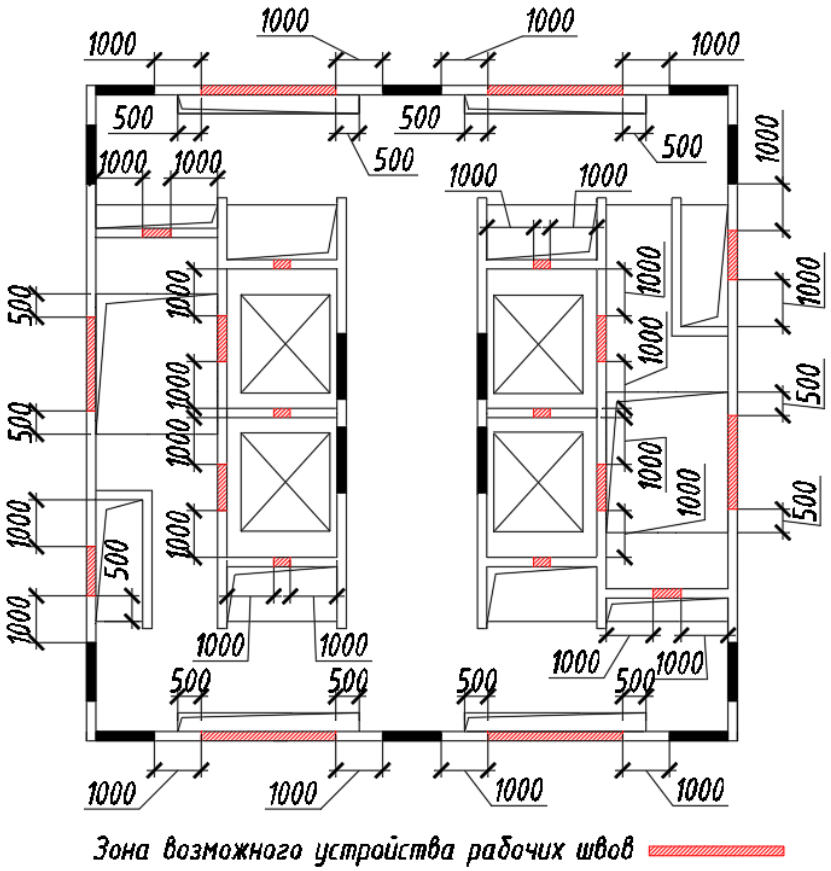
3. Отступ от мест окончания больших проемов в плитах должен быть не менее 0,5м и не менее 2х толщин стены.

4. Отступ от торца стены должен быть не менее 2,5м.

5. Стены длиной менее 5м рабочими швами не рассекают.

Расчет рекомендуемо производить по методике горизонтальных рабочих швов.

В рассматриваемом здании вертикальные рабочие швы допустимо расположить следующим образом при условии толщины стены 200мм.

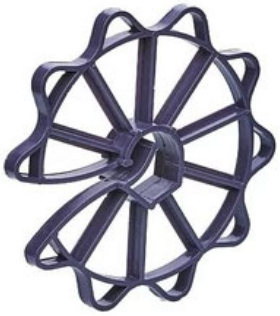


14. Поддерживающие элементы в стенах

Поддерживающие элементы в колоннах и стенах – это «звездочки» и «арматурные лобовые упоры».

«Звездочка» – это пластиковый фиксатор защитного слоя, устанавливаемый на опалубку и обеспечивающий защитный слой. Шаг установки «звездочек» по ширине и высоте сечения принимают обычно 400…600мм. На чертежах и в спецификациях звездочки обычно не отображают. Важно отметить, что пластиковые звездочки, как правило, обеспечивают защитный слой кратный 5мм: 15,20,25,30,35,40,45,50,55,60. При нестандартных защитных слоях строители обычно переходят на лобовые упоры.





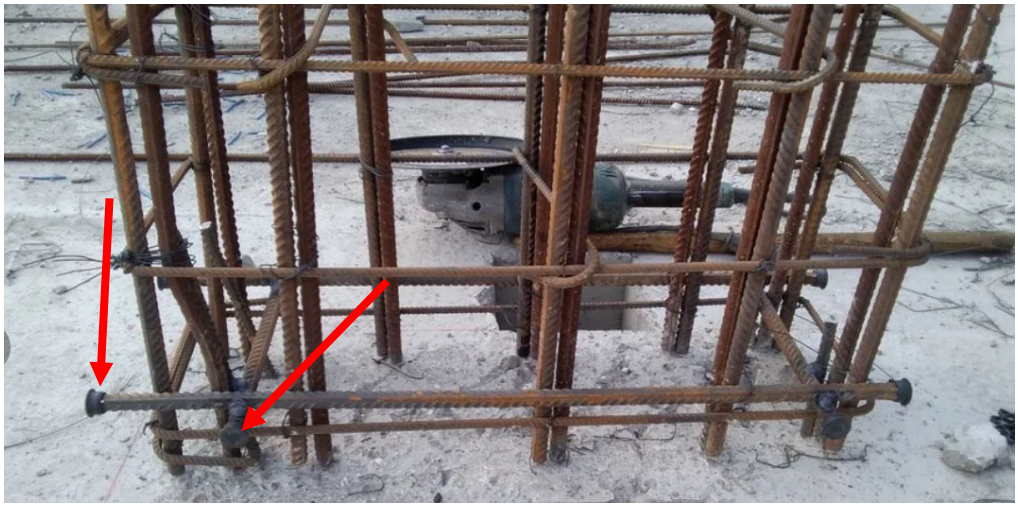


«Арматурный лобовой упор» – это элемент из арматуры, привариваемый прихватками или привязываемый к арматурному каркасу. Иногда на концы устанавливают резиновые наконечники.

Первым отрицательным эффектом при установке лобового упора является возникающая коррозия, которая возникает в месте, где лобовой упор упирался в опалубку(выступает из защитного слоя). Решается эта проблема спиливанием лобового упора после распалубливания и заделкой ремонтным составом этого места.

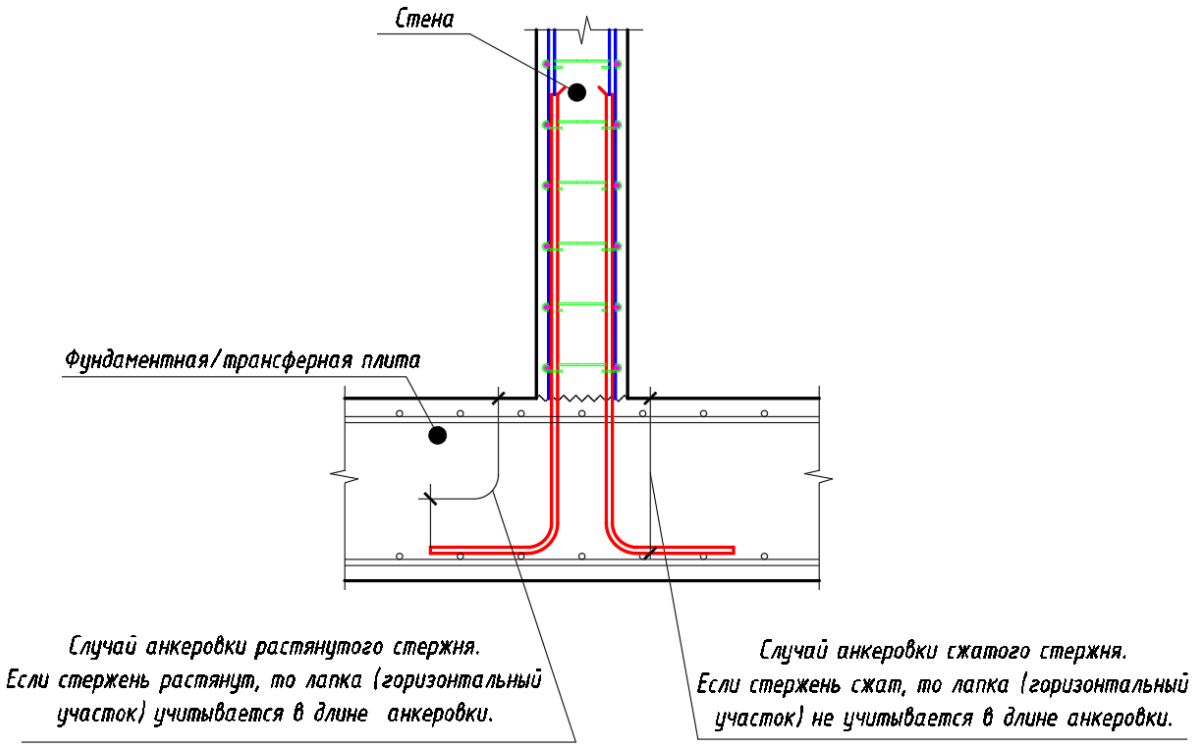
Вторым отрицательным эффектом является сварка к существующему каркасу. При малых диаметрах каркаса возможно пережечь рабочую арматуру, поэтому лучше применять вязку.

Лобовые упоры изготавливаются из арматуры любого класса диаметром 12мм и более. На чертежах и в спецификациях лобовые упоры обычно не отображают.



15. Случаи расчета при недостаточной анкеровке

Зачастую анкеровки сжатого стержня не хватает для того, чтобы полностью обеспечить работу армирования. В связи с этим есть подход, в котором учитывается данный эффект.



Площадь A_s, которую необходимо вводить в расчет при недостаточной длине анкеровки:

$$A_s = A_{s,\text{факт}} \frac{l_s}{l_{0,an}}$$

Диаметр d_s, который необходимо вводить в расчет при недостаточной длине анкеровки:

$$d_s = \sqrt{A_{s,\text{факт}} \frac{4 l_s}{\pi l_{0,an}}}$$

$l_{0,an}$ – длина анкеровки, которая необходима для работы стержня с полным расчетным сопротивлением

l_s – фактическая длина анкеровки

Допустимо также полностью исключить из расчета сжатый стержень.

Библиография

1. Федеральный закон N384-ФЗ Технический регламент о безопасности зданий и сооружений (с изм. на 25.12.2023) : федеральный закон : дата введения 2010-07-01 / Государственная Дума - Изд. официальное. - Собрание законодательства РФ, N1, ст.5, 2010;

2. Федеральный закон N190-ФЗ Градостроительный кодекс Российской Федерации (с изм. на 26.12.2024) : кодекс РФ : дата введения 2004-12-30 / Государственная Дума - Изд. официальное. - Собрание законодательства РФ N1 (ч.I), ст.16, 2005;

3. Федеральный закон N123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (с изм. на 25.12.2023) : федеральный закон : дата введения 2009-05-01 / Государственная Дума - Изд. официальное. - Собрание законодательства РФ, N30, (ч.I), ст.3579, 2008;

4. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения (Переиздание, с Изменением N 1) : межгосударственный стандарт : дата введения 2015-07-01 / Росстандарт - Изд. официальное. - Москва: Стандартинформ, 2019;

5. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1, Поправкой) : межгосударственный стандарт : дата введения 1981-07-01 / Госстандарт СССР - Изд. официальное. - Москва: Стандартинформ, 2010;

6. ГОСТ 14098-2014 Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры (с Изменением N 1, с Поправками) : межгосударственный стандарт : дата введения 2015-07-01 / Росстандарт - Изд. официальное. - Москва: Стандартинформ, 2015;

7. ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия (с Поправкой) : межгосударственный стандарт : дата введения 2018-01-01 / Росстандарт - Изд. официальное. - Москва: Стандартинформ, 2019;

8. ГОСТ 26633-2015 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия (с Поправкой, с Изменением N 1) : межгосударственный стандарт : дата введения 2016-09-01 / Росстандарт - Изд. официальное. - Москва: Стандартинформ, 2019;

9. СП 2.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2020-09-12 / МЧС России - Изд. официальное. - Москва: Стандартинформ, 2020;

10. СП 14.13330.2018 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП II-7-81* (с Изменениями № 2-4) : свод правил : дата введения 2018-11-25 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ - Изд. официальное. - Москва: Стандартинформ, 2018;

11. СП 15.13330.2020 Каменные и армокаменные конструкции СНиП II-2281* (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2021-07-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ - Изд. официальное. - Москва: Стандартинформ, 2021;

12. СП 16.13330.2017 "Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*" (с Поправками, с Изменениями № 1-6) : свод правил : дата введения 2017-08-28 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ - Изд. официальное. - Москва: Стандартинформ, 2017;

13. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* (с Изменениями № 1-6) : свод правил : дата введения 2017-06-04 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ - Изд. официальное. - Москва: Стандартинформ, 2018;

14. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5) : свод правил : дата введения 2017-07-01 / Министерство

строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

15. СП 24.13330.2021 Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85 (с Изменениями N 1) : свод правил : дата введения 2022-01-15 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2022;

16. СП 26.13330.2012 Фундаменты машин с динамическими нагрузками. Актуализированная редакция СНиП 2.02.05-87 (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2013-01-01 / Минрегион России – Изд. официальное. – Москва: Минрегион России, 2012;

17. СП 28.13330.2017 "Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85" (с Изменениями N 1-4) : свод правил : дата введения 2017-08-28 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

18. СП 35.13330.2011 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 2.05.03-84* (с Изменениями № 1-5 : свод правил : дата введения 2011-05-20 / Минрегион России – Изд. официальное. – Москва: ОАО "ЦПП", 2011;

19. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2013-07-01 / Минрегион России – Изд. официальное. – Москва: Минрегион России, 2012;

20. СП 63.13330.2018 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. СНиП 52-01-2003 (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2019-06-20 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;

21. СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87 (с Изменениями № 1, 3-7) : свод правил : дата введения 2013-07-01 / Минрегион России – Изд. официальное. – Москва: Госстрой, ФАУ "ФЦС", 2013;

22. СП 72.13330.2016 Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии. СНиП 3.04.03-85 (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2017-06-17 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

23. СП 88.13330.2014 Защитные сооружения гражданской обороны. Актуализированная редакция СНиП II-11-77* (с Изменениями N 1, 2, 3) : свод правил : дата введения 2014-06-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Минстрой России, 2014;

24. СП 116.13330.2012 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 22-02-2003 (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2013-01-01 / Минрегион России – Изд. официальное. – Минрегион России, 2012;

25. СП 131.13330.2020 Строительная климатология СНиП 23-01-99* (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2021-06-25 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2021;

26. СП 250.1325800.2016 Здания и сооружения. Защита от подземных вод (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2016-09-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Минстрой России, 2016;

27. СП 266.1325800.2016 Конструкции сталежелезобетонные. Правила проектирования (с Изменениями N1, 2, 3, 4, с Поправками) : свод правил : дата введения 2017-07-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

28. СП 267.1325800.2016 Здания и комплексы высотные. Правила проектирования (с Изменениями № 1, 2) : свод правил : дата введения 2017-07-01 / Минстрой России – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

29. СП 296.1325800.2017 Здания и сооружения. Особые воздействия (с Изменениями N 1, 2) : свод правил : дата введения 2018-02-04 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017;

30. СП 337.1325800.2017 Конструкции железобетонные сборно-монолитные. Правила проектирования : свод правил : дата введения 2018-06-14 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018;

31. СП 381.1325800.2018 Сооружения подпорные. Правила проектирования (с Изменением № 1) : свод правил : дата введения 2019-01-24 / Минстрой России – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018;

32. СП 385.1325800.2018 Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения (с Изменениями N 1-4) : свод правил : дата введения 2019-01-06 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2018;

33. СП 430.1325800.2018 Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования (с Изменением N1) : свод правил : дата введения 2019-06-26 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;

34. СП 435.1325800.2018 Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ : свод правил : дата введения 2019-05-27 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;

35. СП 468.1325800.2019 Бетонные и железобетонные конструкции. Правила обеспечения огнестойкости и огнесохранности (с Изменением N 1) : свод правил : дата введения 2020-06-11 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2020;

36. СП 499.1325800.2021 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от карстово-суффозионных процессов. Правила проектирования : свод правил : дата введения 2021-09-03 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2021.

Приложение А. Принципы анкеровки и нахлестки

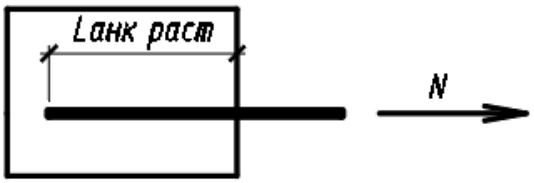
Все значения анкеровки и нахлестки **для растянутой** арматуры уже посчитаны и находятся ниже по тексту.

На рисунках ниже приведены растянутые и сжатые стержни. Идея в том, что вся длина анкеровки/нахлестки рассчитывается (ссылка выше) для растянутой арматуры, а потом с помощью коэффициентов применяется к сжатой.

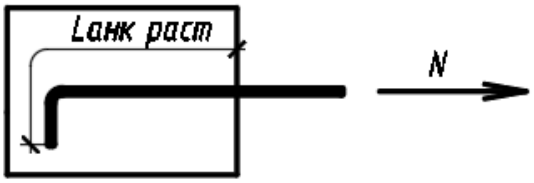
Принципы анкеровки продольной арматуры

Случай для растянутых стержней

Прямая анкеровка

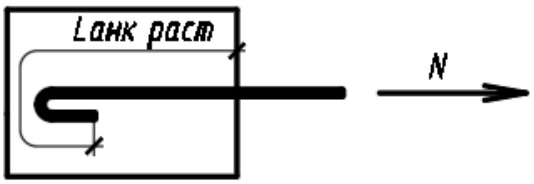


Анкеровка с лапкой



Lанк можно уменьшить на 30%

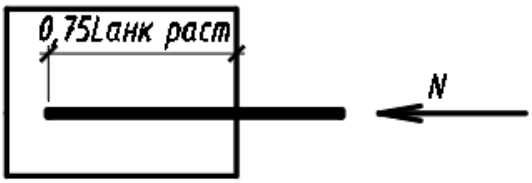
Анкеровка с крюком



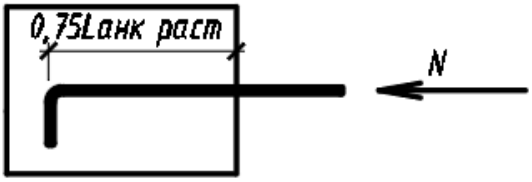
Lанк можно уменьшить на 30%

Случай для сжатых стержней

Прямая анкеровка

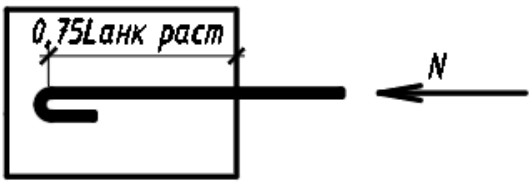


Анкеровка с лапкой



Длина лапки в Lанк не учитывается

Анкеровка с крюком



Длина крюка в Lанк не учитывается

Анкеровка и нахлестка для арматуры класса A500 в случае растяжения

по СП 63.13330.2018.

а – анкеровка

н – нахлестка

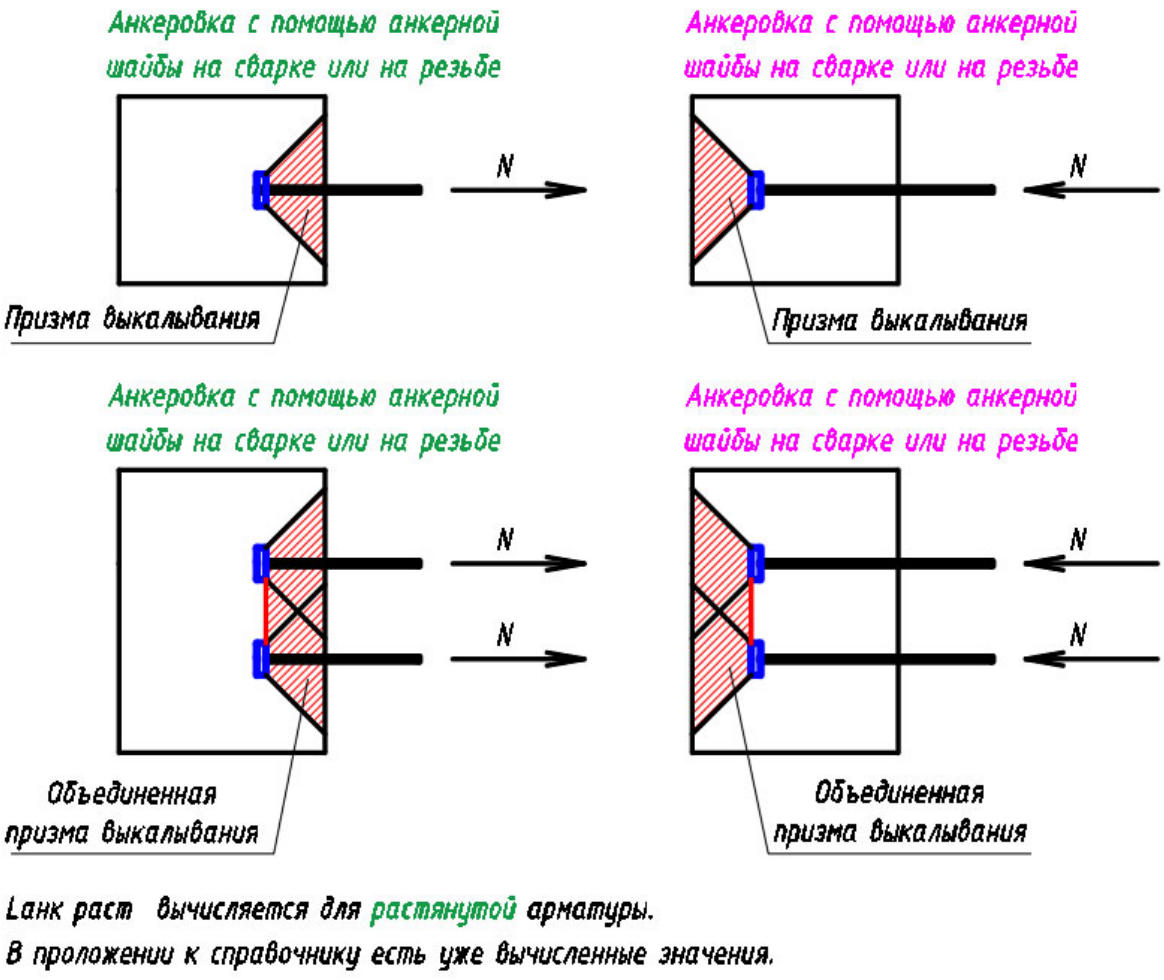
значение вне скобок – значение при работе арматуры на полное расчетное сопротивление R_s

значение в скобках () – минимально возможная длина анкеровки/нахлестки исходя из следующих требований

Минимальная анкеровка, исходя из условий (максимальное значение): 15Ø, $0,3l_{0,an}$, 200мм (п. 10.3.25 СП 63)

Минимальная нахлестка, исходя из условий (максимальное значение): 20Ø, $0,4x1,2l_{0,an}$, 250мм (п. 10.3.30 СП 63)

Диаметры арматуры периодического профиля													
6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Бетон класса B10													
а-466(200) н-559(250)	а-621(200) н-745(298)	а-776(233) н-932(372)	а-932(279) н-1118(447)	а-1087(326) н-1305(522)	а-1242(372) н-1491(596)	а-1398(419) н-1677(671)	а-1553(466) н-1864(745)	а-1708(512) н-2050(820)	а-1941(582) н-2330(932)	а-2175(652) н-2610(1044)	а-2485(745) н-2982(1193)	а-3107(932) н-3728(1491)	а-3452(1035) н-4142(1657)
Бетон класса B15													
а-348(200) н-417(250)	а-464(200) н-556(250)	а-580(200) н-696(278)	а-696(208) н-835(334)	а-812(243) н-974(389)	а-928(278) н-1113(445)	а-1044(313) н-1252(501)	а-1160(348) н-1392(556)	а-1276(382) н-1531(612)	а-1450(435) н-1740(696)	а-1624(487) н-1948(779)	а-1856(556) н-2227(890)	а-2320(696) н-2784(1113)	а-2577(773) н-3093(1237)
Бетон класса B20													
а-290(200) н-348(250)	а-386(200) н-464(250)	а-483(200) н-580(250)	а-580(200) н-696(278)	а-676(210) н-811(324)	а-773(240) н-928(371)	а-870(270) н-1044(417)	а-966(300) н-1160(463)	а-1063(330) н-1275(510)	а-1208(375) н-1449(579)	а-1353(420) н-1623(649)	а-1546(480) н-1856(742)	а-1933(580) н-2320(928)	а-2148(644) н-2577(1031)
Бетон класса B25													
а-248(200) н-298(250)	а-331(200) н-397(250)	а-414(200) н-497(250)	а-497(200) н-596(250)	а-580(210) н-696(280)	а-662(240) н-795(320)	а-745(270) н-894(360)	а-828(300) н-994(400)	а-911(330) н-1093(440)	а-1035(375) н-1242(500)	а-1160(420) н-1392(560)	а-1325(480) н-1590(640)	а-1657(540) н-1988(795)	а-1841(600) н-2209(883)
Бетон класса B30													
а-226(200) н-272(250)	а-302(200) н-363(250)	а-378(200) н-453(250)	а-453(200) н-544(250)	а-529(210) н-635(280)	а-605(240) н-726(320)	а-680(270) н-817(360)	а-756(300) н-907(400)	а-832(330) н-998(440)	а-945(375) н-1134(500)	а-1059(420) н-1270(560)	а-1210(480) н-1452(640)	а-1513(540) н-1815(726)	а-1681(600) н-2017(806)
Бетон класса B35													
а-200(200) н-240(250)	а-267(200) н-321(250)	а-334(200) н-401(250)	а-401(200) н-481(250)	а-468(210) н-562(280)	а-535(240) н-642(320)	а-602(270) н-722(360)	а-669(300) н-803(400)	а-736(330) н-883(440)	а-836(375) н-1003(500)	а-936(420) н-1124(560)	а-1070(480) н-1284(640)	а-1338(540) н-1606(720)	а-1487(600) н-1784(800)
Бетон класса B40													
а-186(200) н-223(250)	а-248(200) н-298(250)	а-310(200) н-372(250)	а-372(200) н-447(250)	а-435(210) н-522(280)	а-497(240) н-596(320)	а-559(270) н-671(360)	а-621(300) н-745(400)	а-683(330) н-820(440)	а-776(375) н-932(500)	а-870(420) н-1044(560)	а-994(480) н-1193(640)	а-1242(540) н-1491(720)	а-1380(600) н-1657(800)
Бетон класса B45													
а-174(200) н-208(250)	а-232(200) н-278(250)	а-290(200) н-348(250)	а-348(200) н-417(250)	а-406(210) н-487(280)	а-464(240) н-556(320)	а-522(270) н-626(360)	а-580(300) н-696(400)	а-638(330) н-765(440)	а-725(375) н-870(500)	а-812(420) н-974(560)	а-928(480) н-1113(640)	а-1160(540) н-1392(720)	а-1288(600) н-1546(800)
Бетон класса B50													
а-163(200) н-195(250)	а-217(200) н-261(250)	а-271(200) н-326(250)	а-326(200) н-391(250)	а-380(210) н-456(280)	а-435(240) н-522(320)	а-489(270) н-587(360)	а-543(300) н-652(400)	а-598(330) н-717(440)	а-679(375) н-815(500)	а-761(420) н-913(560)	а-870(480) н-1044(640)	а-1087(540) н-1305(720)	а-1208(600) н-1449(800)
Бетон класса B55													
а-153(200) н-184(250)	а-204(200) н-245(250)	а-255(200) н-307(250)	а-307(200) н-368(250)	а-358(210) н-429(280)	а-409(240) н-491(320)	а-460(270) н-552(360)	а-511(300) н-614(400)	а-562(330) н-675(440)	а-639(375) н-767(500)	а-716(420) н-859(560)	а-818(480) н-982(640)	а-1023(540) н-1228(720)	а-1137(600) н-1364(800)
Бетон класса B60													
а-145(200) н-174(250)	а-193(200) н-232(250)	а-241(200) н-290(250)	а-290(200) н-348(250)	а-338(210) н-405(280)	а-386(240) н-464(320)	а-435(270) н-522(360)	а-483(300) н-580(400)	а-531(330) н-637(440)	а-604(375) н-724(500)	а-676(420) н-811(560)	а-773(480) н-928(640)	а-966(540) н-1160(720)	а-1074(600) н-1288(800)
6	8	10	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40



Lанк раст вычисляется для растянутой арматуры.
В проложении к справочнику есть уже вычисленные значения.

Расчет анкеровки (п.10.3.24 СП 62.13330.2018)

Базовая длина анкеровки (длина, которая обеспечивает полную работу стержня на расчетное сопротивление при его растяжении):

$$l_{анк} = l_{0,an} = \frac{R_s A_s}{R_{bond} u_s}$$

R_s – расчетное сопротивление арматуры;

A_s – площадь поперечного сечения;

u_s – периметр поперечного сечения.

R_{bond} – расчетное сопротивление сцепления арматуры с бетоном, принимаемое равномерно распределенным по длине анкеровки и определяемое по формуле:

$$R_{bond} = \eta_1 \eta_2 R_{bt}$$

η_1 – коэффициент, учитывающий влияние вида поверхности арматуры, принимаемый равным:
для ненапрягаемой арматуры:
1,5 – для гладкой арматуры;
2,0 – для холоднодеформированной арматуры периодического профиля;
2,5 – для горячекатаной и термомеханически обработанной арматуры периодического профиля;

для напрягаемой арматуры:
η_2- коэффициент, учитывающий влияние размера диаметра арматуры, принимаемый равным для ненапрягаемой арматуры:
1,0 - при диаметре арматуры до 32 мм включительно;
0,9 - при диаметре арматуры 36 и 40 мм.

Максимальное усилие, воспринимаемое анкеруемым стержнем арматуры N_s, определяют по формуле:

$$N_s = \alpha_1 R_s A_s \frac{l_s}{l_{0,an}}$$

l_s – фактическая длина анкеровки
α_1 – **коэффициент,** учитывающий влияние на длину анкеровки напряженного состояния бетона и арматуры и конструктивного решения элемента в зоне анкеровки;
Для ненапрягаемой арматуры при анкеровке стержней периодического профиля с прямыми концами (прямая анкеровка) или гладкой арматуры с крюками или петлями без дополнительных анкерующих устройств для растянутых стержней принимают $\alpha_1 = 1,0$, а для сжатых - $\alpha_1 = 0,75$.

В любом случае длина анкеровки, должна быть не менее максимального из значений: $15d_s, 200$мм, $0,3l_{0,an}$ (конструктивное требование).

Расчет случая с выкалыванием (концевым анкером). Методики нет в нормах, поэтому приведена методика, которую использует автор.

Рассчитывается группа стержней. Количество стержней n в группе принимается по объединенной призме выкалывания.

Принимается минимальная несущая способность (выбирается из N_1 и N_2) для группы стержней исходя из условий:

В случае растяжения:

$$N_1 = (1 \text{x} R_s A_s \frac{l_s}{l_{0,an}} + R_b A_b) n$$

A_b – площадь смятия под анкером;
n – количество стержней в группе.

$$N_2 = R_{bt} u_{\text{вык}} h$$

R_{bt} – расчетное сопротивление бетона на растяжение;
$u_{\text{вык}}$ – периметр контура выкалывания (подробнее см. расчеты на продавливание);
h – высота призмы выкалывания.

В случае сжатия:

$$N_1 = (0,75 \text{x} R_s A_s \frac{l_s}{l_{0,an}} + R_b A_b) n$$

A_b – площадь смятия под анкером;
n – количество стержней в группе.

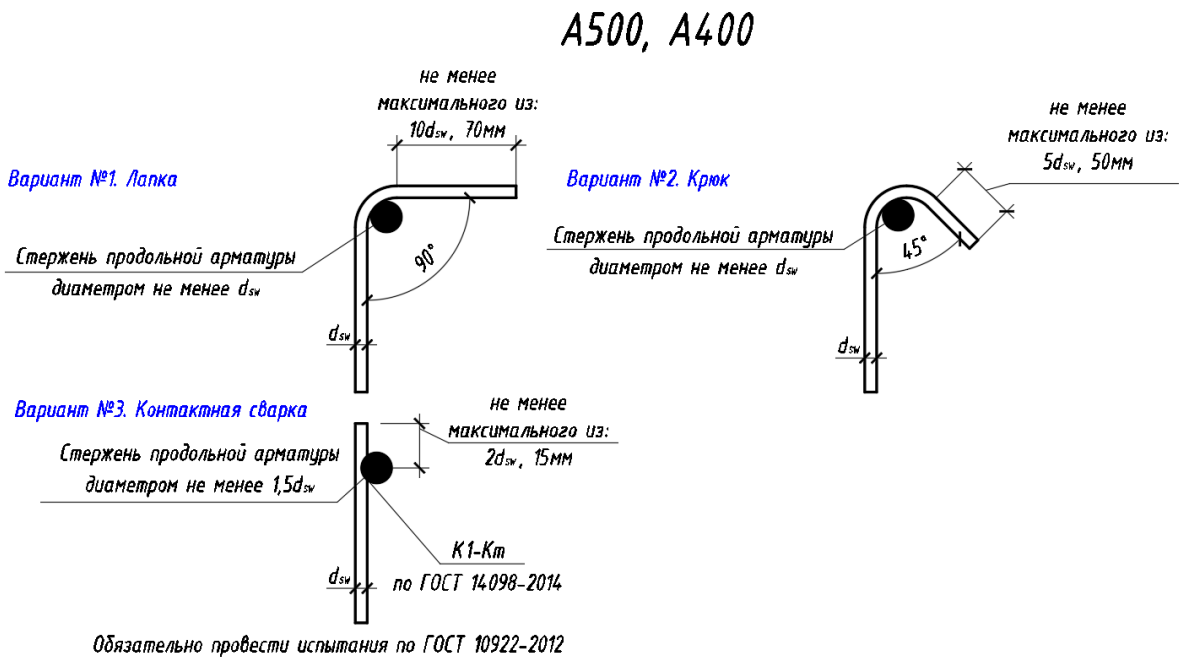
$$N_2 = 0,75 \text{x} R_s A_s \frac{l_s}{l_{0,an}} n + R_{bt} u_{\text{вык}} h$$

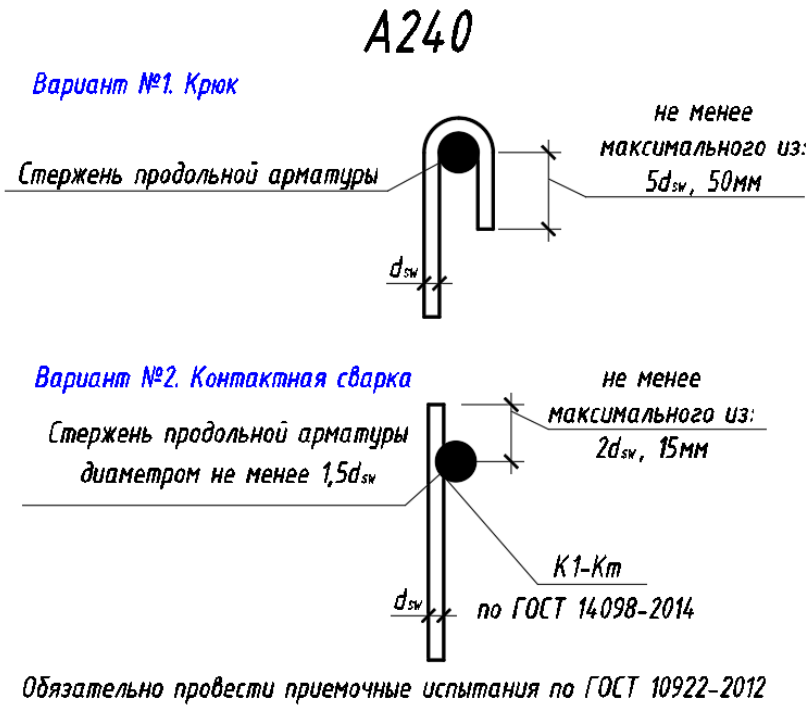
R_{bt} – расчетное сопротивление бетона на растяжение;
$u_{\text{вык}}$ – периметр контура выкалывания (подробнее см. расчеты на продавливание);
h – высота призмы выкалывания.

Принципы анкеровки поперечной арматуры

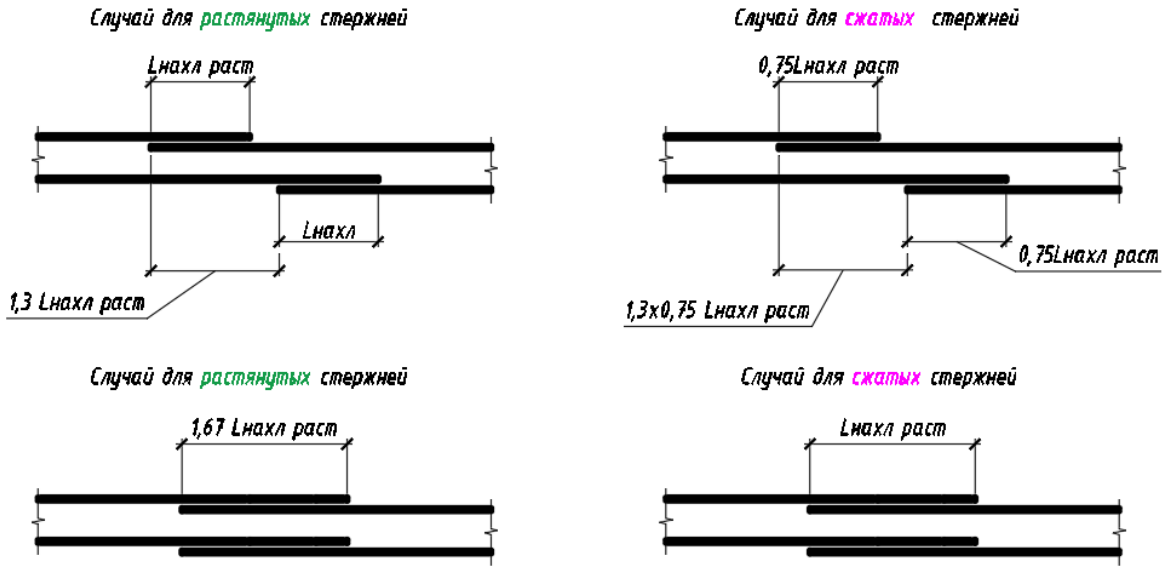
В анкеровке поперечной арматуры используются подходы, основанные на загибах стержней вокруг продольной арматуры. Также широко используется контактная сварка к перпендикулярно идущим стержням.

Контактная сварка является опасным соединением, поскольку проверку качества не всегда проводят, а протоколы испытаний попросту подделывают.





Принципы нахлестки



Расчет нахлестки (п.10.3.24 СП 62.13330.2018)

Базовая длина нахлестки (длина, которая обеспечивает полную работу стержня на расчетное сопротивление при его растяжении):

$$\boldsymbol{l}_{\text{нахл}} = \boldsymbol{l}_{\boldsymbol{l}} = \boldsymbol{\alpha}_{\boldsymbol{2}}\boldsymbol{l}_{\boldsymbol{0,an}}$$

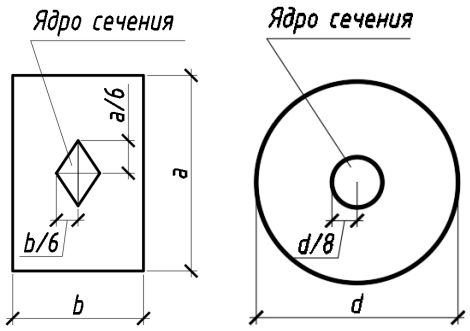
При соединении арматуры периодического профиля с прямыми концами, а также гладких стержней с крюками или петлями без дополнительных анкерующих устройств

При стыковке арматуры с разбежкой в $\boldsymbol{1,3l}_{\text{нахл}}$:
- для растянутой арматуры $\boldsymbol{\alpha_2 = 1,2}$ а для сжатой арматуры - $\boldsymbol{\alpha_2 = 0,9}$.

При стыковке арматуры без разбежки:
- для растянутой арматуры $\boldsymbol{\alpha_2 = 2,0}$ а для сжатой арматуры - $\boldsymbol{\alpha_2 = 1,2}$.

В любом случае длина нахлестки, должна быть не менее максимального из значений: $\boldsymbol{20d_s, 250}$мм, $\boldsymbol{0,4l_l}$ (конструктивное требование).

Справочная таблица. Определение сжатых и растянутых арматурных стержней

Конструкции	Растянутые и сжатые зоны
Плиты перекрытия/ покрытия и балки	Обычно растянутые стержни идут в верхней зоне на опорной части и в нижней в пролетной части.
Фундаментные плиты	Обычно растянутые стержни идут в нижней зоне под опорами и в верхней в пролетной части . В здании с ядром жесткости основная концентрация нижней растянутой арматуры будет под ядром.
Вертикальные элементы Колонны/ пилоны/ стены	**Сжатие с большим эксцентриситетом** **Есть как растянутая, так и сжатая арматура.** Такими вертикальными элементами обычно являются: крайние колонны/пилоны, вертикальные конструкции примыкающие к фундаментной плите. Из курса сопротивления материалов известно понятие ядра сечения. Ядро сечения – это место в сечении, находясь в котором продольная сила не вызовет растяжение. **Для прямоугольного** сечения это расстояние s от центра тяжести равное: $s = \frac{b}{6}$ **или** $s = \frac{a}{6}$ **в зависимости** a, b **– сторона сечения** **Для круглого** сечения это расстояние s от центра тяжести равное: $s = \frac{d}{8}$. b **– сторона прямоугольного сечения** $e = \frac{M}{N}$ **M – момент в сечении;** **N – продольное усилие в сечении.** **При** $e > s$ **будет происходить растяжение арматуры.**  **Сжатие с малым эксцентриситетом.** Такими вертикальными элементами обычно являются: центральные колонны. **При** $e < s$ **будет только сжатая арматура** Примечание от автора: указанная методика с ядром сечения является примерной. Для точной оценки необходимо делать расчет с учетом фактического армирования в НДМ (нелинейной деформационной модели).

Приложение Б. Сварные соединения

Самое важное в сварном соединении это его равнопрочность, т.е. прочность соединения должна быть не меньше прочности самой арматуры. Оценка равнопрочности идет по приложению ***А ГОСТ 14098-2014.*** *Основное что нужно смотреть в таблице:*

- ***балл «5»****, показывающий, что* ***соединение равнопрочно.***

- диаметры для которых соединение применимо.

Далее приведены только соединения из ***ГОСТ 14098-2014*** *наиболее часто использующиеся на практике. Для А500С и А240 приведенные соединения являются равнопрочными при эксплуатации до -30 градусов.*

Частые вопросы:

1. Нужна ли разбежка в сварных соединениях?

В соответствии с п. 7.159 СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы»:
Число стыков в одном расчетном сечении элемента (в пределах участка длиной, равной ***15 диаметрам стыкуемых стержней****) не должно превышать в элементах, арматура которых рассчитывается на выносливость, 25%, в элементах, арматура которых не рассчитывается на выносливость, - 40% общего количества рабочей арматуры в растянутой зоне сечения.*
Однако данное требование относится к мостам и трубам. В других СП требований нет.

Автор рекомендует все же делать разбежку по сварным соединениям. В густоармированных конструкциях.

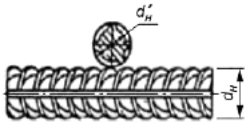
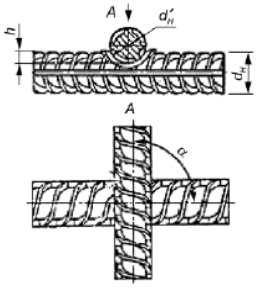
Таблица Б.1 – Оценка эксплуатационных качеств сварных соединений при статической нагрузке (Таблица А.1 ГОСТ 14098-2014).

Обозначение соединения	Температура эксплуатации (изготовления), °С	Арматурная сталь, класс, диаметр, мм											
		А240	А400С			Ап600С, А800С	А1000С	А500С			А600С		
		До 32	До 18	До 28	До 40	До 32	До 22	До 20	До 32	До 40	До 20	До 32	До 40
К1-Кт	Выше 0	5	5	5	4	НД	НД	5			5		
	До минус 30			4									
	До минус 40		4		3						4		
	До минус 55		3					4					
С14-Мп, С15-Рс, С17-Мп, С19-Рм	Выше 0	5	ТН	5	4	НД	НД	ТН	5		ТН	5	
	До минус 30			4	3								
	До минус 40								4			4	
	До минус 55			3					3			3	
С21-Рн, С21-Мн	Выше 0	5	5		4	4	4	5			5		
	До минус 30						3						
	До минус 40		4		3	3		4			4		
	До минус 55		3			НД	НД						
С23-Рэ, С23-Мэ	Выше 0	5[2]	5[2]	НД		4[2]	4	5[2]		НД	5[2]		НД
	До минус 30												
	До минус 40	4[2]	4[2]			3[2]	3	4[2]			4[2]		
	До минус 55		3[2]			НД	НД	3[2]			3[2]		
Т12-Рэ	Выше 0	5	5			НД	НД	5			–[5]		
	До минус 30		4										
	До минус 40	4	3					4		4			
	До минус 55									НД			

1) Для соединений с нормированной прочностью.
2) Диаметром до 25 мм включительно.
3) Диаметром до 32 мм включительно.
4) Диаметром до 16 мм включительно.
5) Соединения Т11-Мз и Т12-Рз арматуры класса А600С допускается применять как арматуры класса А500С в соответствии с 5.6.
6) Эксплуатационные качества крестообразных соединений проволочной арматуры класса Вр500 (Вр-1) приложением А не регламентируются в связи с отсутствием требований к химическому составу стали. Требования к качеству таких соединений приведены в ГОСТ 10922.
7) Арматуру класса Ас500С по техническим условиям допускается применять до температуры минус 70°С включительно.
8) Буквы НД и ТН обозначают, что соединения к применению не допускаются или соединения технологически невыполнимы соответственно.

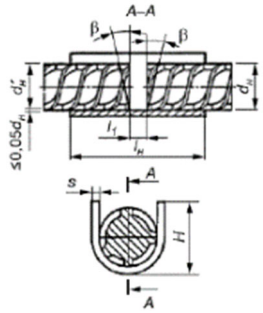
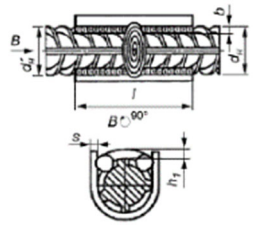
Сварные соединения арматуры между собой

К1-Кm

Соединение арматуры		Класс арматуры	$d_н$, мм	Величина $h/d'_н$, обеспечивающая прочность не менее требуемой ГОСТ 10922 для соединений с отношением диаметров $d'_н/d_н$				Минимальная величина $h/d'_н$, обеспечивающая ненормируемую прочность	α
до сварки	после сварки			1,00	0,50	0,33	0,25		
		Вр-1 (В500)	3–12	0,35–0,50	0,28–0,45	0,24–0,40	0,22–0,35	0,17	30°–90°
		В500С	4–12						
		А240	5,5–40	0,25–0,50	0,21–0,45	0,18–0,40	0,16–0,35	0,12	
		А400С	6–40	0,40–0,80	0,35–0,70	0,30–0,62	0,28–0,55	0,20	
		А500С	6–40	0,40–0,60	0,35–0,50	0,30–0,46	0,28–0,42		
		А600С	10–40						

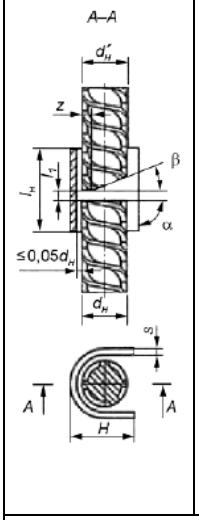
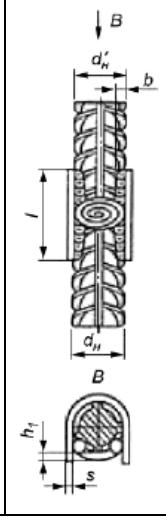
Примечание – Значения $d'_н/d_н$, не совпадающие с приведенными, следует округлять до ближайшего значения, указанного в настоящей таблице.

С14-Mn, С15-Рс (в основном в сейсмических районах по п.6.8.5.СП 14.133330.2018)

Соединение арматуры		Класс арматуры	$d_н$, мм	$d'_н/d_н$	l_1, мм	β	$l_н = l$, мм	b, мм	H, мм	h_1, мм
до сварки	после сварки									
		А240	20–40	0,5–1,0	10–20	8°–10°	$\geq 3d_н + l_1$	$\binom{0,35\ldots}{0,40} d_н$	$\leq 1,2d_н + s$	$\leq 0,05d_н$
		А400								
		Am500	20–32				$\geq 4d_н + l_1$			
		А500С	20–40							
		А600С								

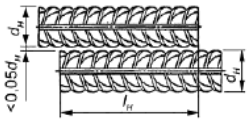
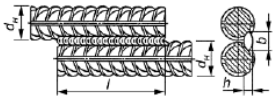
Примечание – Для $d_н = 20 - 25$мм $s = 6$мм, для $d_н = 28 - 40$мм $s = 8$мм.

С17-Мп и С19-Рм (в основном в сейсмических районах по п.6.8.5.СП 14.133330.2018)

Соединение арматуры		Класс арматуры	$d_н$, мм	$d'_н/d_н$	l_1, мм	$\alpha \pm 10$	β	z, мм	$l_н = l$, мм	b, мм	H, мм	h_1, мм
до сварки	после сварки											
		А240	20–40	0,5–1,0	6–8	90°	30°–40°	$\leq 0,15d_н$	$\geq 3d_н + l_1$	$\begin{pmatrix}0,35 \dots \\ 0,40\end{pmatrix} d_н$	$\leq 1,2d_н + s$	$\leq 0,05d_н$
		А400С							$\geq 4d_н + l_1$			
		А500С										
		А600С										

Примечание – Для $d_н = 20-25$мм $s = 6$мм, для $d_н = 28-40$мм $s = 8$мм.

С23-Рэ, С23-Мэ

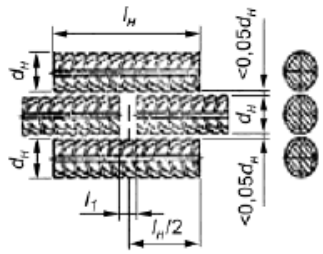
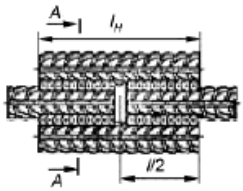
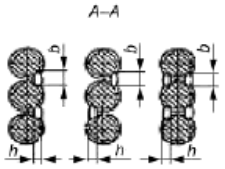
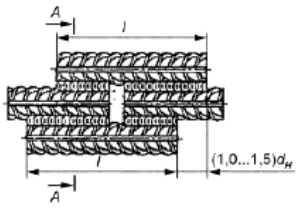
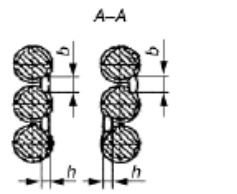
Соединение арматуры		Класс арматуры	$d_н$, мм	$l_н = l$, мм	b, мм	h, мм
до сварки	после сварки					
		А240	10–25	$\geq 6d_н$	$\geq 0,5d_н$, но > 8	$\geq 0,25d_н$, но ≥ 4
		А400		$\geq 8d_н$		
		А500С	10–25	$\geq 8d_н$		
		А600С		$\geq 10d_н$		
		В500С	10–12	$\geq 8d_н$		

Примечания

1 Допускается применение соединений стержней при любом сочетании их диаметров в пределах, указанных в настоящей таблице, при этом размеры l, b, h [illegible], в соединении стержней принимают по меньшему диаметру.

2 Допускаются двусторонние швы длиной $4\,d_н$ для соединений арматуры класса А240.

С21-Рн, С21-Мн

Соединение арматуры		Класс арматуры	$d_н$, мм	$l_н = l$, мм	l_1,, мм	b, мм	h, мм
до сварки	после сварки						
 То же, но накладки смещены	Без смещения накладок    	A240	10–40	$\geq 6d_н$	$\geq 0,5d_н$, но > 10	$\geq 0,5d_н$, но > 8	$\geq 0,25d_н$, но > 4
		A400		$\geq 8d_н$			
		A600	10–32	$\geq 10d_н$			
		A800					
		A1000	10–22				
		A500C	10–40	$\geq 8d_н$			
		A600C		$\geq 10d_н$			
		B500C	10–12	$\geq 8d_н$			

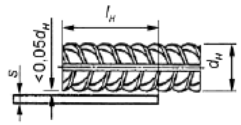
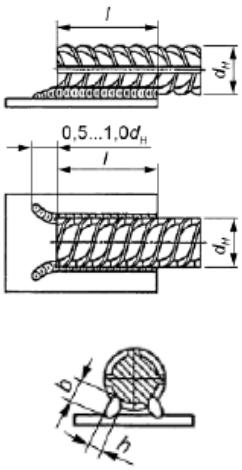
Примечания

1 Соединения арматуры классов Ап600С, А800С, А1000С следует выполнять со смещенными накладками, накладывая швы в шахматном порядке.

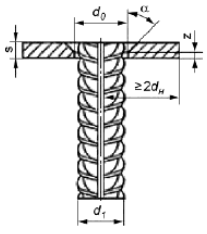
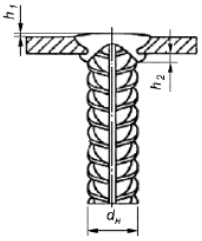
2 Допускаются двусторонние швы длиной $4\,d_н$ для соединений арматуры классов А240, А400С.

Соединения с металлом

Н1-Рш, Н1-Мш

Соединение арматуры с пластиной		Класс арматуры	$d_н$, мм	s, мм	$l_н = l$, мм	b, мм	h, мм
до сварки	после сварки						
		А240	10–32	$\geq 0,3d_н$, но ≥ 4	$\geq 3d_н$	$\geq 0,5d_н$, но ≥ 8	$\geq 0,25d_н$, но ≥ 4
		А400С			$\geq 5d_н$		
		Ап600С	10–32	$\geq 0,4d_н$, но ≥ 5			
		А800С					
		А1000С	10–22				
		А500С	10–32		$\geq 4d_н$		
		А600С			$\geq 5d_н$		
		В500С	10–12		$\geq 4d_н$		

Т12-Рз

Соединение арматуры с пластиной		Класс арматуры	$d_н$, мм	s, мм	$d_0 \pm 2$, мм	z, мм, при		$\alpha \pm 5$	$s/d_н$	h_1, мм	h_2 при $d_н \geq 12 \pm 1$, мм
до сварки	после сварки					$s = 6 \ldots 7$ мм	$s = 8 \ldots 26$ мм				
		А240	8–40	≥6	$d_1 + 2$	1–2	2–3	50°	≥0,50	≥2	4
		А400С							≥0,75		
		А500С	10–40	≥8							
		А600С									
		В500С	8–12	≥6							

Примечания

1 При $d_н \leq 12$ мм допускается выполнять соединения без подварочного шва.

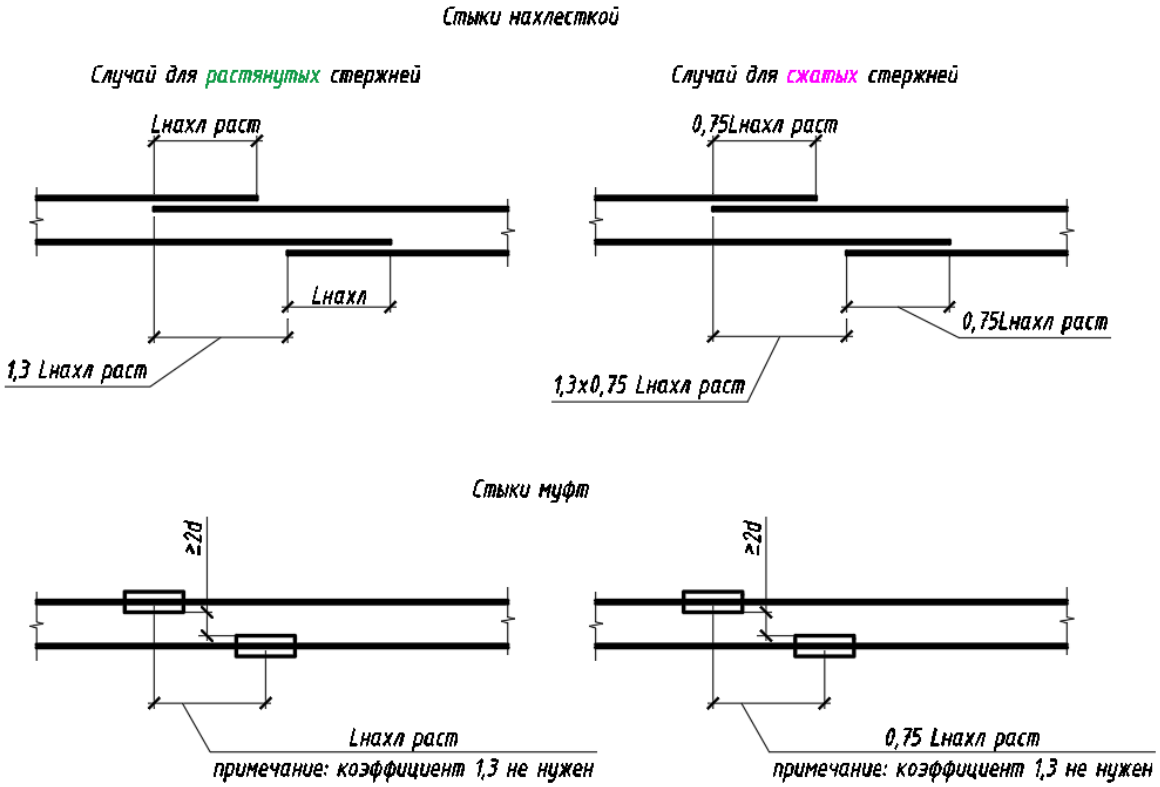
2 При использовании закладных деталей с анкерами из стали класса А600С следует руководствоваться указаниями 5.6.

Приложение В. Муфтовые соединения и изделия

Частые вопросы:

1. Нужна ли разбежка в муфтовых соединениях?

В соответствии с приложением К СП 63.13330.2018:
Разбежка по муфтам требуется, если процент продольного армирования μ_s *больше 3.*



Муфтовые соединения подразделятся на:

- резьбовые и обжимные.

Резьбовые муфты

Резьбовые с цилиндрической и конической резьбой. При проведении заводских испытаний муфты имеют схожие показатели прочности.

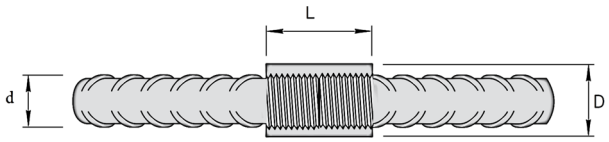
Наиболее часто используют с цилиндрической резьбой, поскольку они прощают некоторые ошибки при производстве работ.

Соединения с цилиндрической резьбой подразделяются на типы А,Б,В,Г

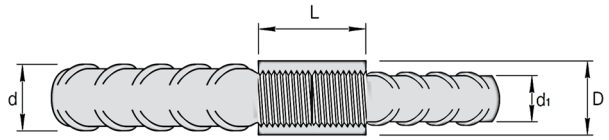
Справочная таблица. Типы резьбовых цилиндрических муфт

Тип А

При возможности вращения одного из стержней. Стержни можно свободно перемещать вверх/вниз/вправо/влево).

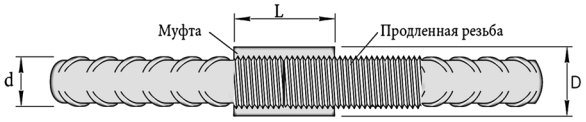


Имеются муфты с переходом с диаметра.

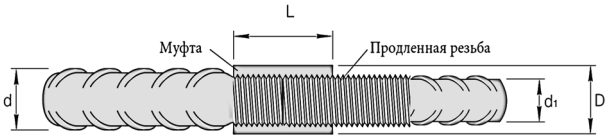


Тип Б

При возможности вращения минимум одного стержня. Стержни нельзя свободно перемещать вверх/вниз/вправо/влево).

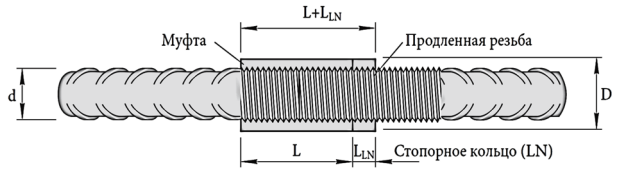


Имеются муфты с переходом с диаметра.

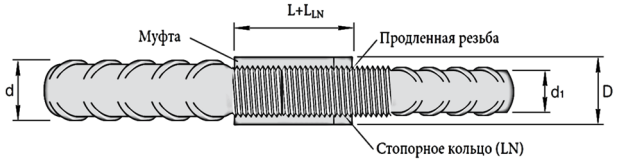


Тип В

При отсутствии возможности вращения обоих стержней.

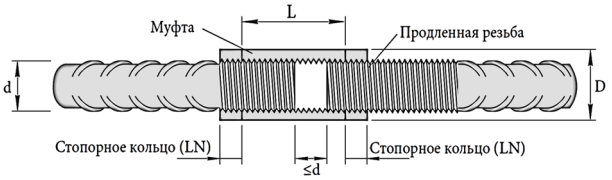


Имеются муфты с переходом с диаметра.



Тип Г

При отсутствии возможности вращения обоих стержней с зазором для регулирования с удлиненной муфтой.



Справочная таблица. Размеры цилиндрических муфт. Тип А. Накатанная резьба.

Диаметр арматуры (мм)	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Внешний диаметр муфты D (мм)	25	30	30	35	40	45	50	55	60
Длина муфты L(мм)	40	45	50	52	54	65	75	85	90

Справочная таблица. Размеры цилиндрических муфт. Тип А. Нарезанная резьба.

Диаметр арматуры (мм)	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Внешний диаметр муфты D (мм)	22	25	30	33	35	36	42	48	55	60	65
Длина муфты L(мм)	28	32	40	44	48	52	60	66	72	84	90

Справочная таблица. Размеры переходных муфт. Тип А. Нарезанная резьба.

Диаметр арматуры (мм)	16-12	20-16	25-16	25-20	28-20	25-22	28-22	28-25
Внешний диаметр муфты D (мм)	22	30	30	35	35	36	36	42
Длина муфты L(мм)	28	40	40	48	48	52	52	60

Диаметр арматуры (мм)	32-25	32-28	36-25	36-28	36-32	40-32	40-36
Внешний диаметр муфты D (мм)	42	48	42	48	55	55	60
Длина муфты L(мм)	60	66	60	66	72	72	84

Справочная таблица. Размеры переходных муфт. Тип А. Накатанная резьба.

Диаметр арматуры (мм)	16-18	18-20	20-22	22-25	25-28	28-32	32-36	36-40
Внешний диаметр муфты D (мм)	30	30	35	38	40	45	50	60
Длина муфты L(мм)	43	47	51	53	59	69	79	87

Справочная таблица. Размеры цилиндрических муфт. Тип В. Нарезанная резьба.

Диаметр арматуры (мм)	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Внешний диаметр муфты D (мм)	22	25	30	33	35	36	42	48	55	60	65
Длина муфты L(мм)	28	32	40	44	48	52	60	66	72	84	90
Длина стопорной муфты L_{LN}(мм)	12	12	13	15	16	17	20	22	24	28	30

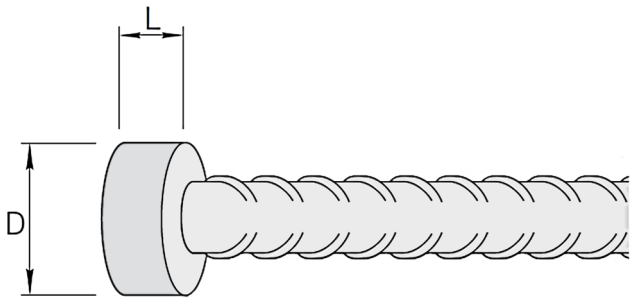
Справочная таблица. Размеры цилиндрических муфт. Тип В. Накатанная резьба.

Диаметр арматуры (мм)	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Внешний диаметр муфты D (мм)	25	30	30	35	40	45	50	55	60
Длина муфты L(мм)	40	45	50	52	54	65	75	85	90
Длина стопорной муфты L_{LN}(мм)	11	12	14	15	17	19	22	25	27

Справочная таблица. Размеры цилиндрических муфт. Тип Г. Нарезанная резьба.

Диаметр арматуры (мм)	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Внешний диаметр муфты D (мм)	22	25	30	33	35	36	42	48	55	60	65
Длина муфты L(мм)	42	48	60	66	72	78	90	99	106	126	135
Длина стопорной муфты L_{LN}(мм)	12	12	13	15	16	17	20	22	24	28	30

Анкерные муфты применяют обычно в случаях, когда не возможно загнуть и заанкерить арматуру.



Справочная таблица. Анкерные муфты. Нарезанная резьба.

Диаметр арматуры (мм)	12	14	16	20	22	25	28	32	36	40
Внешний диаметр муфты D (мм)	40	48	52	65	80	80	90	110	120	135
Длина муфты L(мм)	16	16	20	24	27	30	33	36	42	45

Справочная таблица. Анкерные муфты. Накатанная резьба.

Диаметр арматуры (мм)	16	20	25	28	32	36	40
Внешний диаметр муфты D (мм)	40	45	60	65	75	85	90
Длина муфты L(мм)	20	25	27	33	37	42	45

Затяжка производится с помощью ключа





Диаметр арматуры	Момент затяжки
16	125
20	165
22	200
25	265
28	310
32	350
36	370
40	390

Обжимные муфты

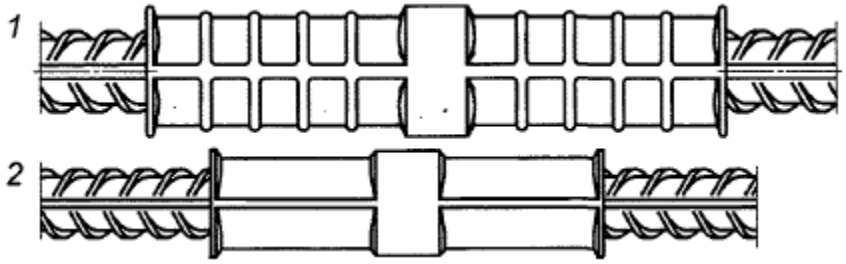


Рисунок. *1* - с промежутками; *2* - без промежутков (рисунок из приложения СП 63.13330.2018).

Большинство муфт прессуются с промежутками на мобильном оборудовании.

Справочная таблица. Размеры муфт из Ст20

Диаметр арматуры (мм)	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Внешний диаметр муфты D (мм)	30	34	36	40	45	50	57	63	70
Длина муфты L(мм)	100±1	108±1	120±1,5	132±1,5	150±1,5	178±1,5	192±2,0	226±2,0	240±2,0
Количество обжатий	6	6	6	6	8	8	10	10	12
Удлинение после опресовки не менее, мм (принимается не менее 8%)	8,0	8,6	9,6	10,6	12,0	14,2	15,4	18,1	19,2

Справочная таблица. Размеры переходных муфт из Ст20

Диаметр арматуры (мм)	18-16	20-18	22-20	25-22	28-25	32-28	36-32	40-36
Внешний диаметр муфты D (мм)	32	36	38	45	48	56	60	70
Длина муфты L(мм)	110±1	120±1,5	125±1,5	140±1,5	160±1,5	180±2,0	205±2,0	240±2,0
Количество обжатий	6	6	7	8	8	9	10	11
Удлинение после опресовки не менее, мм (принимается не менее 8%)	8,8	9,6	10	11,2	12,8	14,4	16,4	19,2

Справочная таблица. Размеры муфт из Ст10 (размеры из СП63.13330.2018)

Диаметр арматуры (мм)	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Внешний диаметр муфты D (мм) ±2мм	28,5	32	35	39	43,5	49	55,5	62	69,5
Длина муфты L(мм)	128	144	160	176	200	224	256	288	320





Рисунок. Оборудование для опрессовки

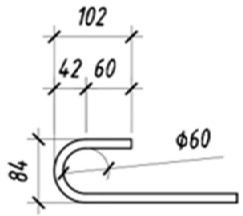
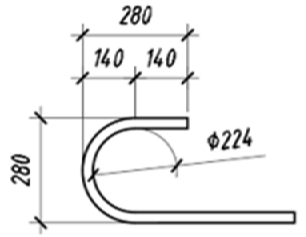
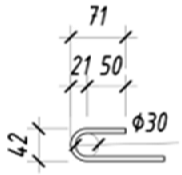
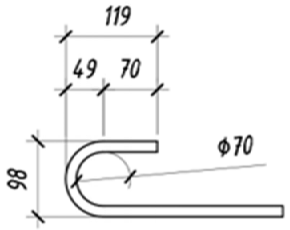
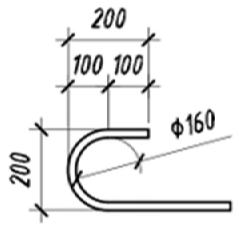
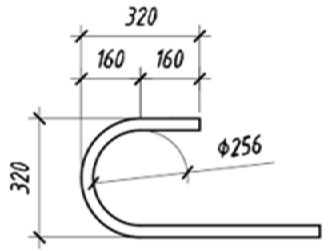
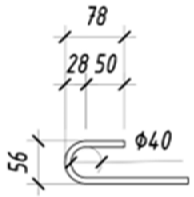
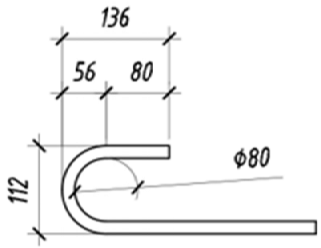
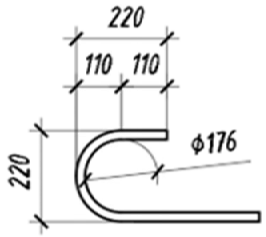
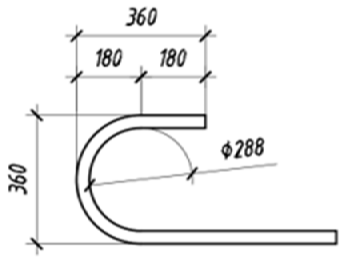
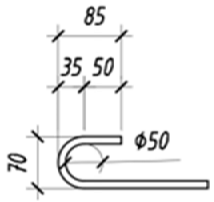
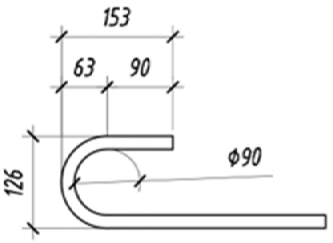
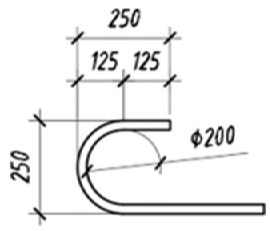
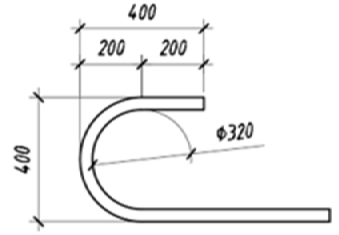
Приложение Г. Площадь арматуры

Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, см² в зависимости от количества стержней арматуры										Масса 1 пог.м, кг
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
3	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,57	0,64	0,71	0,055
4	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,00	1,13	1,26	0,099
5	0,20	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96	0,154
6	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83	0,222
8	0,50	1,00	1,51	2,01	2,51	3,01	3,52	4,02	4,52	5,02	0,395
10	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85	0,617
12	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,78	7,91	9,04	10,17	11,30	0,888
14	1,54	3,08	4,62	6,15	7,69	9,23	10,77	12,31	13,85	15,39	1,208
16	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,09	20,10	1,578
18	2,54	5,09	7,63	10,17	12,72	15,26	17,80	20,35	22,89	25,43	1,998
20	3,14	6,28	9,42	12,56	15,70	18,84	21,98	25,12	28,26	31,40	2,466
22	3,80	7,60	11,40	15,20	19,00	22,80	26,60	30,40	34,19	37,99	2,984
25	4,91	9,81	14,72	19,63	24,53	29,44	34,34	39,25	44,16	49,06	3,853
28	6,15	12,31	18,46	24,62	30,77	36,93	43,08	49,24	55,39	61,54	4,834
32	8,04	16,08	24,12	32,15	40,19	48,23	56,27	64,31	72,35	80,38	6,313
36	10,17	20,35	30,52	40,69	50,87	61,04	71,22	81,39	91,56	101,74	7,990
40	12,56	25,12	37,68	50,24	62,80	75,36	87,92	100,48	113,04	125,60	9,865

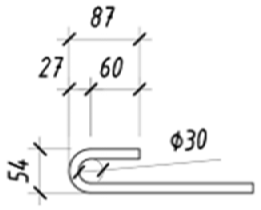
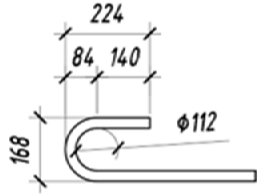
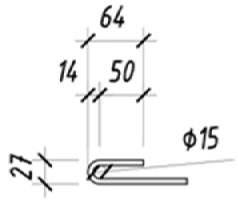
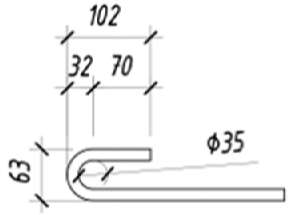
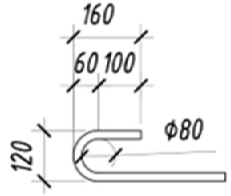
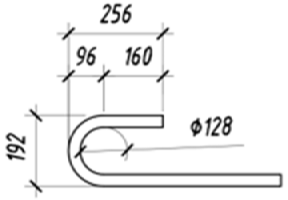
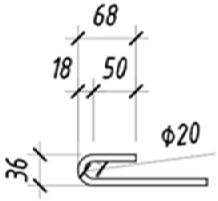
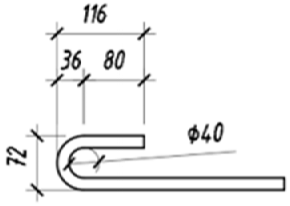
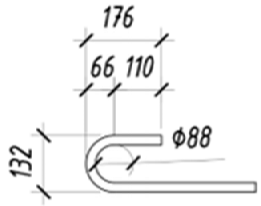
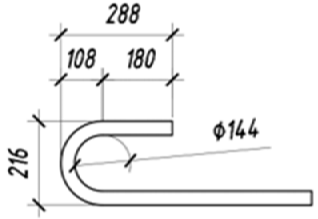
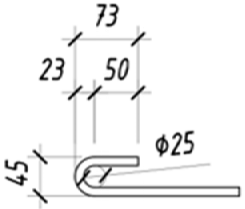
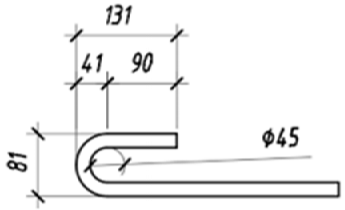
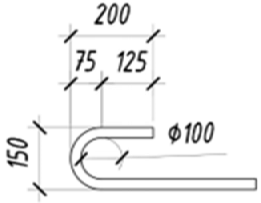
Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, см² в зависимости от шага стержней арматуры, мм													
	50	75	83	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500
3	1,41	0,94	0,85	0,71	0,57	0,47	0,40	0,35	0,28	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14
4	2,51	1,67	1,51	1,26	1,00	0,84	0,72	0,63	0,50	0,42	0,36	0,31	0,28	0,25
5	3,93	2,62	2,36	1,96	1,57	1,31	1,12	0,98	0,79	0,65	0,56	0,49	0,44	0,39
6	5,65	3,77	3,40	2,83	2,26	1,88	1,61	1,41	1,13	0,94	0,81	0,71	0,63	0,57
8	10,05	6,70	6,05	5,02	4,02	3,35	2,87	2,51	2,01	1,67	1,44	1,26	1,12	1,00
10	15,70	10,47	9,46	7,85	6,28	5,23	4,49	3,93	3,14	2,62	2,24	1,96	1,74	1,57
12	22,61	15,07	13,62	11,30	9,04	7,54	6,46	5,65	4,52	3,77	3,23	2,83	2,51	2,26
14	30,77	20,51	18,54	15,39	12,31	10,26	8,79	7,69	6,15	5,13	4,40	3,85	3,42	3,08
16	40,19	26,79	24,21	20,10	16,08	13,40	11,48	10,05	8,04	6,70	5,74	5,02	4,47	4,02
18	50,87	33,91	30,64	25,43	20,35	16,96	14,53	12,72	10,17	8,48	7,27	6,36	5,65	5,09
20	62,80	41,87	37,83	31,40	25,12	20,93	17,94	15,70	12,56	10,47	8,97	7,85	6,98	6,28
22	75,99	50,66	45,78	37,99	30,40	25,33	21,71	19,00	15,20	12,66	10,86	9,50	8,44	7,60
25	98,13	65,42	59,11	49,06	39,25	32,71	28,04	24,53	19,63	16,35	14,02	12,27	10,90	9,81
28	123,09	82,06	74,15	61,54	49,24	41,03	35,17	30,77	24,62	20,51	17,58	15,39	13,68	12,31
32	160,77	107,18	96,85	80,38	64,31	53,59	45,93	40,19	32,15	26,79	22,97	20,10	17,86	16,08
36	203,47	135,65	122,57	101,74	81,39	67,82	58,13	50,87	40,69	33,91	29,07	25,43	22,61	20,35
40	251,20	167,47	151,33	125,60	100,48	83,73	71,77	62,80	50,24	41,87	35,89	31,40	27,91	25,12
	20	13,33	12,05	10	8	6,67	5,71	5	4	3,33	2,86	2,5	2,22	2
	Количество стержней арматуры на 1 пог.м.													

Приложение Д. Минимальная оправка(загиб) арматуры

Арматура периодического профиля (А300, А400, А500, А550, А600, А800, А1000)

$d_{on}=5d_s$ Ø 6 ... Ø 18		Ø 12		$d_{on}=8d_s$ Ø 20 ... Ø 40		Ø 28	
Ø 6		Ø 14		Ø 20		Ø 32	
Ø 8		Ø 16		Ø 22		Ø 36	
Ø 10		Ø 18		Ø 25		Ø 40	

Арматура с гладким профилем (A240)

$d_{on}=2,5d_s$				$d_{on}=4d_s$			
Ø 6 ... Ø 18		Ø 12		Ø 20 ... Ø 40		Ø 28	
Ø 6		Ø 14		Ø 20		Ø 32	
Ø 8		Ø 16		Ø 22		Ø 36	
Ø 10		Ø 18		Ø 25		Ø 40	