

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 10

ДЕТАЛЬНЫЙ РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТНЫХ ПЛИТ И РОСТВЕРКОВ

ISBN 978-5-6054301-0-0

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

ISBN 978-5-6054301-0-0 (ч.10)

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	9
2.2.	Конструктивные требования к бетону	17
3.	Общие положения и возможные ошибки при расчете	18
4.	Продольное армирование фундаментных плит	19
5.	Поперечное армирование фундаментных плит	33
6.	Конструктивное армирование фундаментных плит	52
7.	Максимальное продольное армирование фундаментных плит в зависимости от диаметров и методов стыковки продольной арматуры	53
8.	Жесткие стыки	56
9.	Шарнирные стыки	63
10.	Гидроизоляция	64
11.	Рабочие швы	69
12.	Поддерживающие элементы фундаментных плит	72
	Библиография	81
	Приложение А. Принципы анкеровки и нахлестки	84
	Приложение Б. Сварные соединения	91
	Приложение В. Муфтовые соединения и изделия	97
	Приложение Г. Площадь арматуры	104
	Приложение Д. Минимальная оправка(загиб) арматуры	107

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.

Фундаментная плита – часть здания/сооружения, которая служит для передачи нагрузки от сооружения на основание.

Ростверк – распределительная балка или плита, объединяющая головы свай и перераспределяющая на них нагрузку от вышерасположенных конструкций.

Примечание: Конструктивно фундаментная плита и ростверк ничем не отличаются. В ростверке появляется только узел сопряжения со сваей. Если в справочнике говорится про фундаментную плиту, то имеется ввиду и ростверк тоже.

1. Расчетные подходы

В целом работа фундаментной плиты похожа на работу плиты перекрытия со следующими отличиями:

- Нагрузка для плиты перекрытия действует сверху вниз. Нагрузка на фундаментную плиту действует через отпор грунта снизу вверх.

- Зоны армирования фундаментной плиты зеркальны плите перекрытия, т.е. верхнее армирование фундаментной плиты будет там, где у плиты перекрытия нижнее.

- На плиту перекрытия действуют только нагрузки от одного этажа, а на фундаментную плиту нагрузки от всех этажей (нагрузки собираются в отпор грунта).

Результаты подбора армирования фундаментной плиты зависят от следующих факторов:

1) нагрузки и воздействия, количество этажей.

Зависимость прямая, т.е. чем больше нагрузки на плиты перекрытий и больше количество этажей, тем больше будут усилия в фундаментной плите.

2) шаг вертикальных конструкций

Чем больше шаг вертикальных конструкций тем больше пролет в фундаментной плите и тем больше будут усилия и армирования в ней.

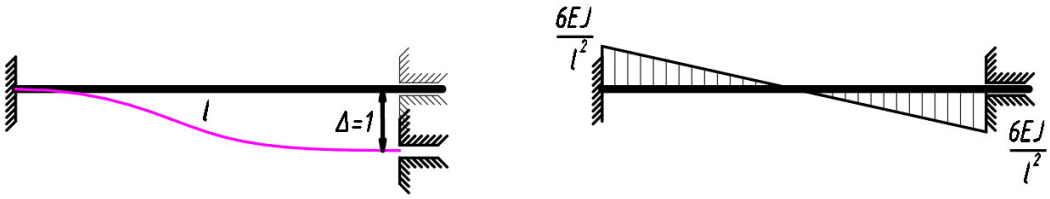
3) абсолютная осадка

Сама **абсолютная величина осадки** никак **не влияет** на распределение усилий. Влияет только то, насколько будет разница осадок между соседними опорами.

4) относительная разница осадок.

Относительная разность осадок перераспределяет моменты с одной части плиты на другую. Т.е. где-то становится меньше, где-то больше.

Наглядно из курса строительной механики это демонстрируется такой картинкой.



Справочная таблица 1. Методики расчета

№ п/п	Описание метода расчета	Рекомендации по применению
1	Расчет по схеме созданной **«единомоментно» с единым** (полностью равномерным) коэффициентом постели/жесткостью свай.	Для зданий до 5 этажей с регулярным расположением конструкций допустимо армировать по данной схеме. Данный подход весьма примерный и позволяет лишь в первой итерации оценить усилия в конструкциях.
2	Расчет в схеме созданной **«единомоментно»** с **неравномерным коэффициентом** постели/жесткостью свай, рассчитанном в ПК ЛИРА-САПР	Применим для зданий с высотой до 100м. До 200м допустимо, но при условии что грунты имеют одинаковые по толщине слои без слабых грунтов(рыхлые пески/мягкопластичные глины). Данный подход не учитывает нелинейное поведение грунта.
3	Расчет я в схеме созданной **«единомоментно»** с неравномерным коэффициентом постели/жесткостью свай, рассчитанном в ПК PLAXIS.	Применим для зданий в до 200м с любыми типами грунтов. При большей высоте большую погрешность будет вносить неправильное перераспределение усилий в конструкциях в силу отсутствия системы **«монтаж».**
4	Расчет в системе **«монтаж».**	Для зданий более 200м высотой.

2.1. Конструктивные требования к армированию и защитным слоям

Процент армирования (по п.10.3.6 СП 63):

$$\mu_s = \frac{A_s}{bh_0}$$

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 процент армирования

№ п/п	Конструкция	Минимальный процент продольного армирования у растянутой грани $\mu_{s,min}$	Максимальный процент армирования
1	**Фундаментная плита (ФП)/ Ростверк**	**0,3%** (п. 5.2.7. СП 430.) Может приниматься не менее 0,15% –разъяснено разработчиком норм АО «НИЦ «Строительство» (но в экспертизе 0,15% это не пройдет, пока не обновят нормы)	**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 фундаментных плит

Толщина Фундаментной плиты, мм	Расчетная высота h_0, см	Вариант 1		Вариант 2	
		Минимальный процент армирования $\mu_{s,min}$ (с учетом разъяснения авторов норм)	Требуемая площадь армирования, см² на 1 пог. м ($b = 100$см) $A_s = \mu_{s,min} bh_0/100$	Минимальный процент армирования $\mu_{s,min}$ (строго по нормам)	Требуемая площадь армирования, см² на 1 пог. м ($b = 100$см) $A_s = \mu_{s,min} bh_0/100$
300	25	0,15	**3,75**	0,3	**7,5**
350	30	0,15	**4,5**	0,3	**9**
400	35	0,15	**5,25**	0,3	**10,5**
450	40	0,15	**6**	0,3	**12**
500	45	0,15	**6,75**	0,3	**13,5**
550	50	0,15	**7,5**	0,3	**15**
600	550	0,15	**8,25**	0,3	**16,5**
700	650	0,15	**9,75**	0,3	**19,5**
800	750	0,15	**11,25**	0,3	**22,5**
900	850	0,15	**12,75**	0,3	**25,5**
1000	950	0,15	**14,25**	0,3	**28,5**
1100	1050	0,15	**15,75**	0,3	**31,5**
1200	1150	0,15	**17,25**	0,3	**34,5**
1300	1220	0,15	**18,3**	0,3	**36,6**
1400	1320	0,15	**19,8**	0,3	**39,6**
1500	1420	0,15	**21,3**	0,3	**42,6**
1600	1500	0,15	**22,5**	0,3	**45,0**
1800	1700	0,15	**25,5**	0,3	**51,0**
2000	1900	0,15	**28,5**	0,3	**57,0**

Справочная таблица 4. Минимальные диаметры арматуры.

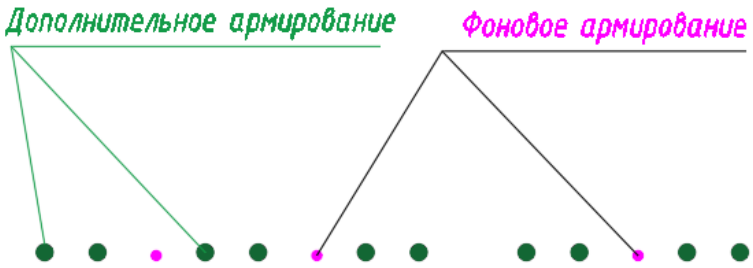
№ п/п	Конструкция	Минимально возможные диаметры для КС-2 (нормальный уровень ответственности)	Минимально возможные диаметры для КС-3 (повышенный уровень ответственности)
1	**Фундаментная плита (ФП)**	Продольная: не менее **12**мм (меньшего автор не встречал) не менее **16**мм (р.з.А.)	По аналогии с КС-2
		Поперечная: не менее **10**мм (р.з.А.)	По аналогии с КС-2

Справочная таблица 5. Шаг арматуры

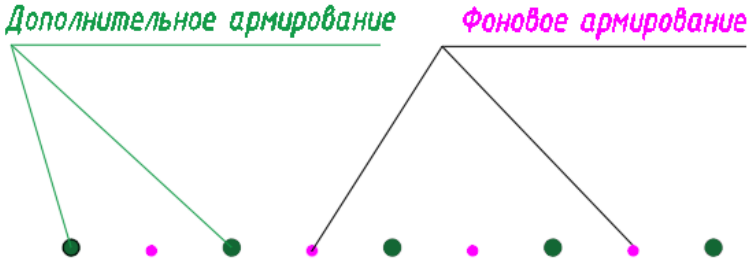
№ п/п	Конструкция	Минимальный	Максимальный	Классический шаг
1	**Фундаментная плита (ФП) / Ростверк**	**Нижняя продольная:** **Не менее 25** мм в свету, расположенной в один или два ряда (п. 10.3.5 СП 63) **Не менее 50** мм в свету, расположенной более чем в два ряда (п. 10.3.5 СП 63) **Верхняя продольная:** **Не менее 30** мм в свету (п. 10.3.5 СП 63). **Только для фундаментных плит высотой 1000 мм и более:** **Не менее** $2{,}5d$ продольной арматуры по горизонтали в свету. **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:** **Не более** $\mathbf{1{,}5h}$ и **400**мм (п. 10.3.8 СП 63) h – толщина плиты	Фоновая арматура + дополнительная арматура **200+200** **250+250** **300+300** **300+150**
		Поперечная: В зоне продавливания по рисунку 8.13 СП 63. **Не менее 50мм в свету** (п. 10.3.4) От автора: множество объектов спроектировано с расстоянием в свету менее 50мм, что допустимо при надлежащей укладке бетонной смеси	**Поперечная:** В зоне продавливания по рисунку 8.13 СП 63. В зоне поперечной силы (при сплошном опирании стен): не более $\mathbf{h_0/2}$ и не более **300**мм	В зоне продавливания поперечная: $\mathbf{h_0/3}$ **и менее** В зоне поперечной силы $\mathbf{h_0/2}$, **но не более 300мм.**

Случаи установки дополнительного армирования

Случай установки дополнительного армирования 2 дополнительных через 1 фоновый

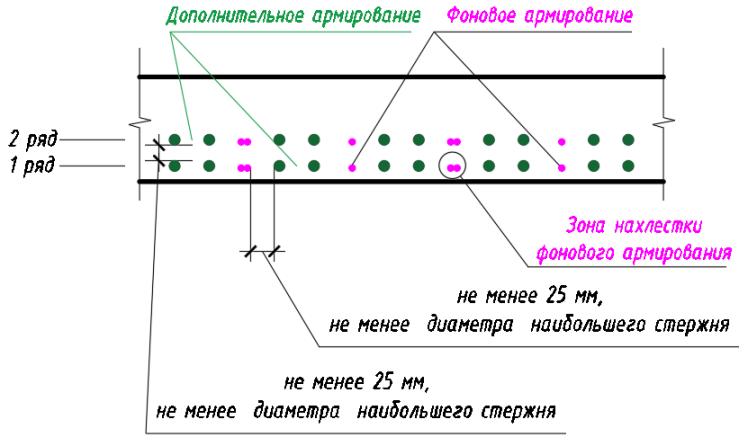


Случай установки дополнительного армирования 1 дополнительный через 1 фоновый

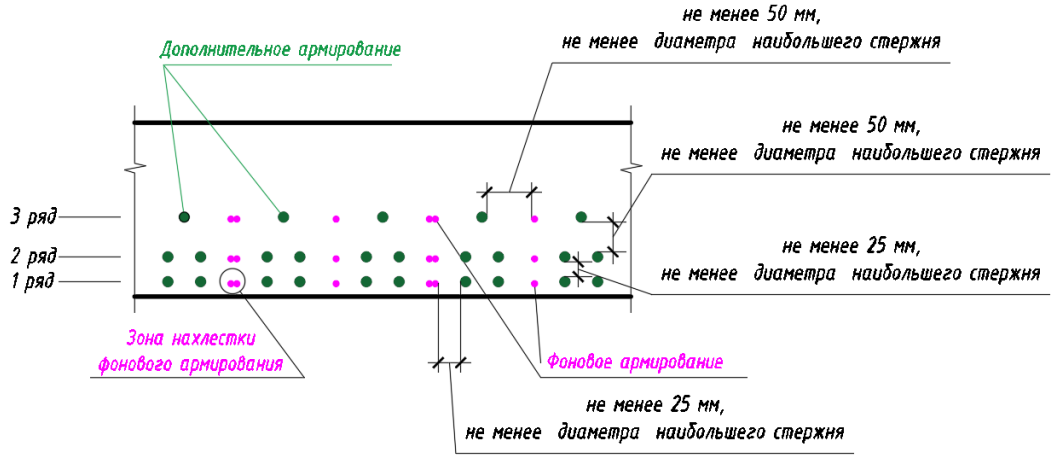


Расстояние между стержнями продольной арматуры. Для фундаментных плит высотой до 1000мм.

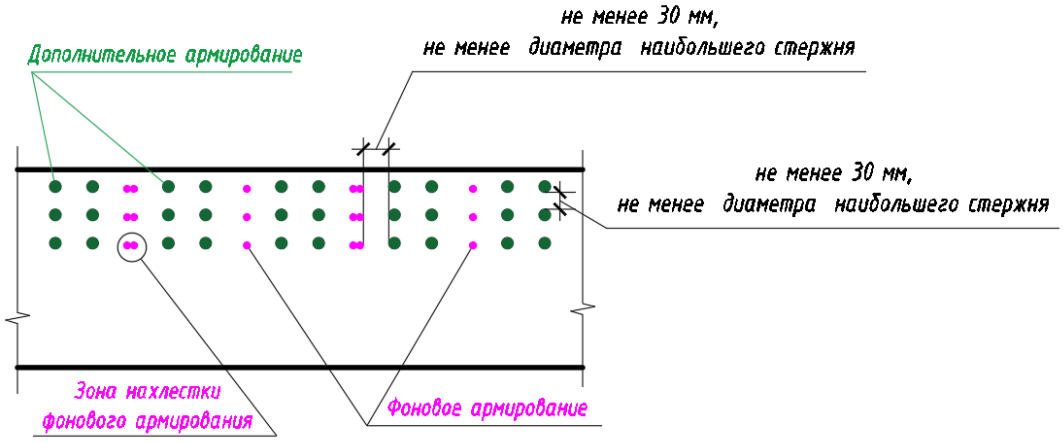
Нижняя грань.
Один или два ряда армирования



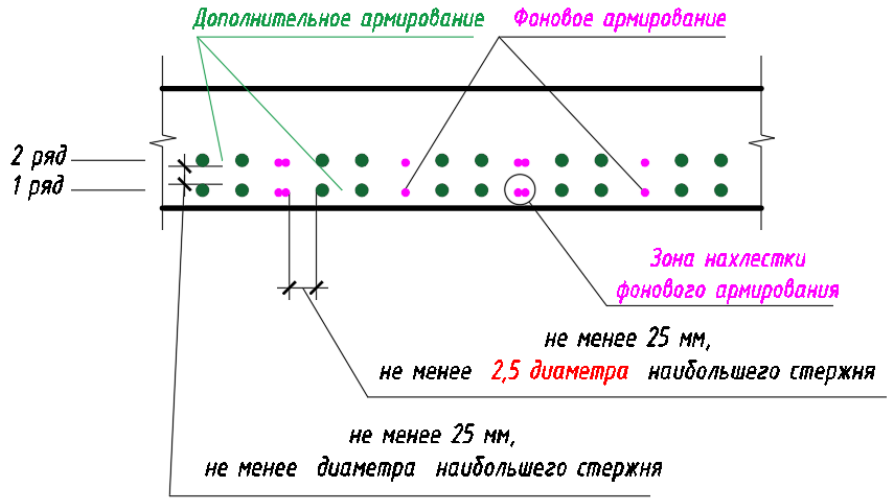
Нижняя грань.
Три ряда армирования и более

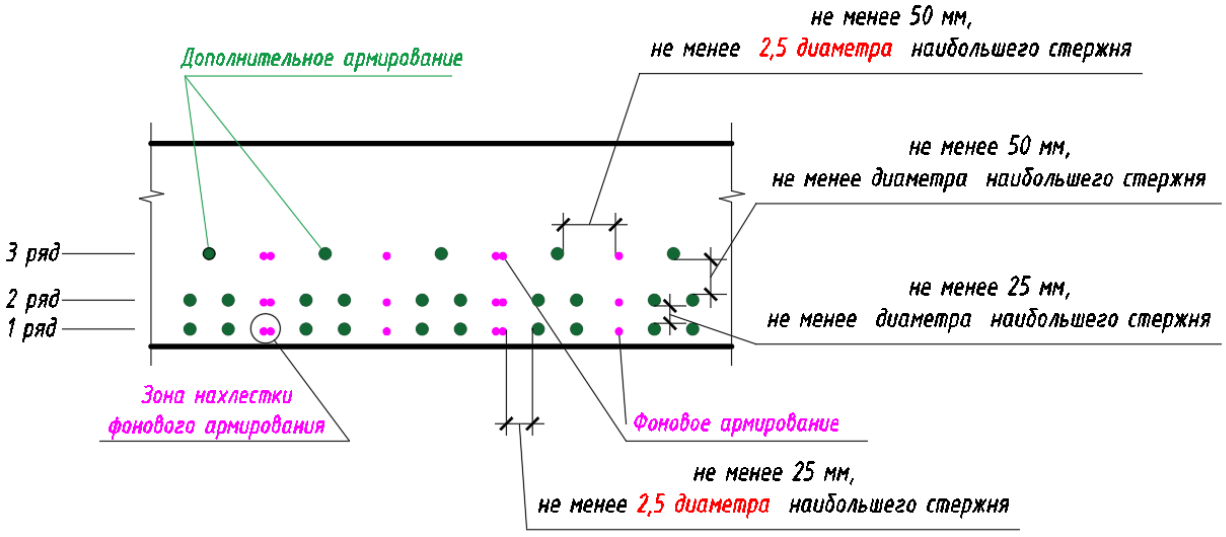


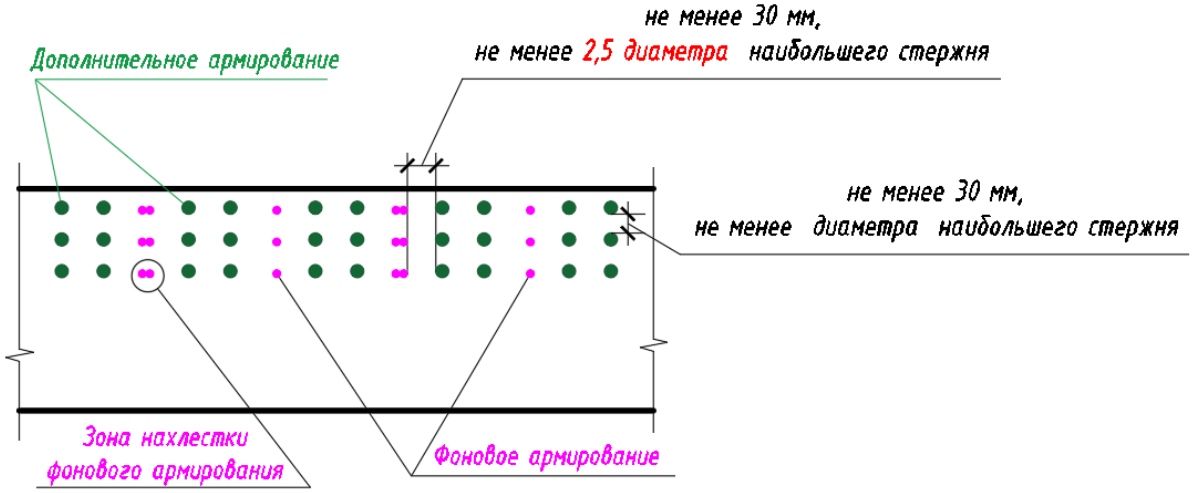
Верняя грань.
Любое количество рядов арматуры



Расстояние между стержнями продольной арматуры. Для фундаментных плит высотой 1000мм и более.



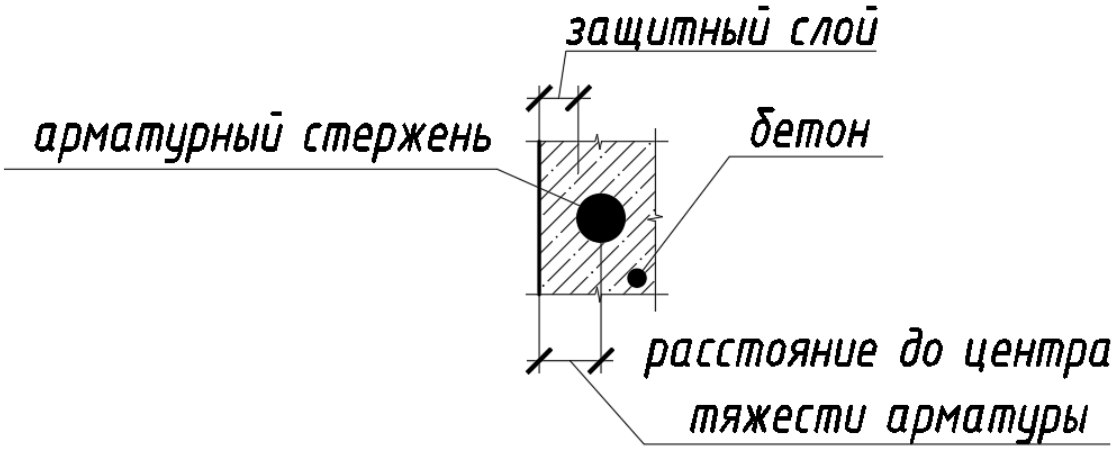




Защитные слои

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.				

Расчет огнестойкости для фундаментной плиты не производится, соответственно требования к габаритам и защитным слоям не предъявляются.

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 9. Минимально возможные значения B,F,W

№ п/п	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
1	Фунда-ментная плита (ФП)	**B20** (п. 5.2.7. СП 430.) **B25** (п. 9.4.8 СП 250) – как первичная* защита от воздействия грунтовых вод	р.з.А. **F150** (Табл. Ж.1. СП 28, табл. 9 СНиП 2.03.01-84) **F200** (п. 9.4.8 СП 250) – как первичная защита от воздействия засоленных грунтовых вод	**W6** (п.5.2.7. СП 430) **W8** (п. 9.3.8 СП 250) – как первичная защита от воздействия грунтовых вод	**B40** (п. 8.1.3.19 СП 267.)	**р.з.А. F200** (Табл. Ж.1. СП 28, табл. 9 СниП 2.03.01-84)	**W8** (п. 8.1.3.19 СП 267.)
2	Бетонная подготовка	**B 7,5** (п.4.25. СП 22, п.8.3. СП 24). р.з.А. для ФП **B12.5** р.з.А. при использовании свайного поля **B20**	р.з.А. **F75** (Табл. Ж.1. СП 28, табл. 9 СНиП 2.03.01-84)	р.з.А **W4**	**B 7,5** (п.4.25. СП 22, п.8.3. СП 24). р.з.А. для ФП **B15** р.з.А. при использовании свайного поля **B30**	р.з.А. **F100** (Табл. Ж.1. СП 28, табл. 9 СНиП 2.03.01-84)	р.з.А **W6**

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.

- моделирование грунтов это всегда очень неопределенный процесс. Различия в результатах могут достигать до 2х раз и это нормально. Для фундаментых плит здания, армирование которых очень зависит от разности осадок, иногда следует армировать по нескольким моделям грунта, например, реализованные в ПК ЛИРА САПР и PLAXIS.

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

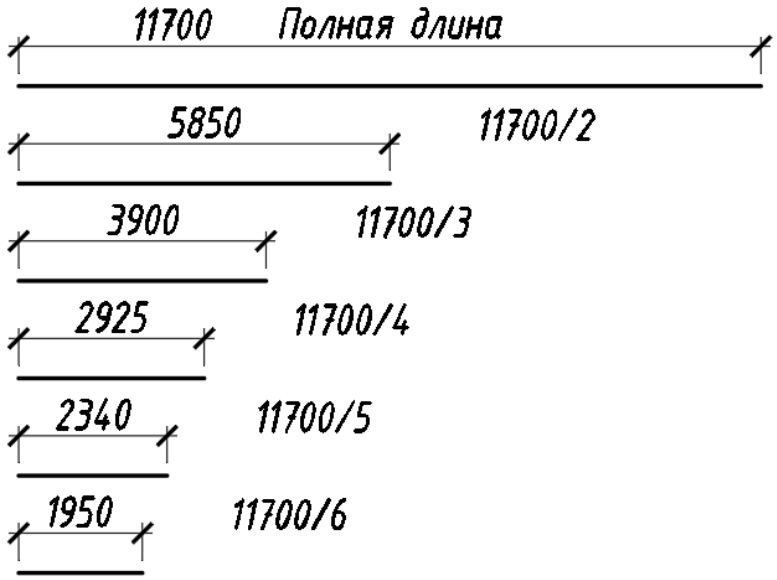
- осадки (а особенно относительные разности осадок) здания не являются точными, отличия расчета от факта могут иметь до 50%.

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 фундаментных плит

Раскладка арматуры по изополям

При конструировании следует учесть, что длина арматурного хлыста равна 11,7м. Соответственно, чтобы минимизировать отрезки нужно его делить на равные части.

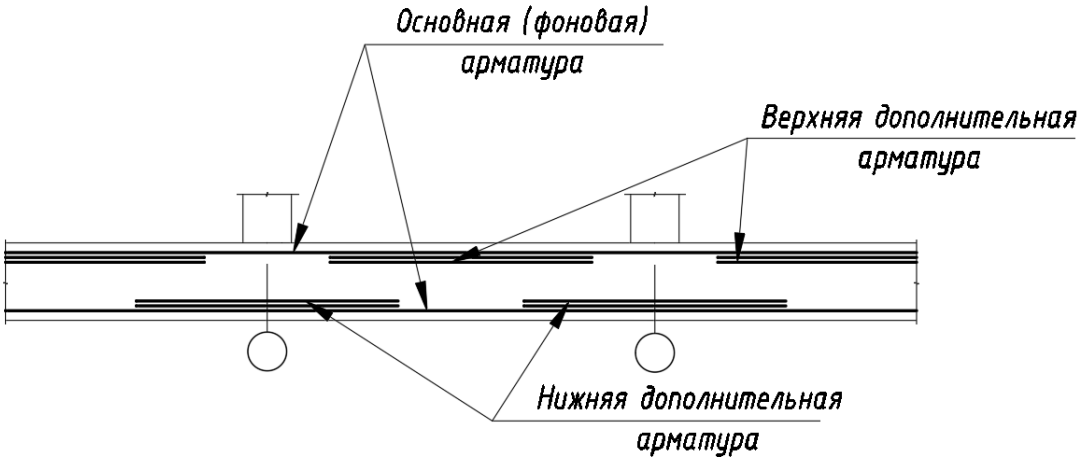


Продольная арматура разделяется на:

- **Фоновую (основную).** Фоновое армирование раскладывается по всей площади плиты, имеет одинаковый диаметр и шаг. Всегда перекрывает минимальный требуемый процент армирования и всегда не менее 12мм для фундаментной плиты.

- **Дополнительную.** Раскладывается там, где фонового армирования не достаточно как дополнительное усиление. Это, как правило, зоны опор и пролета.

В фундаментных плитах устанавливается несколько рядов фоновой и дополнительной арматуры. Иногда устанавливается **5 –10** рядов дополнительного армирования.



Расположение сеток

Сетки верхнего и нижнего армирования располагают таким образом, чтобы максимально эффективно работала арматура.

Изополя продольного армирования

После выполнения расчетов должны быть получены изополя армирования в 4 направлениях.

Обязательно необходимо разделить шкалу на фоновую и дополнительную арматуру. Подробнее см. Часть №6.

Важно понимать, что допустимые расстояния между стержнями арматуры из условий бетонирования (см. выше таблицу Шаг арматуры) будут определять шаги армирования. Например, проверив по конструктивным требованиям расстановку d=36мм при стыковке на муфтах увидеть, что шаг должен быть не менее 145 мм, поэму принимаем шаг 150мм.

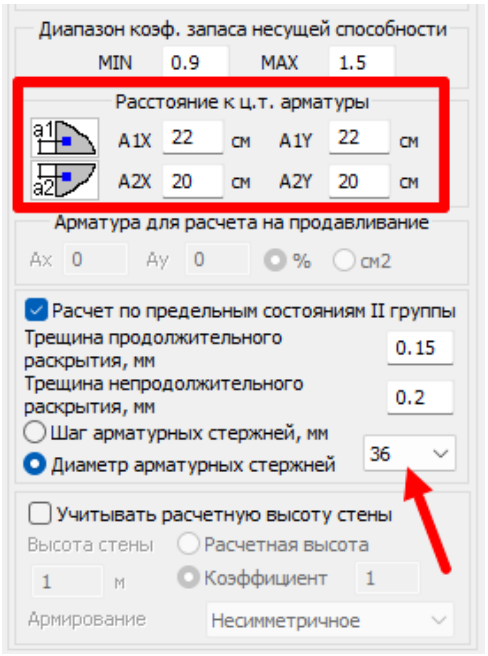
Наиболее правильным алгоритмом подбора армирования толстых фундаментных плитах при многорядном армировании будет следующий:

1. Найти примерное количество слоев армирования первичным расчетом и уточнить диаметр армирования.

2. В параметрах подбора исправить привязку центра тяжести арматуры в зависимости от результатов расчета по п.1.

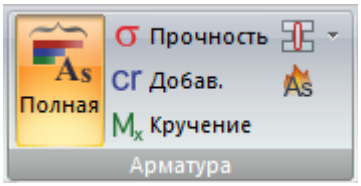
3. Произвести повторные расчеты с уточнением привязок до получения сходимости результата.

4. Выполнить финальные проверки сечения в Лир-арм (ЛИРА-САПР)/ Арбат(SCAD) /Статика(Ing+).

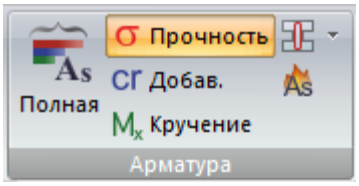


Также необходимо понять, что полная арматура (прочность+ трещиностойкость) при многорядом армировании бывает подобранной завышенно и допустимо на некоторых зонах уменьшить армирование. Понижение производится путем проверки отдельных сечений. Армирования не должно быть меньше, чем в подборе на прочность.

Просмотр полного армирования (прочность+ трещиностойкость)



Просмотр армирования (только прочность)



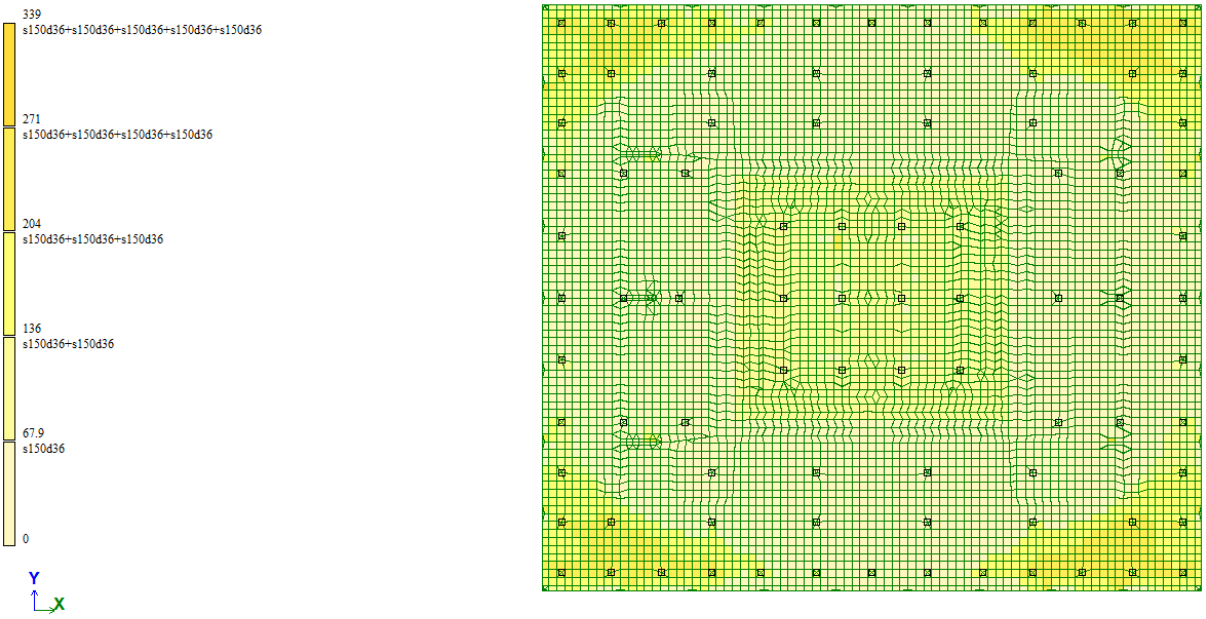


Рисунок. Требуемое верхнее армирование по Y (прочность+ трещиностойкость)

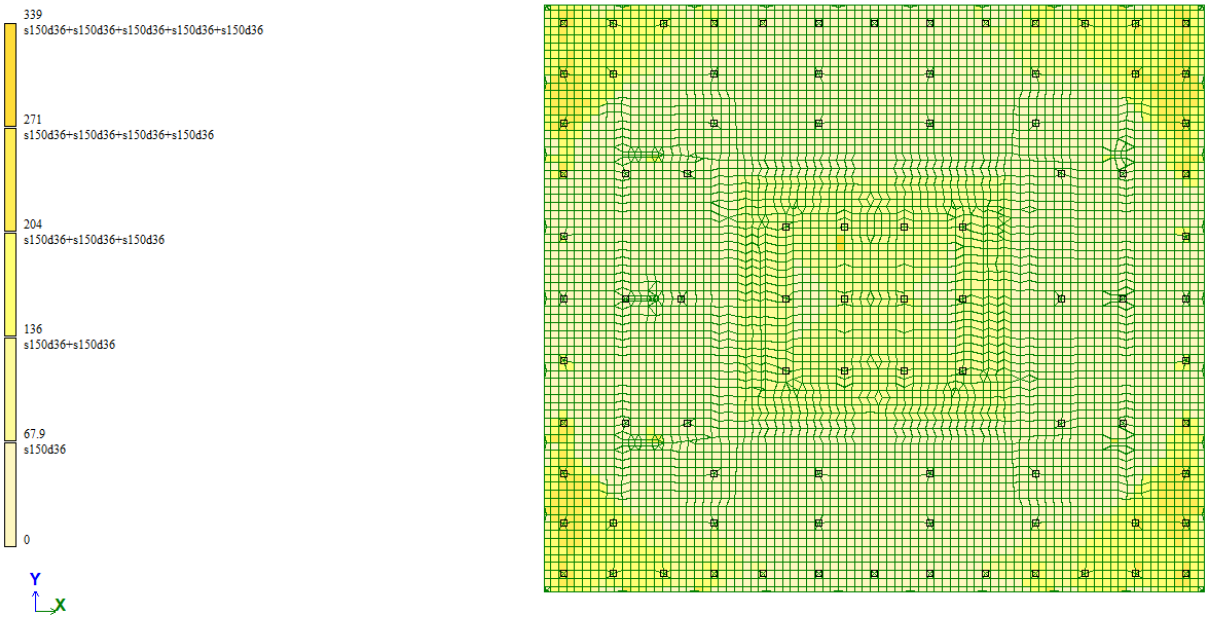


Рисунок. Требуемое верхнее армирование по X (прочность+ трещиностойкость)

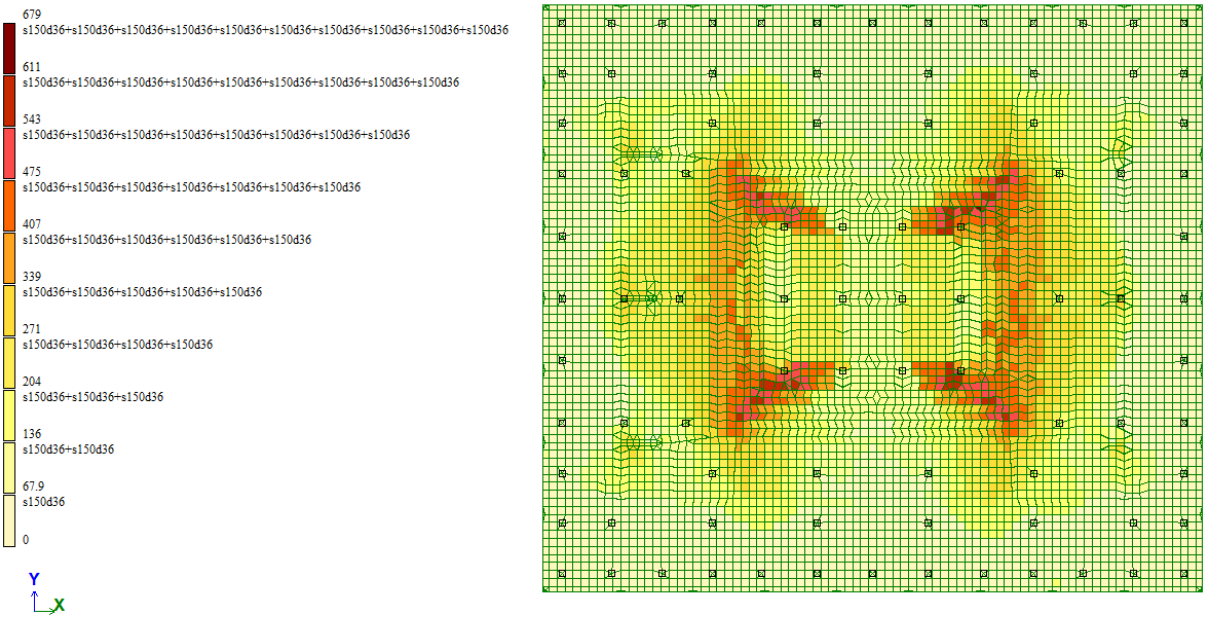


Рисунок. Требуемое нижнее армирование по X (прочность+ трещиностойкость)

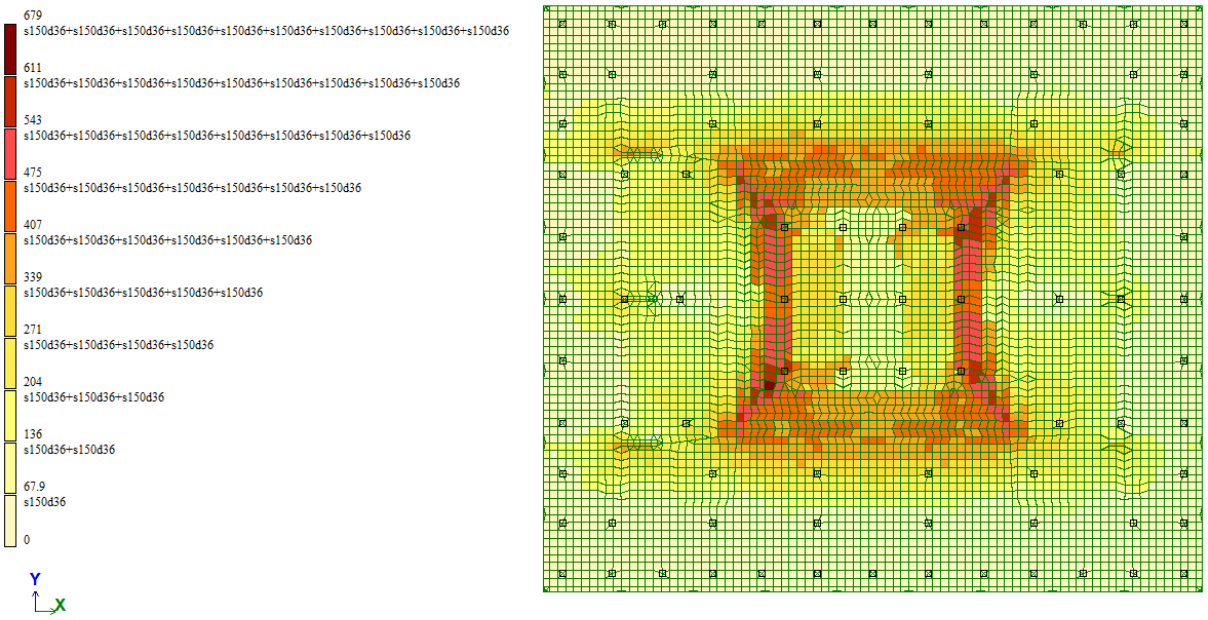


Рисунок. Требуемое нижнее армирование по Y (прочность+ трещиностойкость)

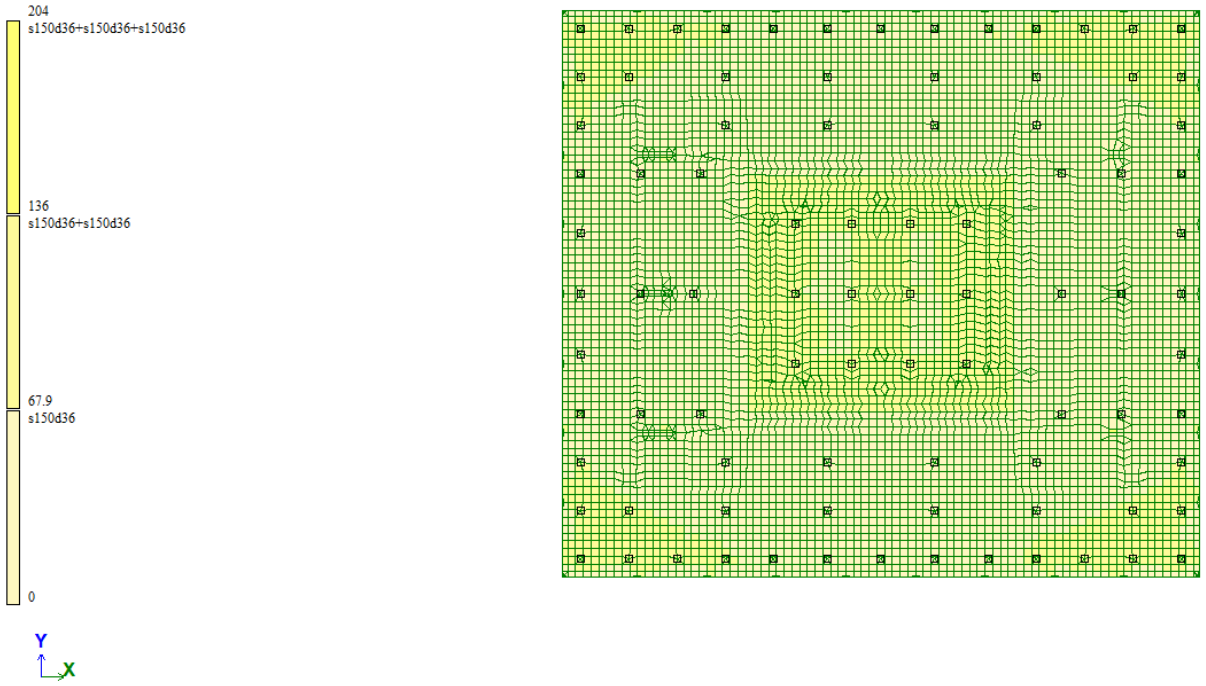


Рисунок. Требуемое верхнее армирование по Y (прочность)

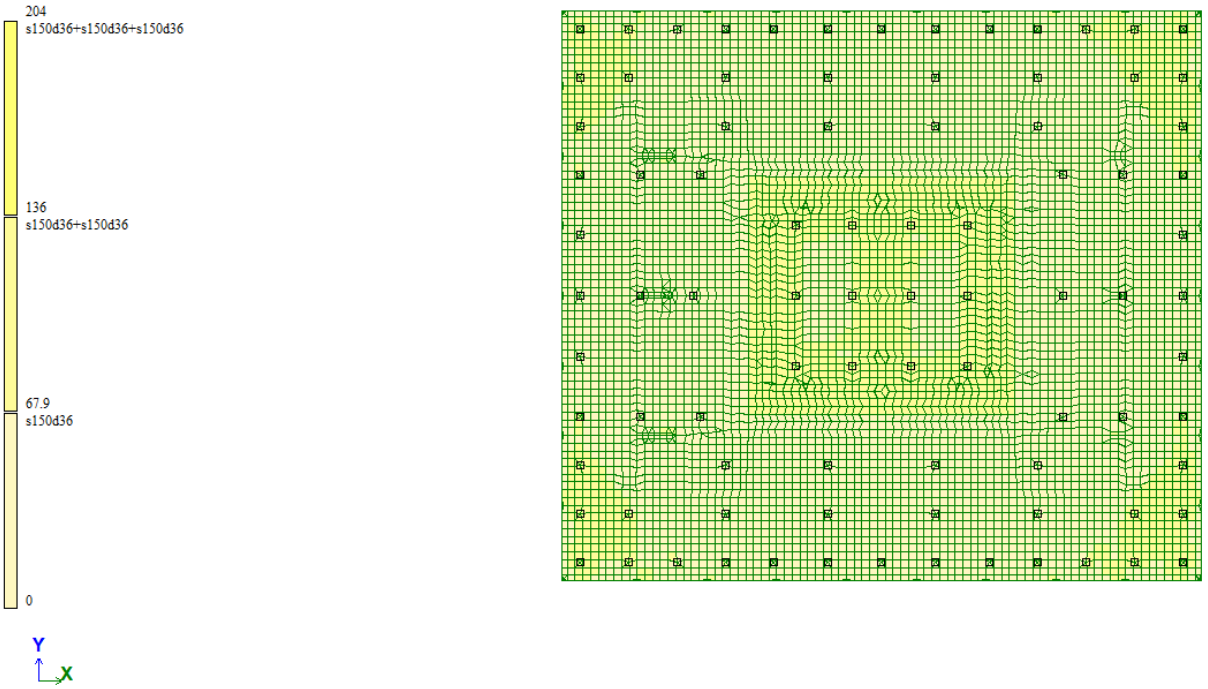


Рисунок. Требуемое верхнее армирование по X (прочность)

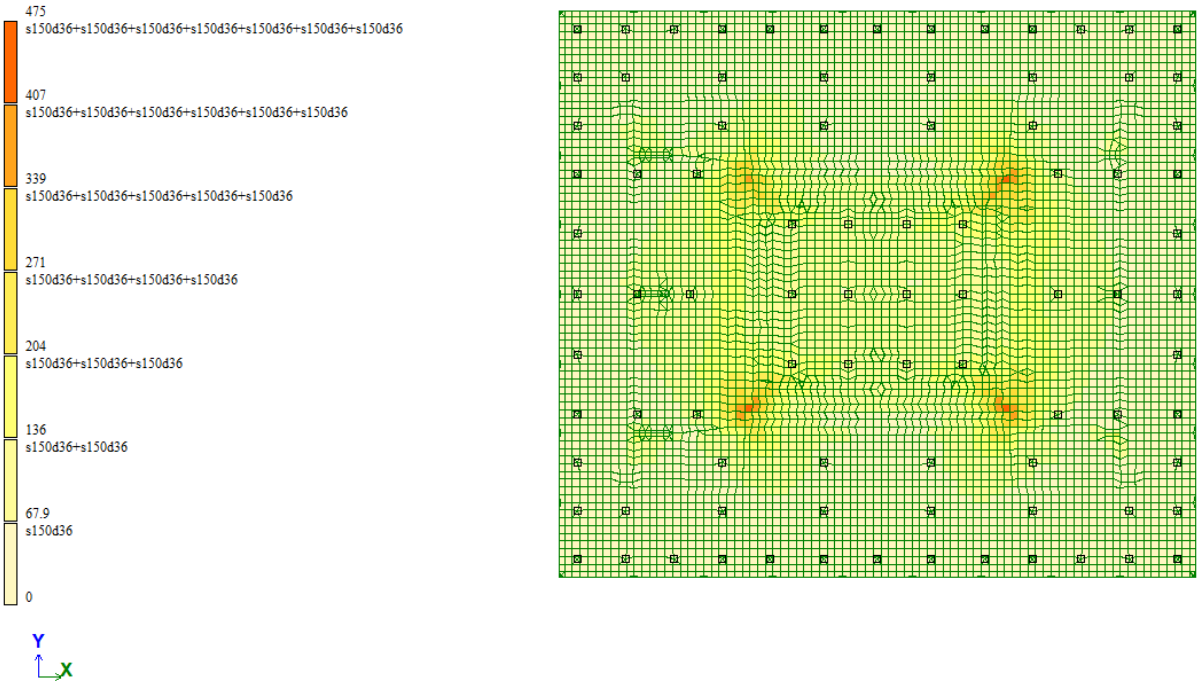


Рисунок. Требуемое нижнее армирование по X (прочность)

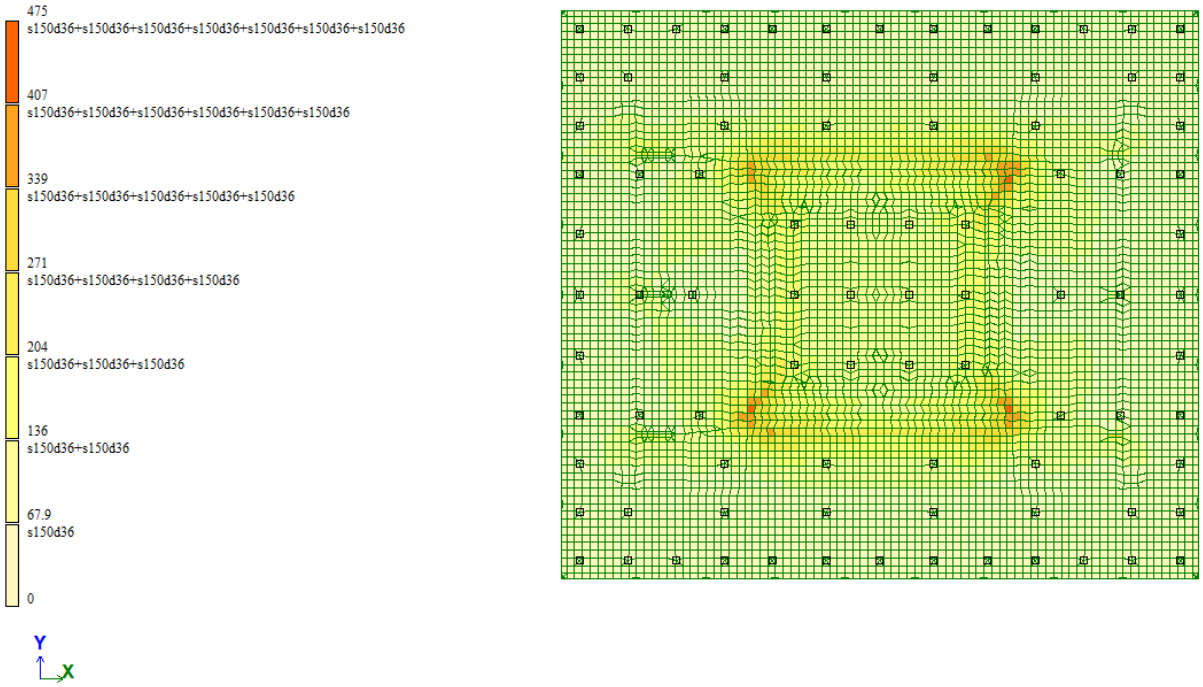


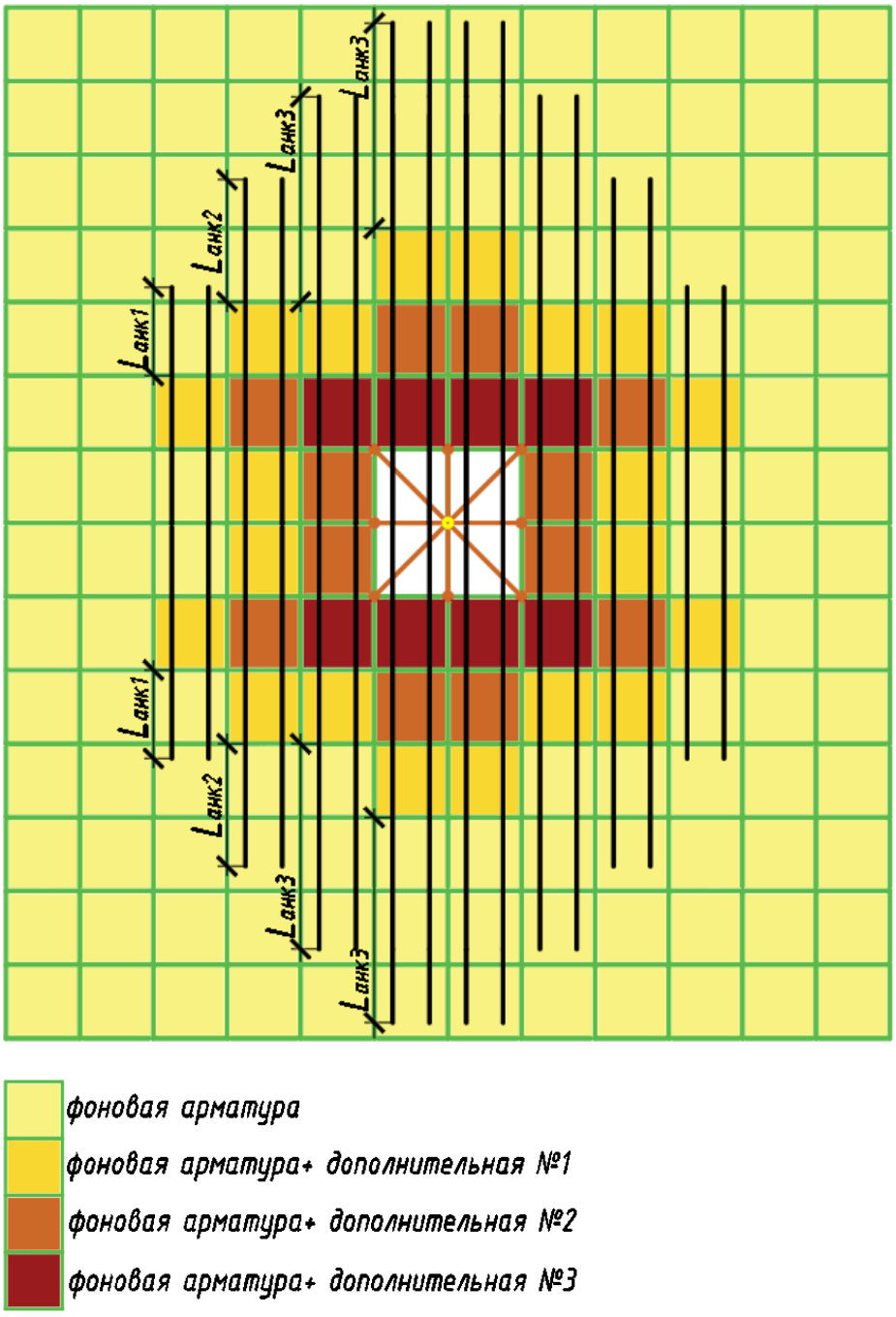
Рисунок. Требуемое нижнее армирование по Y (прочность)

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

Принципы раскладки арматуры

Обычно при моделировании в месте колонны/пилона/стены стоит **АЖТ.** АЖТ моделирует тело колонны колонны/пилона/стены в плите.

Следует особо отметить, что по ростверку не моделируются АЖТ по головам свай, это приводит к существенному некорректному занижению армирования.

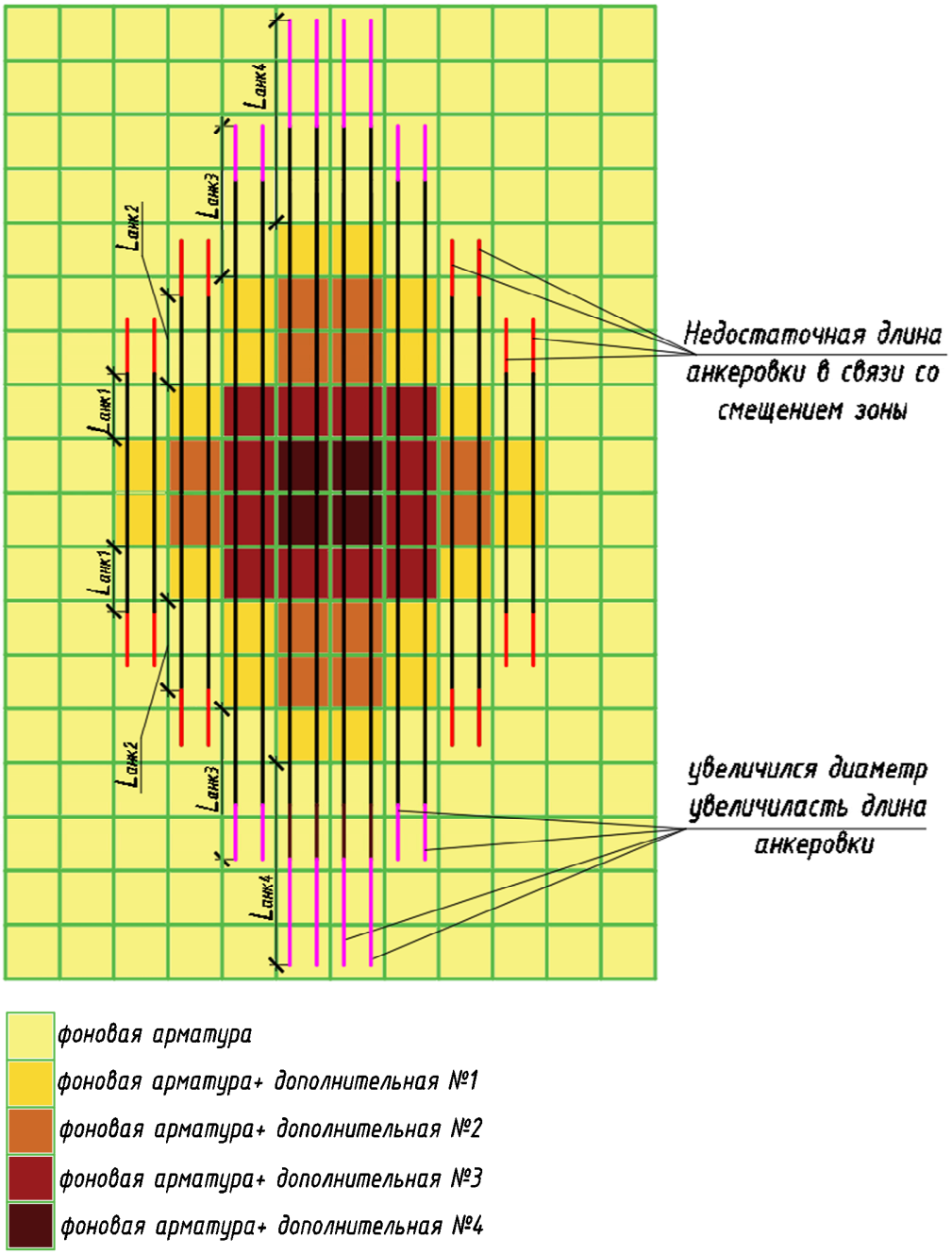


Если НЕ устанавливать АЖТ, то будет наблюдаться следующее:

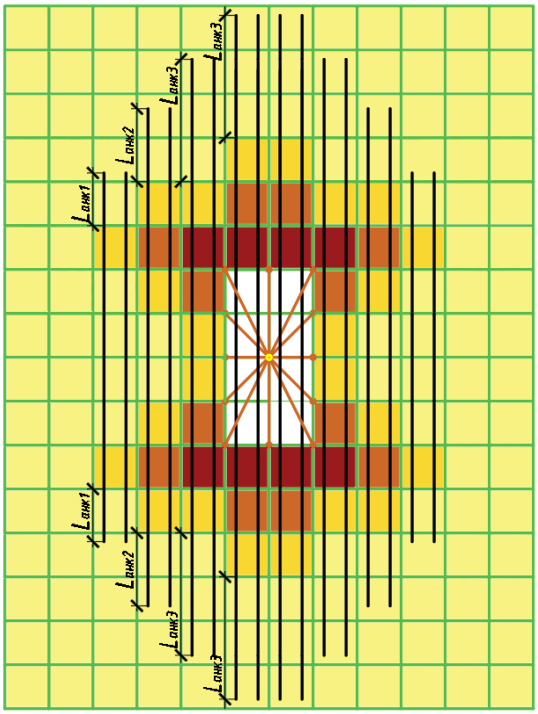
1) будет скачок-увеличение диаметров в зоне опирания на колонну.

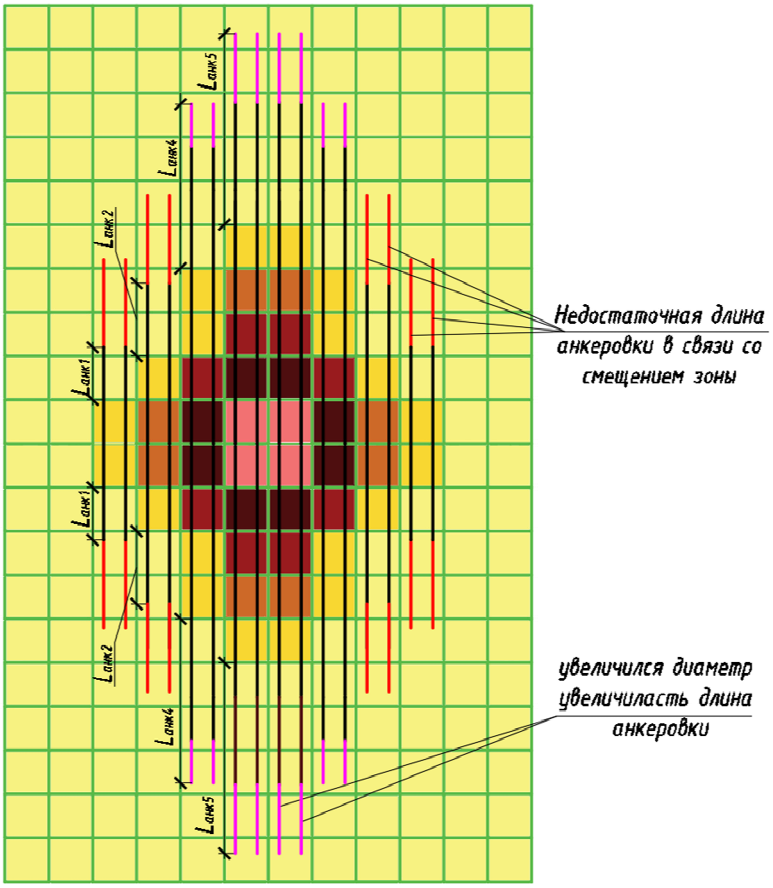
2) зоны сместятся. Зачастую смещение будет не в запас.

Так что рекомендуется при моделировании без АЖТ искусственно увеличивать зоны армирования(как минимум на габариты вертикальной конструкции во все стороны), а пиковые значения при больших диаметрах осреднять на соседние элементы (о том как осреднять написано далее).



В вытянутых сечениях при отсутствии АЖТ возникает довольно большое количество ошибок в подобранном армировании, которые показаны на рисунках ниже.





Всего выполняется 4 чертежа армирования:

-Верхнее армирование по X.

-Верхнее армирование по Y.

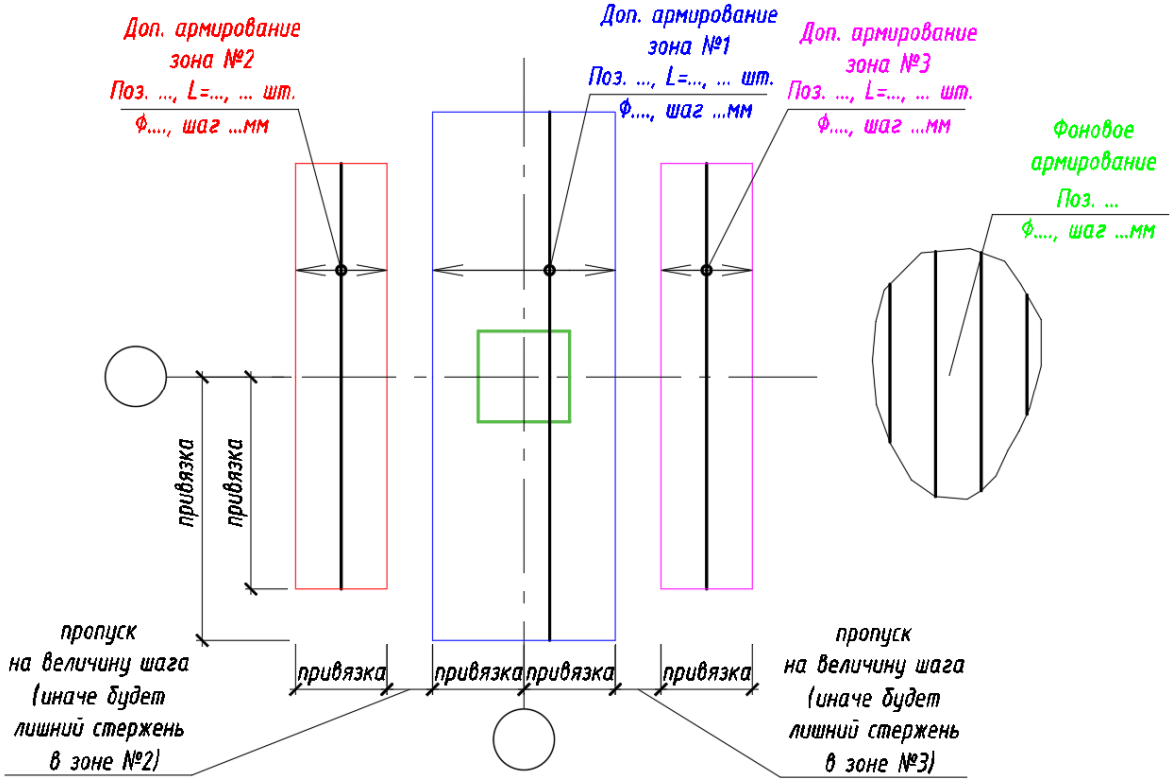
-Нижнее армирование по X.

-Нижнее армирование по Y.

Если выполняется несколько сеток, то необходимо делать чертеж на каждую сетку.

На чертежах в большинстве случаев фоновое(основное) армирование показывается **«облачком»** и отдельно к чертежу дается схема стыковки (нахлест/сварка и величина разбежки). Подробнее о стыковке арматуры см. приложение.

Дополнительное армирование показывается как стержень определенной длины раскладываемый по зоне с привязками к осям.



Поз. – позиция и ее номер по спецификации.

L – длина стержня

Шт. – количество штук на зону

Ø – диаметр арматуры

Шаг – шаг арматуры в мм

Если дополнительных зон немного, то чертежи допустимо объединять отдельно в верхнее, отдельно нижнее.

При подборе часто возникают ситуации аномальных «всплесков» армирования, в основном на опорах, поэтому приходится прибегать к осреднению результатов. Осреднение допустимо делать только в понятных местах (без проемов, без перепадов сечений и т.п.).

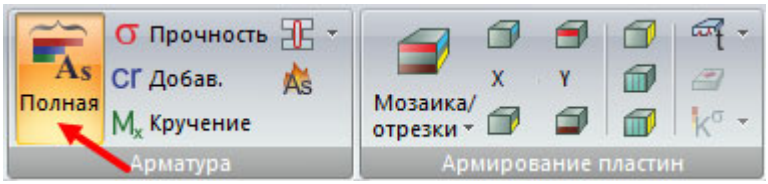
Также необходимо отметить, что арматура подбирается по двум критериям:

прочность и трещиностойкость.

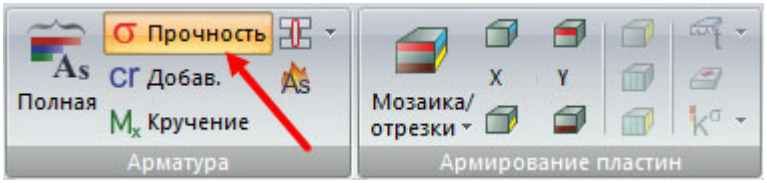
По трещиностойкости можно осреднять без ограничений.

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

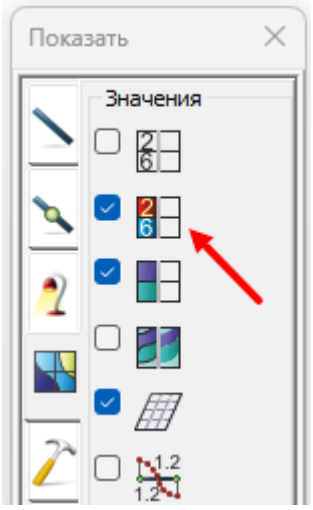
Полная арматура (с учетом трещиностойкости) обычно отображается сразу после расчета.



Переход в просмотр арматуры только по прочности:

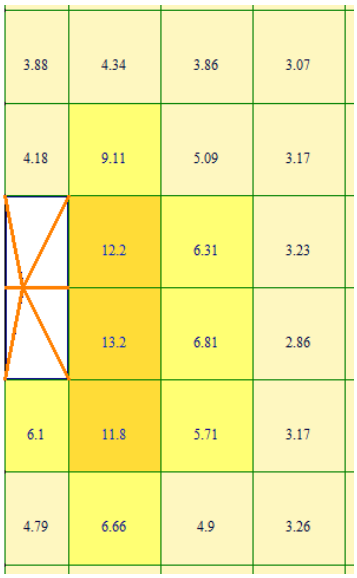


Просмотр численных значений:

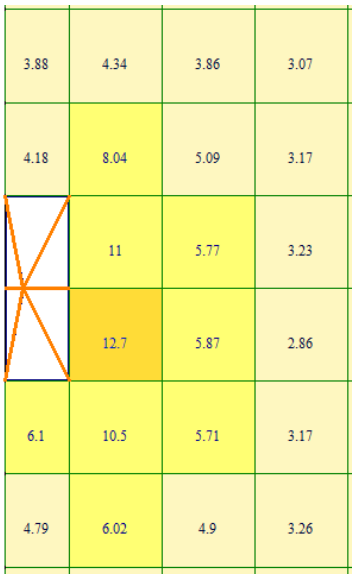


Пример:

Полная арматура (прочность+ трещиностойкость)

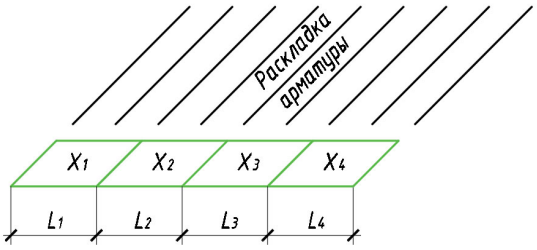


Арматура по прочности



Справочная таблица 10. Способы раскладки продольного армирования

Способ расстановки армирования	Примечания
Без осреднения	
С разделением армирования на подробные зоны по каждому конечному элементу. Каждая зона армируется в точности по изополям.	**Является наиболее экономичным вариантом. Обычно используется при наличии отлаженной расчетной схемы и наличии большого количества времени на проектирование. При выполнении СМР довольно сложно отслеживать все зоны.**
Без разделения армирования на подробные зоны по каждому конечному элементу. Зона армируется по максимальному значению.	**Подход в запас.**
С осреднением	
С осреднением на соседние элементы по принципу **«на соседний элемент».** :	Подход для опытных пользователей. Обычно требуется дополнительная «ручная» проверка. В 90% случаев данный подход показывает свою состоятельность.

Способ расстановки армирования	Примечания
 **Возможно осреднение на элементы по одному из случаев:** $X_{ср} = \frac{X_1 L_1 + X_2 L_2}{L_1 + L_2}$ $X_{ср} = \frac{X_2 L_2 + X_3 L_3}{L_2 + L_3}$ $X_{ср} = \frac{X_3 L_3 + X_4 L_4}{L_3 + L_4}$	
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».
С изменением геометрии 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 АЖТ и 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.

5. Поперечное армирование фундаментных плит

Поперечное армирование в плите устанавливается в следующих зонах:

1. Зоны продавливания Зона продавливания расположена вблизи колонн/торцов и углов стен (все случаи приведены выше). Первично производится проверка на необходимость установки поперечного армирования по механизмам продавливания.

Зоны, где необходимо проверить определяются по изополям поперечного армирования. Где требуется поперечное армирование, там и производится проверка.

2. Центральные зоны опирания стен. Это зоны где не производятся проверки продавливания и поперечное армирование устанавливается по изополям, полученным в программе.

Программа не всегда правильно определяет конструктивные требования по допустимому шагу **не более $h_0/2$ и не более 300мм для зон кроме продавливания и $h_0/3$ для зон продавливания,** поэтому нужно проверять это и при необходимости править вручную шкалу.

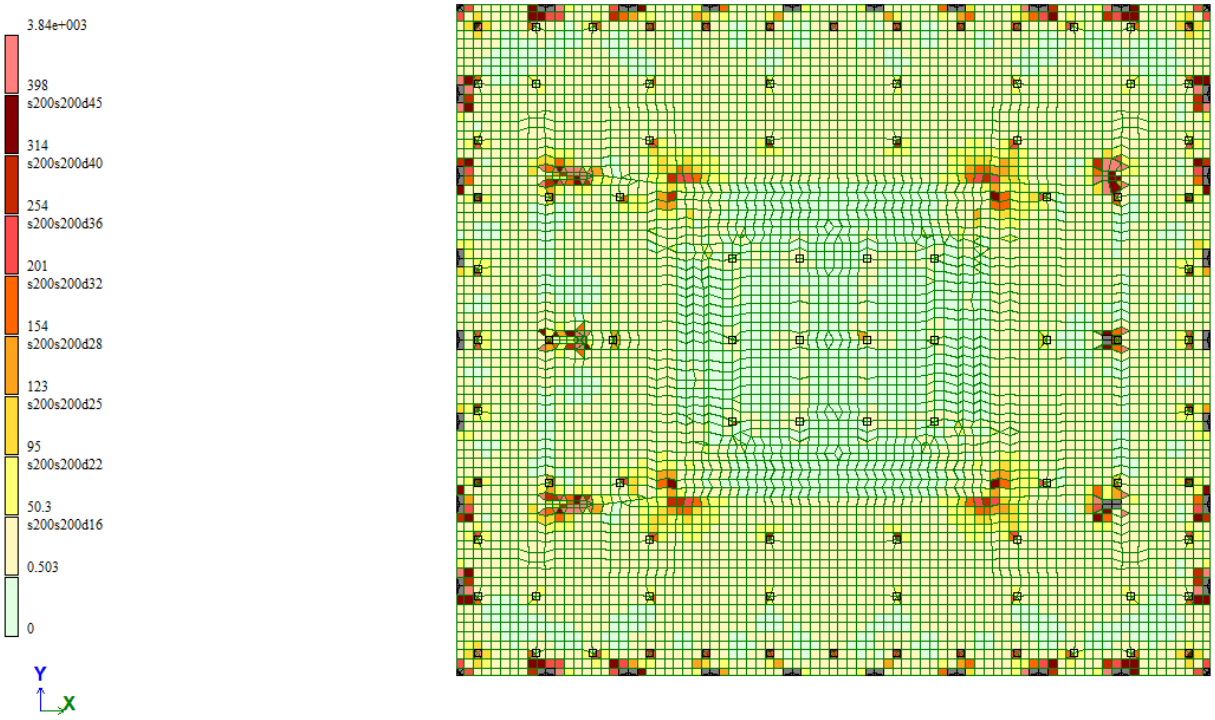
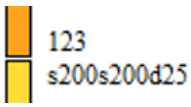


Рисунок. Требуемое поперечное армирование плит на 1м².



123 – площадь поперечного армирования на 1 м² с учетом того, что требуется поставить вертикальные(поперечное) диаметром 25мм с шагом 200мм по X и 200мм по Y.

Частые вопросы:

1. В СП 63.13330.2018 есть проверка по пункту 8.1.55 Нужно ли проверять зону продавливания по данной формуле?

$$\frac{Q_x}{Q_{x,ult}} + \frac{Q_y}{Q_{y,ult}} \leq 1$$

где Q_xи Q_y – поперечные силы, действующие по боковым сторонам плоского выделенного элемента;
$Q_{x,ult}$и $Q_{y,ult}$ – предельные поперечные силы, воспринимаемые плоским выделенным элементом.

$$Q_{ult} = Q_b + Q_{sw},$$

где Q_bи Q_{sw}– предельные поперечные силы, воспринимаемые соответственно бетоном и поперечной арматурой и определяемые по формулам
$Q_b = 0,5R_{bt}bh_0$;

$$Q_{sw} = q_{sw}h_0,$$

где q_{sw}– интенсивность поперечного армирования, определяемая по формуле

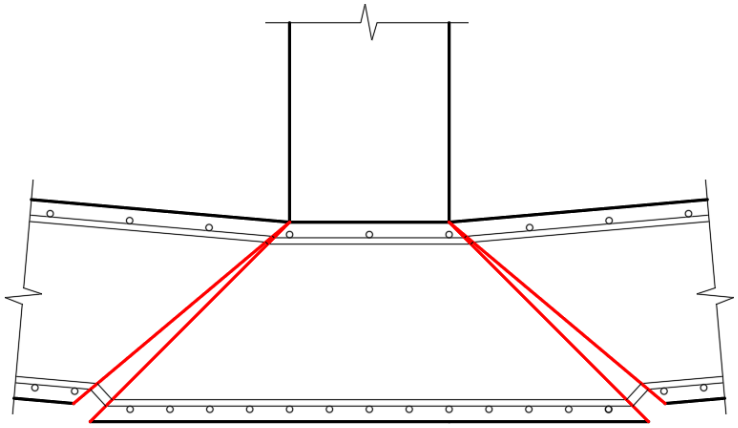
Ответ :
Стоит помнить, что формулы пункта 8.1.55 взяты «с потолка» и не подтверждены ни одним экспериментом.

В пределах зоны продавливания (зона до $2h_0$) данная проверка не производится (автор справочника вообще игнорирует данную проверку для всех зон, поскольку это не проверка, а откровенная чушь). Хотя формально СП требует данную проверку, поскольку СП 63 написан мягко говоря не лучшими умами страны. Некоторые «причастные» к СП стараются писать замечания проектировщикам именно по этой формуле. Адекватные люди такого не делают.

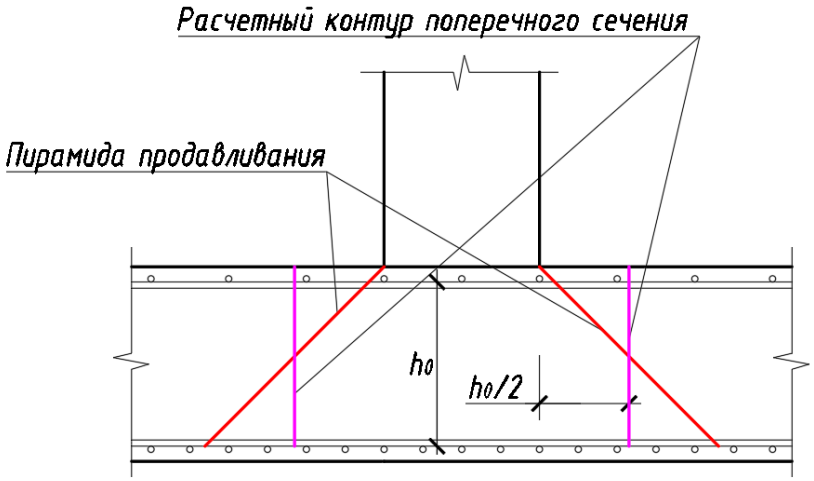
2. В СП 63.13330.2018 есть проверка по пункту 8.1.55 Нужно ли проверять по данной проверке при сплошном опирании на балки/стены?

Ответ :
В монолитных зданиях в конечных элементах всегда возникают поперечные усилия в двух направлениях. Даже минимальное значение поперечной силы по второму направлению формально заставляет считать по пункту 8.1.55. При этом неадекватно снижается несущая способность. Автор справочника считает, что данную проверку вообще нужно игнорировать вблизи сплошных опор (зона до $2,5h_0$), поскольку это не проверка, а откровенная чушь. Информацию об увеличении прочности вблизи опор можно увидеть в п.8.1.33, где формулы Q_b и Q_{sw} точно такие же как в 8.1.55, но к ним вводятся еще и поправочные повышающие коэффициенты (это прям чудеса СП).

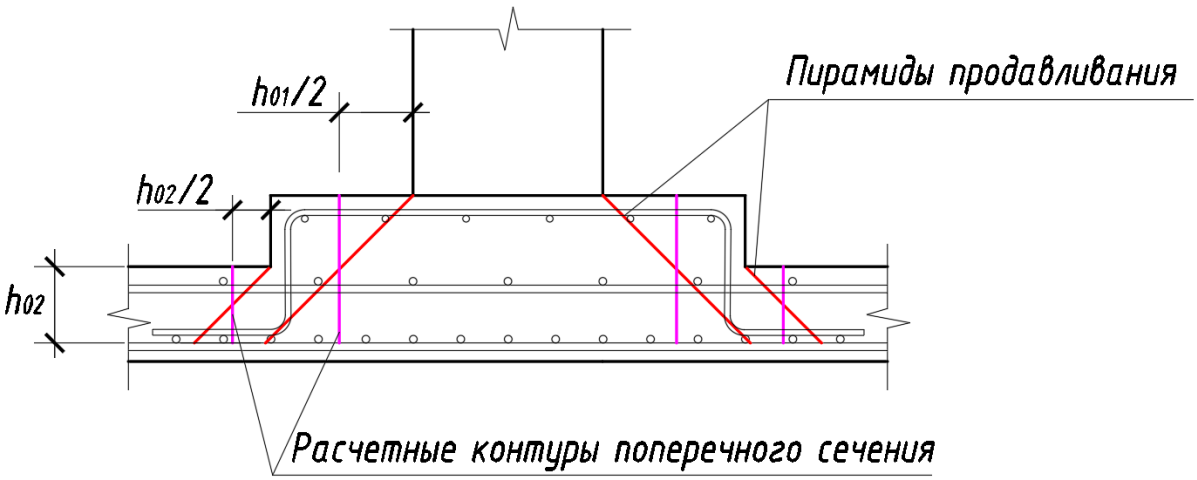
Характер разрушения



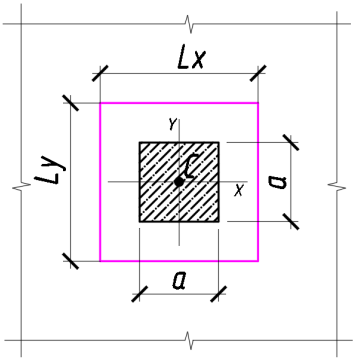
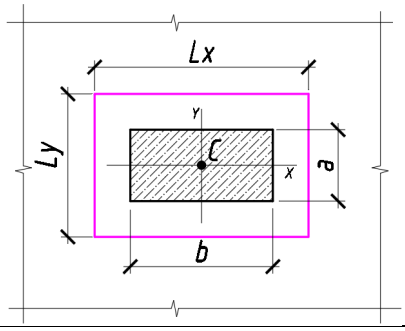
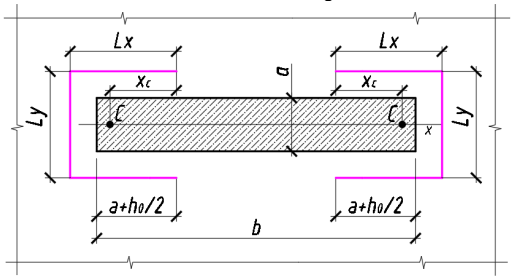
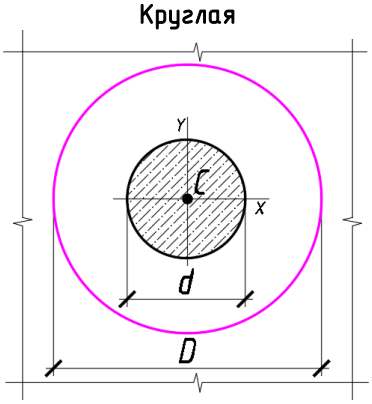
Механизм продавливания

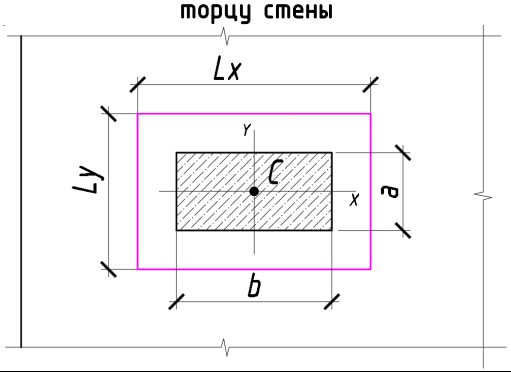
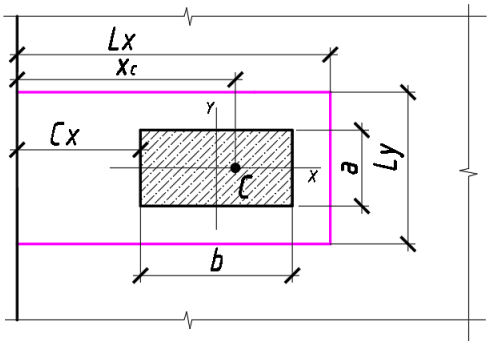
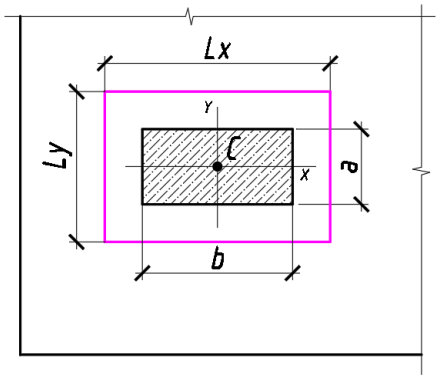


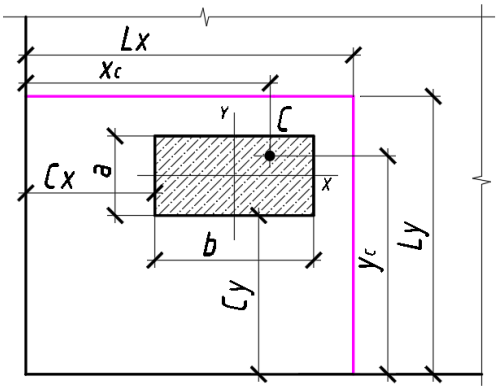
В плите с капителью проверяют 2 сечения: вблизи колонны и в месте перепада сечения.

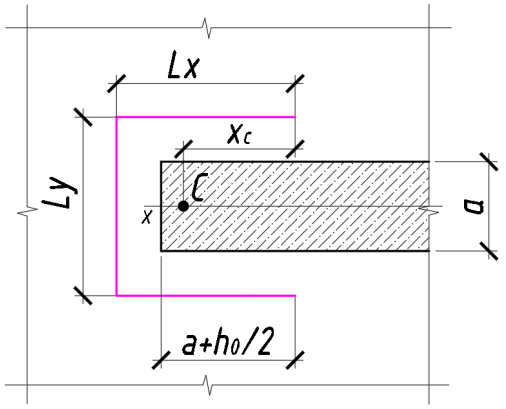
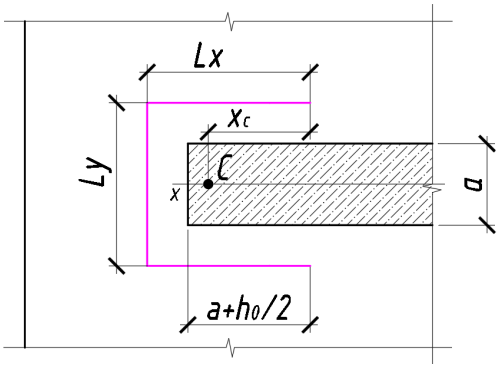


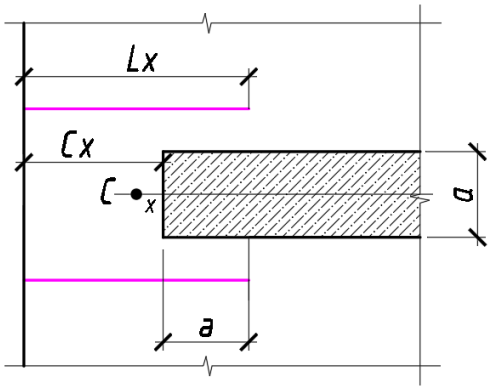
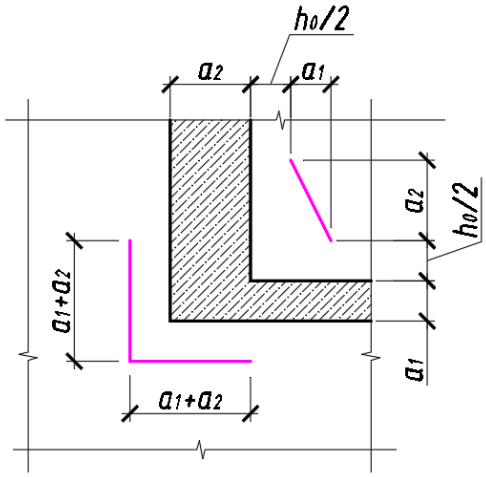
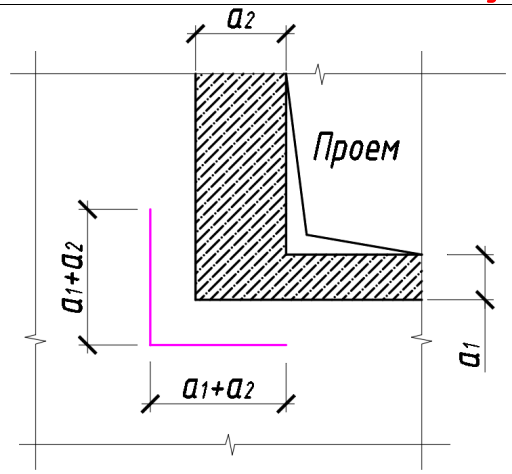
Определение расчетного контра продавливания и определение расчетного случая

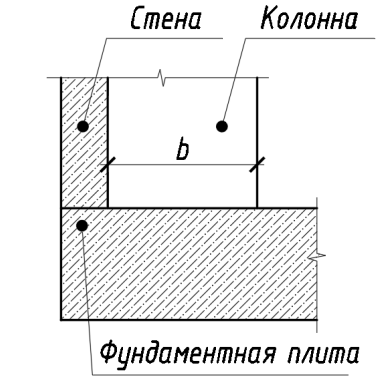
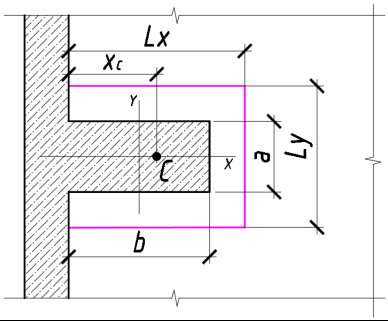
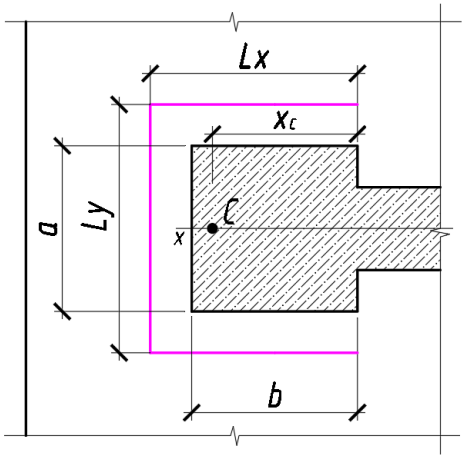
Расчетный случай	Расчетный периметр u	Момент сопротивления W_b
Колонны в центре плиты		
Квадратная 	$u = 4L_x = 4L_y = 4a + 4h_0$	$W_x = W_y = \frac{4}{3}L_x^2 = = \frac{4}{3}(a + h_0)^2$
Прямоугольная Случай 1 (случай колонны) При $b < 2a + h_0$ 	$u = 2L_x + 2L_y = 2a + 2b + 4h_0$	$W_x = \frac{L_y^2}{3} + L_x L_y$ $W_y = \frac{L_x^2}{3} + L_y L_x$ $L_x = b + h_0$ $L_y = a + h_0$
Прямоугольная Случай 2 (случай стены) $b > 2a + h_0$ 	См расчет продавливания торцом	
Круглая 	$u = \pi D = = \pi(d + h_0)$	$W_x = W_y = \frac{\pi D^2}{4} = = \frac{\pi(d + h_0)^2}{4}$

Расчетный случай	Расчетный периметр u	Момент сопротивления W_b
Прямоугольные колонны у края плиты		
Расчет по сценарию №1 Случай колонны при $b < 2a + h_0$, в противном случае расчет ведется по торцу стены 	$u = = 2L_x + 2L_y = 2a + 2b + 4h_0$	$W_x = \frac{L_y^2}{3} + L_x L_y$ $W_y = \frac{L_x^2}{3} + L_y L_x$ $L_x = b + h_0$ $L_y = a + h_0$
Расчет по сценарию №2 Случай колонны при $b < 2a + h_0$  В случае круглой колонны диаметром d допустимо приять (в запас) вместо сторон a и b: $a = b = (\frac{\pi d}{2} + d)/3$	$u = = 2L_x + L_y a + 2h_0 + 2c_x + 2b$	$L_x = b + \frac{h_0}{2} + c_x$ $L_y = a + h_0$ $I_{x1} = 0,5 L_x L_y^2$ $I_{x2} = L_y^3/12$ $I_x = I_{x1} + I_{x2}$ $x_C = \frac{(L_x^2 + L_x L_y)}{(2L_x + L_y)}$ $I_{y1} = \frac{L_x^3}{6} + 2L_x(x_C - \frac{L_x}{2})^2$ $I_{y2} = L_y(L_x - x_C)^2$ $I_y = I_{y1} + I_{y2}$ $W_x = 2(\frac{I_x}{L_y})$ W_y определяется по минимальному из значений 1 значение $\frac{I_y}{x_C}$ 2 значение $\frac{I_y}{L_x - x_C}$
Угловые колонны		
Расчет по сценарию №1 Случай колонны при $b < 2a + h_0$ 	$u = = 2L_x + 2L_y = 2a + 2b + 4h_0$	$W_x = \frac{L_y^2}{3} + L_x L_y$ $W_y = \frac{L_x^2}{3} + L_y L_x$ $L_x = b + h_0$ $L_y = a + h_0$

Расчетный случай	Расчетный периметр u	Момент сопротивления W_b
Расчет по сценарию №2 Случай колонны при $b < 2a + h_0$  В случае круглой колонны диаметром d допустимо приять (в запас) вместо сторон a и b: $a = b = (\frac{\pi d}{4} + d)/2$	$u = L_x + L_y = a + b + h_0 + c_x + c_y$	$L_x = b + \frac{h_0}{2} + c_x$ $L_y = a + \frac{h_0}{2} + c_y$ $x_C = \frac{(0{,}5L_x^2 + L_x L_y)}{(L_x + L_y)}$ $y_C = \frac{(0{,}5L_y^2 + L_x L_y)}{(L_x + L_y)}$ $I_{x1} = L_x(L_y - y_c)^2$ $I_{x2} = \frac{L_y^3}{12} + L_y(y_C - \frac{L_y}{2})^2$ $I_{y1} = \frac{L_x^3}{12} + L_x(x_c - \frac{L_x}{2})^2$ $I_{y2} = L_y(L_x - x_C)^2$ $I_x = I_{x1} + I_{x2}$ $I_y = I_{y1} + I_{y2}$ W_x определяется по минимальному из значений: 1 значение $\frac{I_x}{y_C}$ 2 значение $\frac{I_x}{L_y - y_C}$ W_y определяется по минимальному из значений: 1 значение $\frac{I_y}{x_C}$ 2 значение $\frac{I_y}{L_x - x_C}$

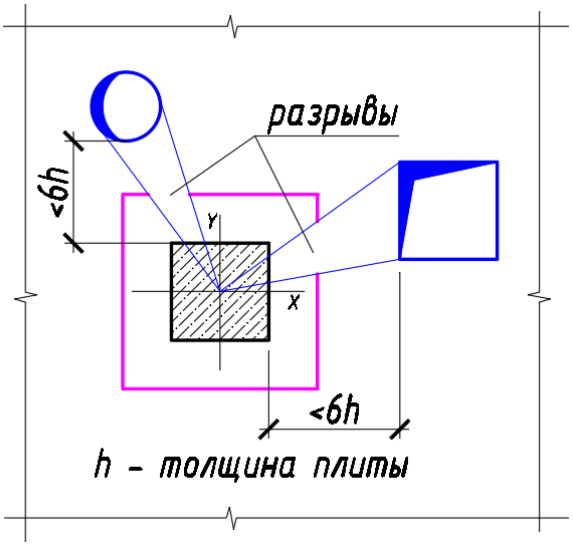
Расчетный случай	Расчетный периметр u	Момент сопротивления W_b
Торец стены в центре плиты		
	$u = 3a + 3h_0$	$L_x = a + h_0$ $L_y = a + h_0$ $I_{x1} = 0,5 L_x L_y^2$ $I_{x2} = L_y^3/12$ $I_x = I_{x1} + I_{x2}$ $x_C = \frac{(L_x^2 + L_x L_y)}{(2L_x + L_y)}$ $I_{y1} = \frac{L_x^3}{6} + 2L_x(x_C - \frac{L_x}{2})^2$ $I_{y2} = L_y(L_x - x_C)^2$ $I_y = I_{y1} + I_{y2}$ $W_x = 2(\frac{I_x}{L_y})$ W_y определяется по минимальному из значений: 1 значение $\frac{I_y}{x_C}$ 2 значение $\frac{I_y}{L_x - x_C}$ В расчете W_y не используется, поскольку момент не учитывается
Торец стены у края плиты		
Расчет по сценарию №1 	$u = 3a + 3h_0$	$L_x = a + h_0$ $L_y = a + h_0$ $I_{x1} = 0,5 L_x L_y^2$ $I_{x2} = L_y^3/12$ $I_x = I_{x1} + I_{x2}$ $x_C = \frac{(L_x^2 + L_x L_y)}{(2L_x + L_y)}$ $I_{y1} = \frac{L_x^3}{6} + 2L_x(x_C - \frac{L_x}{2})^2$ $I_{y2} = L_y(L_x - x_C)^2$ $I_y = I_{y1} + I_{y2}$ $W_x = 2(\frac{I_x}{L_y})$ W_y определяется по минимальному из значений: 1 значение $\frac{I_y}{x_C}$ 2 значение $\frac{I_y}{L_x - x_C}$ В расчете W_y не используется, поскольку момент не учитывается

Расчетный случай	Расчетный периметр u	Момент сопротивления W_b
Расчет по сценарию №2 	$u = 2L_x$ $= 2(c_x + a)$	$L_x = a + c_x$ $I_x = 2L_x(\frac{a}{2} + \frac{h_0}{2})^2$ $I_y = \frac{L_x^3}{6}$ $W_x = \frac{I_x}{\frac{a}{2} + \frac{h_0}{2}}$ $W_y = \frac{2I_y}{L_x}$ В расчете W_y не используется, поскольку момент не учитывается
Угловые стены(случай когда плита не имеет проема)		
	$u =$ $= 2a_1 +$ $+2a_2 +$ $+\sqrt{a_1^2 + a_2^2}$	Не используется в расчете
Угловые стены(случай с проемом/приямком внутри угла)		
	$u =$ $= 2a_1 +$ $+2a_2 +$	Не используется в расчете

Расчетный случай	Расчетный периметр u	Момент сопротивления W_b
Колонна со стеной		
Габарит колонны при $b < 2a + h_0$, иначе следует рассматривать как продавливание торцом стены  	$u = 2L_x + L_y$ $a + 2h_0$ $+ 2b$	$L_x = b + \frac{h_0}{2}$ $L_y = a + h_0$ $I_{x1} = 0,5L_xL_y^2$ $I_{x2} = L_y^3/12$ $I_x = I_{x1} + I_{x2}$ $x_C = \frac{(L_x^2 + L_xL_y)}{(2L_x + L_y)}$ $I_{y1} = \frac{L_x^3}{6} + 2L_x(x_C - \frac{L_x}{2})^2$ $I_{y2} = L_y(L_x - x_C)^2$ $I_y = I_{y1} + I_{y2}$ $W_x = 2(\frac{I_x}{L_y})$ W_y определяется по минимальному из значений 1 значение $\frac{I_y}{x_C}$ 2 значение $\frac{I_y}{L_x - x_C}$
Случай продавливания при торцевой колонне у стены		
Габарит колонны при $b \le a + \frac{h_0}{2}$  В случае круглой колонны диаметром d допустимо принять (в запас) вместо сторон a и b: $a = b = (\frac{\pi d}{2} + d)/3$	$u = a + 2b$	$L_x = b + h_0/2$ $L_y = a + h_0$ $I_{x1} = 0,5L_xL_y^2$ $I_{x2} = L_y^3/12$ $I_x = I_{x1} + I_{x2}$ $x_C = \frac{(L_x^2 + L_xL_y)}{(2L_x + L_y)}$ $I_{y1} = \frac{L_x^3}{6} + 2L_x(x_C - \frac{L_x}{2})^2$ $I_{y2} = L_y(L_x - x_C)^2$ $I_y = I_{y1} + I_{y2}$ $W_x = 2(\frac{I_x}{L_y})$ W_y определяется по минимальному из значений: 1 значение $\frac{I_y}{x_C}$ 2 значение $\frac{I_y}{L_x - x_C}$

Расчетный случай	Расчетный периметр u	Момент сопротивления W_b
		В расчете W_y не используется, поскольку момент не учитывается
Габарит колонны $b > a + \frac{h_0}{2}$ См. случай продавливания торцом стены		

При наличии проемов, находящихся на расстоянии менее 6h до проема необходимо учесть разрывы в контуре.



Частые вопросы:

1. Как посчитать быстро и в запас при наличии проемов?

Ответ: существуют такие инженерные подходы, которые всегда будут в запас:

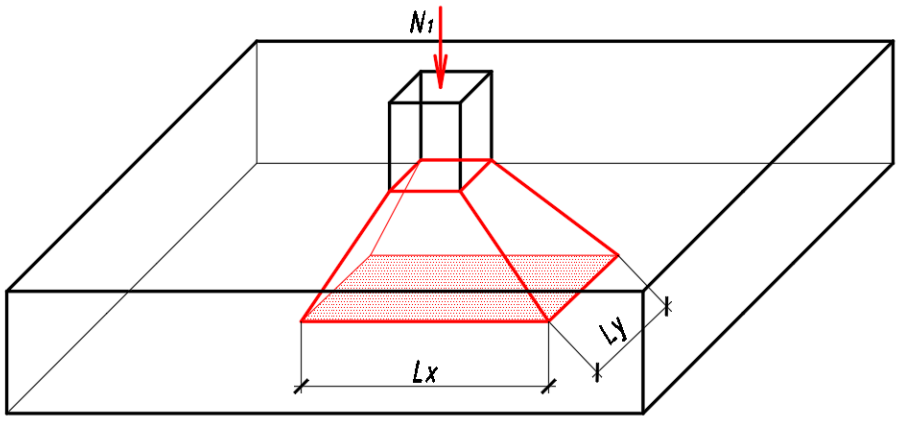
1) Полностью удалить части контура, где появились разрывы от проемов и рассчитать характеристики контура по известным формулам.

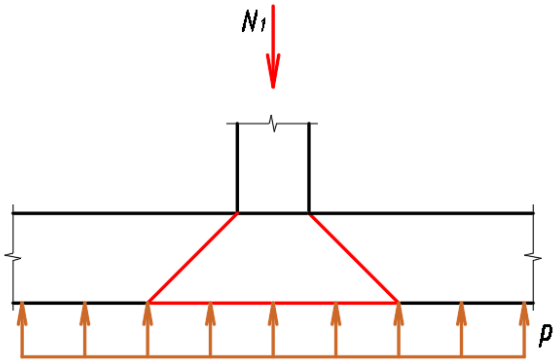
2) Сделать дополнительные симметричные «фиктивные» разрывы на другие стороны, «сплюснуть» контур на величину разрывов. При этом появится меньший контур условно для колонны/стены меньшего сечения.

Определение продавливающих усилий

Усилие для расчета на продавливание $N = |N_1| - |P|$

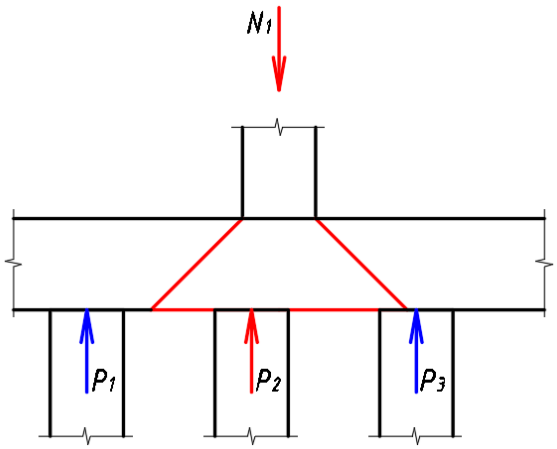
Допустимо принимать усилие для расчета на продавливание $N = N_1$





Для плитного фундамента $P = pL_xL_y$

p – осредненное давление под подошвой (кПа). Допустимо взять самое наименьшее значение p.

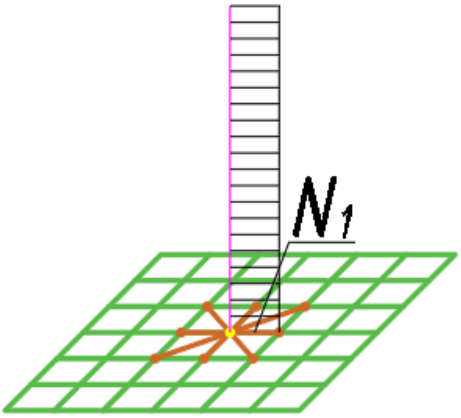


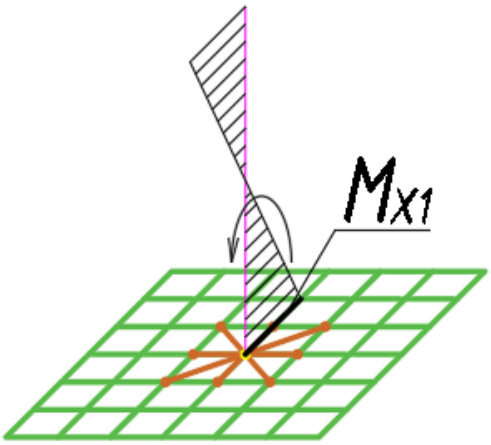
Для свайного фундамента $P = \sum P_p$

P_p – реакции в сваях, которые полностью попали в пирамиду продавливания.

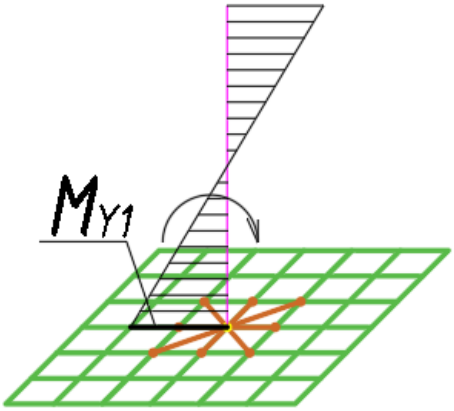
На рисунке только P_2 полностью попадает в пирамиду продавливания.

Колонна





$$M_X = \frac{|M_{X1}|}{2}$$

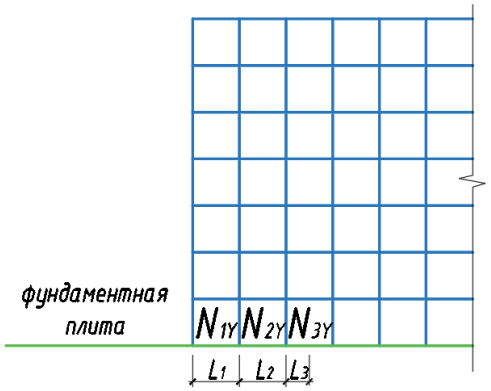


$$M_Y = \frac{|M_{Y1}|}{2}$$

Определение продавливающих усилий.

Торец стены

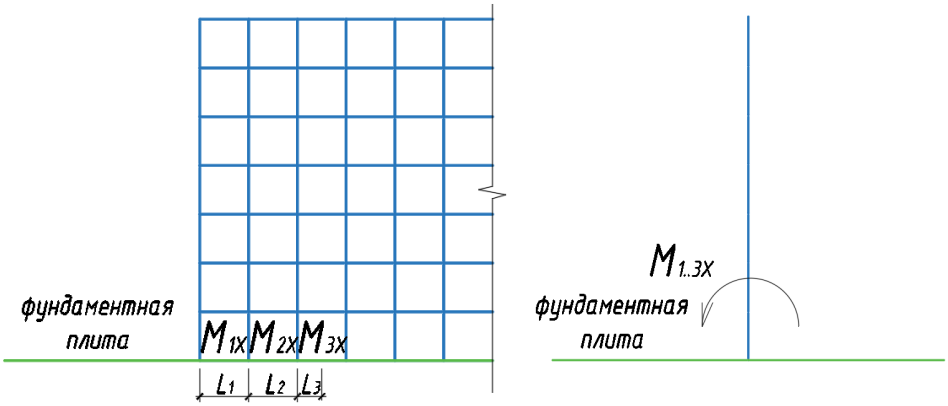
До расчета усилий необходимо отрисовать контур продавливания и определить сколько КЭ входит в контур продавливания. На рисунках условно в контур продавливания попадает 3 КЭ (условно расстояние $L_1 + L_2 + L_3$).



$$N = |N_{1...3Y}|a$$

$$N_{1...3Y} = N_{1Y}L_1 + N_{2Y}L_2 + N_{3Y}L_3$$

a – толщина стены



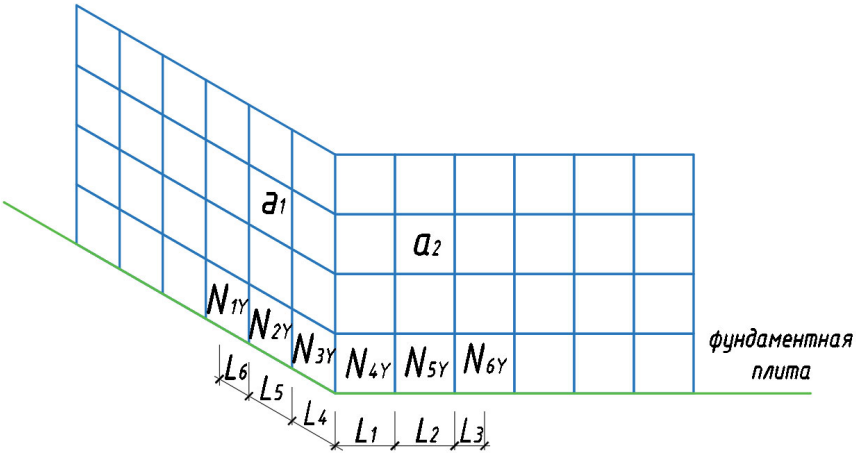
$$M = \frac{|M_{1...3X}|}{2}$$

$$M_{1...3X} = M_{1X}L_1 + M_{2X}L_2 + M_{3X}L_3$$

Примечание: в ЛИРА-САПР момент пластинах M_x это M_y

Определение продавливающих усилий.

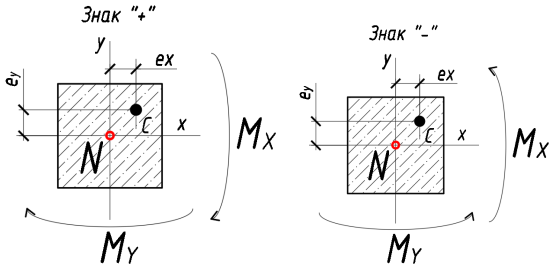
Угол стены



$$N_1 = (N_{1Y}L_1 + N_{2Y}L_2 + N_{3Y}L_3)a_1 + (N_{4Y}L_4 + N_{5Y}L_5 + N_{6Y}L_6)a_2$$

Расчет без поперечной арматуры

Изначально идет проверка, в которой устанавливают нужно ли поперечное армирование или нет. Если отношение $\frac{F}{F_{b,ult}}$ не проходит более чем в 2 раза, то установка поперечного армирования не поможет обеспечить прочность, нужно или увеличивать сечение/устраивать капитель или поднимать класс бетона.

Колонна	$$\frac{F}{F_{b,ult}} + \frac{M_{x,sum}}{M_{bx,ult}} + \frac{M_{y,sum}}{M_{by,ult}} \leq 1$$ $F = N$ – продавливающее усилие, принимается со знаком «+». $F_{bult} = R_{bt} A_b = R_{bt} u h_0$ $h_0 = 0,5(h_{0x} + h_{0y})$ u – периметр контура расчетного поперечного сечения, для типовых мест определяется по таблице выше. $M_{x,sum} = \lvert M_X \pm N e_y \rvert$ $M_{y,sum} = \lvert M_Y \pm N e_x \rvert$ M_X, M_Y – расчетный момент из усилий в конструкциях e_x, e_y – эксцентриситет до центра тяжести контура  $M_{bx,ult} = R_{bt} W_{bx} h_0$ $M_{by,ult} = R_{bt} W_{by} h_0$ R_{bt} – расчетное сопротивление бетона на растяжение W_{bx}, W_{by} – момент сопротивления расчетного поперечного сечения по бетону, для типовых мест определяется по таблице выше. Дополнительные проверки: Если $\frac{M_x}{M_{bx,ult}} + \frac{M_y}{M_{by,ult}}$ получилось больше, чем $0,5\frac{F}{F_{b,ult}}$, то принимается $\frac{M_x}{M_{bx,ult}} + \frac{M_y}{M_{by,ult}} = 0,5\frac{F}{F_{b,ult}}$)
Торец стены	$$\frac{F}{F_{b,ult}} + \frac{M_{x,sum}}{M_{bx,ult}} \leq 1$$ Для торца стены учитывается только 1 момент. Все формулы и дополнительные проверки см. колонну.
Угол стены	$$\frac{F}{F_{b,ult}} \leq 1$$ Для угла стены моменты не учитываются. Все формулы и дополнительные проверки см. колонну.

Расчет с поперечной арматурой

Колонна

$$\frac{F}{F_{b,ult}+F_{sw,ult}}+\frac{M_{x,sum}}{M_{bx,ult}+M_{sw,x,ult}}+\frac{M_{y,sum}}{M_{by,ult}+M_{sw,y,ult}}\le 1$$

$F=N$ – продавливающее усилие, принимается со знаком «+».

$F_{bult}=R_{bt}A_b=R_{bt}uh_0$

$h_0=0,5(h_{0x}+h_{0y})$

u – периметр контура расчетного поперечного сечения,

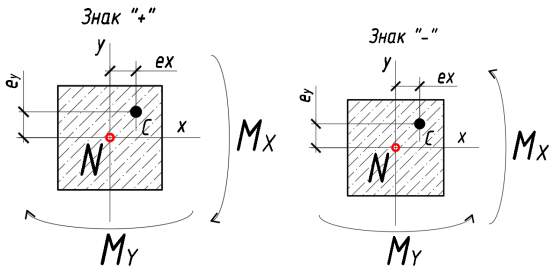
Для типовых мест определяется по таблице выше.

$M_{x,sum}=|M_X\pm Ne_y|$

$M_{y,sum}=|M_Y\pm Ne_x|$

M_X, M_Y – расчетный момент из усилий в конструкциях

e_x, e_y – эксцентриситет до центра тяжести контура



$F_{sw,ult}=0,8q_{sw}u$

$q_{sw}=\frac{R_{sw}A_{sw}}{s_w}$

A_{sw} - площадь сечения поперечной арматуры, расположенная в пределах расстояния $0,5h_0$ по обе стороны от контура расчетного поперечного сечения по периметру контура расчетного поперечного сечения(см рисунок 8.13 из СП 63.13330.2018, приведенный ниже)

s_w – шаг поперечной арматуры

$M_{bx,ult}=R_{bt}W_{bx}h_0$

$M_{by,ult}=R_{bt}W_{by}h_0$

W_{bx}, W_{by} - момент сопротивления расчетного поперечного сечения по бетону, для типовых мест определяется по таблице выше.

$M_{sw,x,ult}=0,8q_{sw}W_{sw,x}$

$M_{sw,y,ult}=0,8q_{sw}W_{sw,y}$

$W_{sw,x}=W_{bx}$

$W_{sw,y}=W_{by}$

Дополнительные проверки:

1) Если $\frac{M_x}{M_{bx,ult}+M_{sw,x,ult}}+\frac{M_y}{M_{by,ult}+M_{sw,y,ult}}$ получилось больше, чем $0,5\frac{F}{F_{b,ult}+F_{sw,ult}}$, то принимается $\frac{M_x}{M_{bx,ult}+M_{sw,x,ult}}+\frac{M_y}{M_{by,ult}+M_{sw,y,ult}}=0,5\frac{F}{F_{b,ult}+F_{sw,ult}}$

	2) Если $F_{b,ult}+F_{sw,ult}$ получилось больше, чем $2F_{b,ult}$, то принимается $F_{b,ult}+F_{sw,ult} = 2F_{b,ult}$ 3) Если $M_{bx,ult} + M_{sw,x,ult}$ получилось больше, чем $2M_{bx,ult}$, то принимается $M_{bx,ult} + M_{sw,x,ult} = 2M_{bx,ult}$ 4) Если $M_{by,ult} + M_{sw,y,ult}$ получилось больше, чем $2M_{by,ult}$, то принимается $M_{by,ult} + M_{sw,y,ult} = 2M_{by,ult}$ 5) Если $F_{sw,ult} < 0,25F_{b,ult}$, то необходимо доставить поперечную арматуру, чтобы было выполнено условие $F_{sw,ult} > 0,25F_{b,ult}$
Торец стены	$$\frac{F}{F_{b,ult}+F_{sw,ult}} + \frac{M_x}{M_{bx,ult} + M_{sw,x,ult}} \leq 1$$ Для торца стены учитывается только 1 момент. Все формулы и дополнительные проверки см. колонну.
Угол стены	$$\frac{F}{F_{b,ult}+F_{sw,ult}} \leq 1$$ Для угла стены моменты не учитываются. Все формулы и дополнительные проверки см. колонну.

Бетон	*Значения расчетного сопротивления бетона при растяжении R_{bt}, МПа, при классе бетона по прочности сжатия*															
	B10	*B12,5*	*B15*	*B20*	*B25*	*B30*	*B35*	*B40*	*B45*	*B50*	*B55*	*B60*	*B70*	*B80*	*B90*	*B100*
Тяжелый, мелкозернистый и напрягающий	*0,56*	*0,66*	*0,75*	*0,90*	*1,05*	*1,15*	*1,30*	*1,40*	*1,50*	*1,60*	*1,70*	*1,80*	*1,90*	*2,10*	*2,15*	*2,20*

Результаты подбора поперечного армирования для различных случаев в стыке «квадратная колонна-плита» приведена в Части «Результаты расчета продавливания плит колоннами».

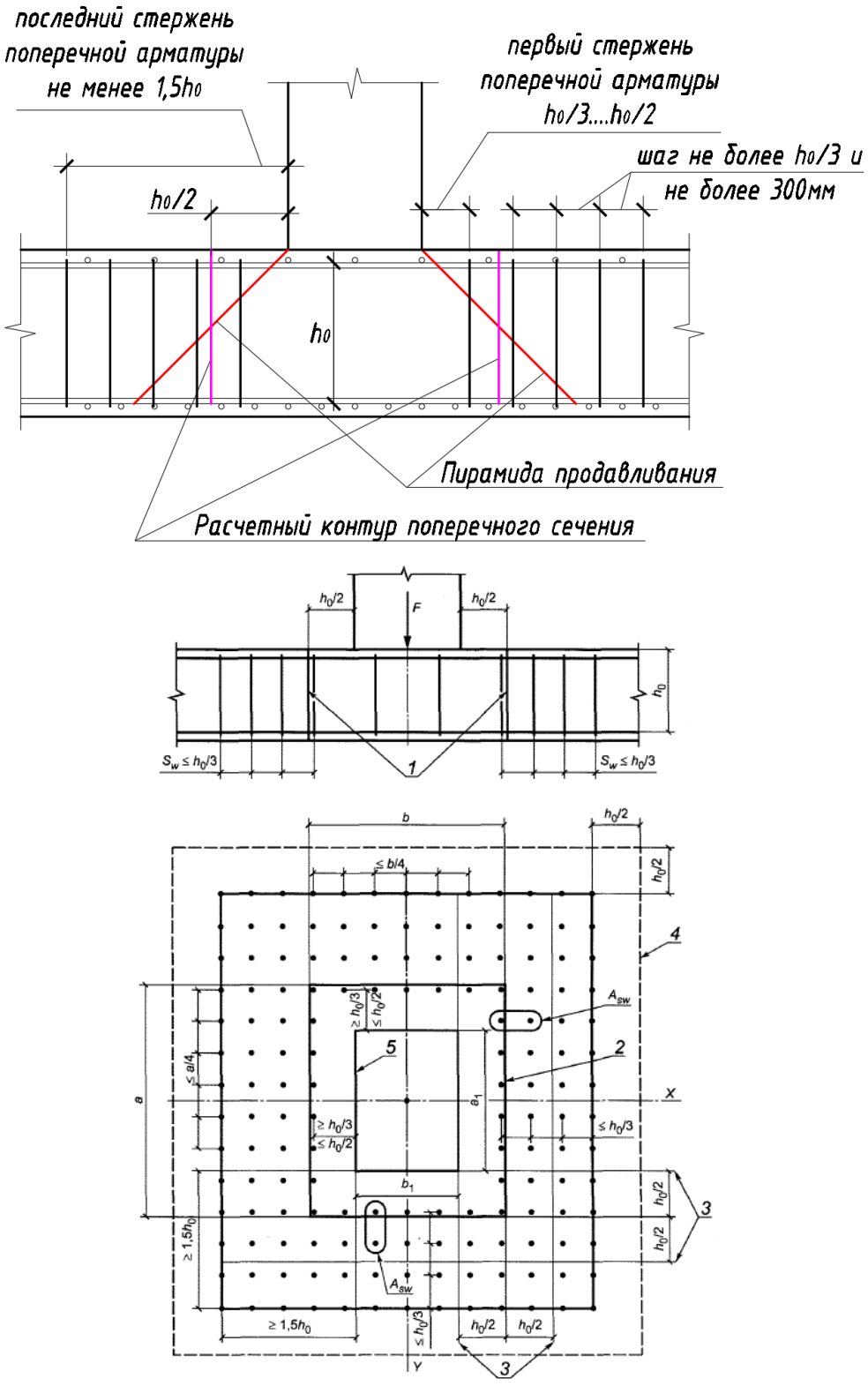
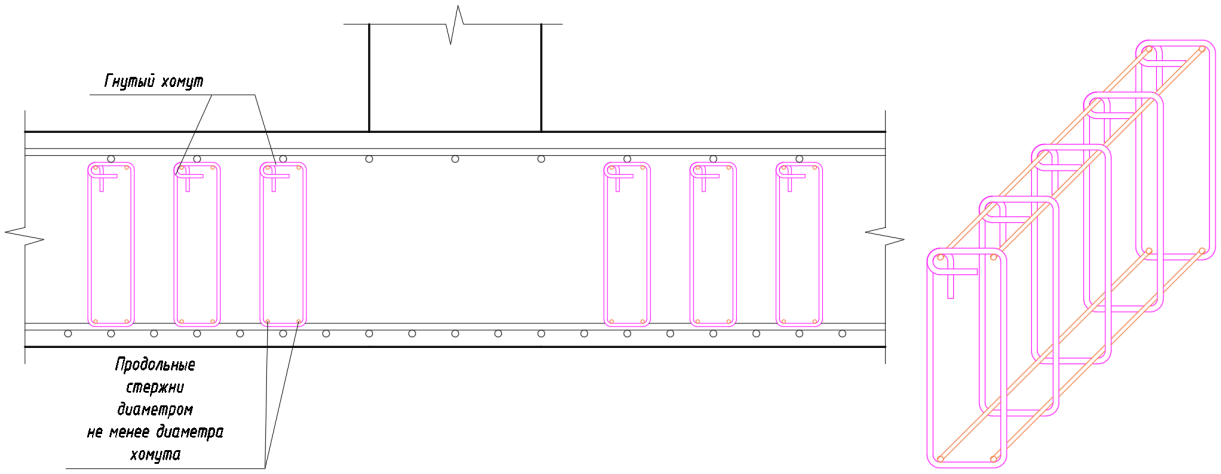


Рисунок 8.13 СП 63.13330.2018.

1 – расчетное поперечное сечение; *2* – контур расчетного поперечного сечения; *3* – границы зоны, в пределах которых в расчете учитывается поперечная арматура; *4* – контур расчетного поперечного сечения без учета в расчете поперечной арматуры; *5* – контур площадки приложения нагрузки

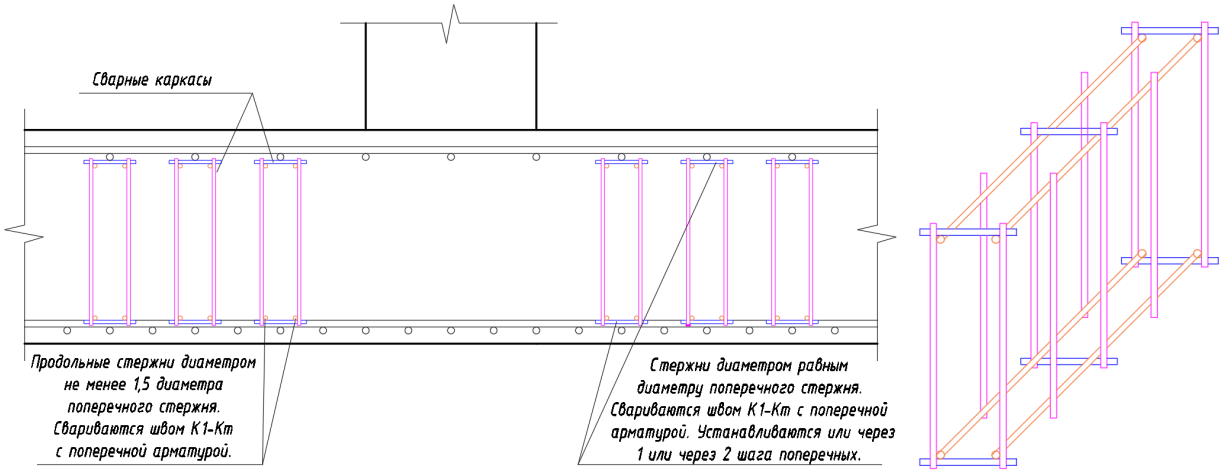
Конструктивное исполнение поперечного армирования

Вариант №1. Вязаный каркас



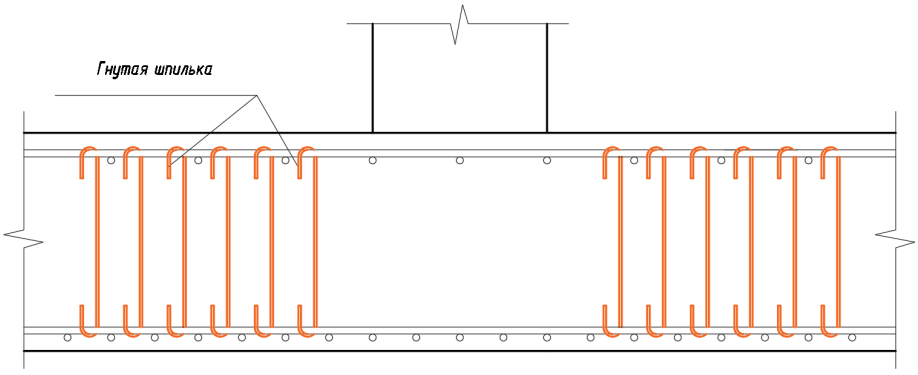
Наиболее безопасный вариант. Каркасы не нуждаются в проверке/испытаниях сварных соединений.

Вариант №2. Сварной каркас



Наиболее частый вариант. Требует контактной сварки и ее испытаний.

Вариант №3. Отдельные шпильки



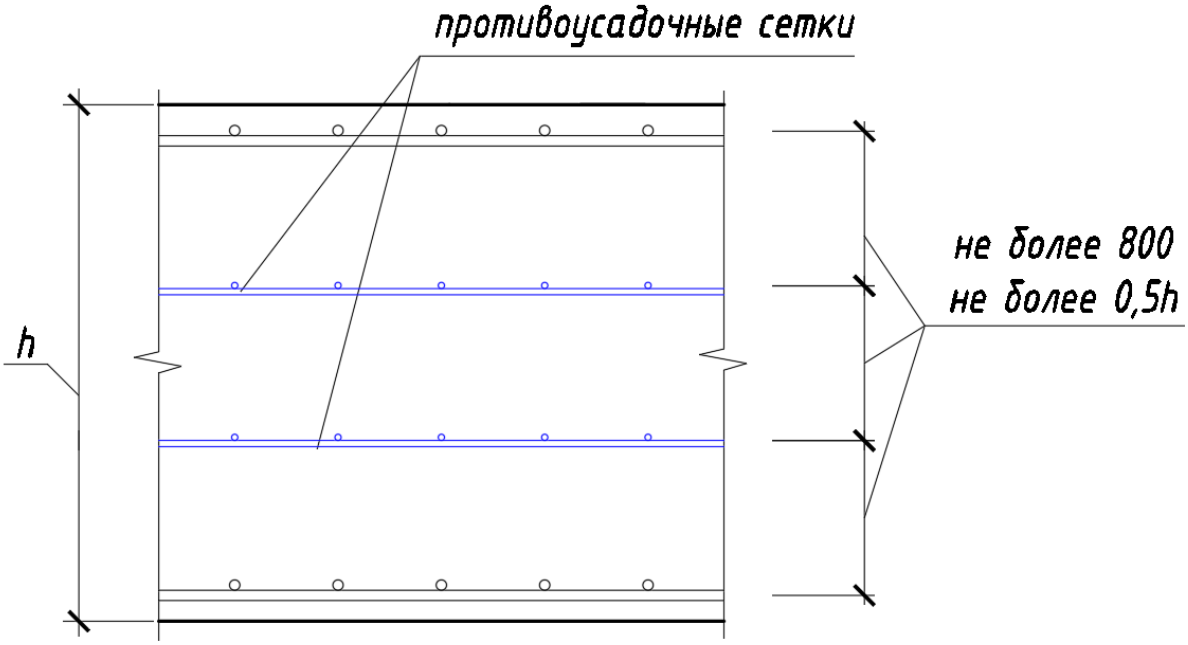
Шпильки без каркаса, огибающие продольную арматуру.

6. Конструктивное армирование фундаментных плит

Противоусадочные сетки

В соответствии с п.10.4.13 СП 63.13330.2018 в плоских фундаментных плитах и плитах перекрытий при высоте их сечения **1000 мм и более** следует предусматривать конструктивное продольное армирование в виде сеток из арматурных стержней площадью сечения не менее **0,05%** от площади сечения бетона, принимаемой равной произведению расстояния между сетками по высоте на соответствующий в плане размер плиты. Шаг сеток конструктивного армирования по высоте принимают *не более 800 мм и не более 1/2 толщины плиты.*

От автора. Сетка с шагом более 300 мм и диаметр менее 10мм не рекомендуется, поскольку по ней нужно ходить для укладки следующих сеток.



Справочная таблица 11. Шаги сеток и требуемое армирование.

Шаг по вертикали	Сетка 200х200		Сетка 250х250		Сетка 300х300	
400	$\mathbf{20x40\frac{0,05}{100}} = \mathbf{0,4}$ см^2/пог. м	Ø8	**0,5** см^2/пог. м	Ø8	**0,6** см^2/пог. м	Ø10
500	**0,5** см^2/пог. м	Ø8	**0,625** см^2/пог. м	Ø10	**0,75** см^2/пог. м	Ø10
600	**0,6** см^2/пог. м	Ø10	**0,75** см^2/пог. м	Ø10	**0,9** см^2/пог. м	Ø12
700	**0,7** см^2/пог. м	Ø10	**0,875** см^2/пог. м	Ø12	**1,05** см^2/пог. м	Ø12
800	**0,8** см^2/пог. м	Ø12	**1** см^2/пог. м	Ø12	**1,2** см^2/пог. м	Ø14

Противооткольные/противопожарные сетки

В фундаментных плитах не применяются. Считается, что в большинстве случаев фундаментная плита защищена от пожара конструкцией пола и сама физика горения поднимает основное тепло вверх.

7. Максимальное продольное армирование фундаментной плиты 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 12. Параметры продольного армирования. Случай стыковки муфтами. Высота плиты до 1000мм.

Диаметр арматуры d_s, мм	Внешний диаметр муфты (рассчитаны для нарезанной резьбы) D, мм	Конструктивно минимально допустимое исходя из расстояния в свету $R_1 = 50 + D$, мм	Конструктивно минимально допустимое исходя из диаметра муфты $R_2 = D + 2d_s$, мм	Конструктивно минимально допустимое исходя из диаметра стержня $R_3 = d_s + d_s$, мм	Максимальное значение из R_1 R_2 R_3 R_{max}	Расчет максимального количества на сторону по формуле: $K = \frac{B}{R_{max}}$	Расчет расстояния между стержнями по осям по формуле: $U = \frac{B}{K}$
12	22	72	46	24	72	13	77
14	25	75	53	28	75	13	77
16	30	80	62	32	80	12	83
18	33	83	69	36	83	12	83
20	35	85	75	40	85	11	91
22	36	86	80	44	86	11	91
25	42	92	92	50	92	10	100
28	48	98	104	56	104	9	111
32	55	105	119	64	119	8	125
36	60	110	132	72	132	7	143
40	65	115	145	80	145	6	167

Справочная таблица 13. Параметры продольного армирования. Случай стыковки муфтами. Высота плиты 1000мм и более.

Диаметр арматуры d_s, мм	Внешний диаметр муфты (рассчитаны для нарезанной резьбы) D, мм	Конструктивно минимально допустимое исходя из расстояния в свету $R_1 = 50 + D$, мм	Конструктивно минимально допустимое исходя из диаметра муфты $R_2 = D + 2d_s$, мм	Конструктивно минимально допустимое исходя из диаметра стержня $R_3 = d_s + 2,5d_s$, мм	Максимальное значение из R_1 R_2 R_3 R_{max}	Расчет максимального количества на сторону по формуле: $K = \frac{B}{R_{max}}$	Расчет расстояния между стержнями по осям по формуле: $U = \frac{B}{K}$
12	22	72	46	42	72	13	77
14	25	75	53	49	75	13	77
16	30	80	62	56	80	12	83
18	33	83	69	63	83	12	83
20	35	85	75	70	85	11	91
22	36	86	80	77	86	11	91
25	42	92	92	87,5	92	10	100
28	48	98	104	98	104	9	111
32	55	105	119	112	119	8	125
36	60	110	132	126	132	7	143
40	65	115	145	140	145	6	167

Справочная таблица 14. Параметры продольного армирования. Случай стыковки нахлестом. Высота плиты до 1000мм.

Диаметр арматуры d_s, мм	Конструктивно минимально допустимое исходя из расстояния в свету $R_1 = 50 + 2d_s$, мм	Конструктивно минимально допустимое исходя из диаметра стержня $R_2 = 2d_s + d_s$, мм	Конструктивно минимально допустимое исходя из требований нахлеста $R_3 = 2d_s + 2d_s$, мм	Максимальное значение из R_1 R_2 R_3 R_{max}	Расчет максимального количества на сторону по формуле: $K = \frac{B}{R_{max}}$	Расчет расстояния между стержнями по осям по формуле: $U = \frac{B}{K}$
12	74	36	48	74	13	77
14	78	42	56	78	12	83
16	82	48	64	82	12	83
18	86	54	72	86	11	91
20	90	60	80	90	11	91
22	94	66	88	94	10	100
25	100	75	100	100	10	100
28	106	84	112	112	8	125
32	114	96	128	128	7	143
36	122	108	144	144	6	167
40	130	120	160	160	6	167

Справочная таблица 15. Параметры продольного армирования. Случай стыковки нахлестом. Высота плиты 1000мм и более.

Диаметр арматуры d_s, мм	Конструктивно минимально допустимое исходя из расстояния в свету $R_1 = 50 + 2d_s$, мм	Конструктивно минимально допустимое исходя из диаметра стержня $R_2 = 2d_s + 2,5d_s$, мм	Конструктивно минимально допустимое исходя из требований нахлеста $R_3 = 2d_s + 2d_s$, мм	Максимальное значение из R_1 R_2 R_3 R_{max}	Расчет максимального количества на сторону по формуле: $K = \frac{B}{R_{max}}$	Расчет расстояния между стержнями по осям по формуле: $U = \frac{B}{K}$
12	74	54	48	74	13	77
14	78	63	56	78	12	83
16	82	72	64	82	12	83
18	86	81	72	86	11	91
20	90	90	80	90	11	91
22	94	99	88	99	10	100
25	100	112,5	100	112,5	8	125
28	106	126	112	126	7	143
32	114	144	128	144	6	167
36	122	162	144	162	6	167
40	130	180	160	180	5	200

Справочная таблица 16. Параметры продольного армирования. Случай без стыковки. Высота плиты до 1000мм.

Диаметр арматуры d_s, мм	Конструктивно мининимально допустимое исходя из расстояния в свету $R_{max} = 50 + d_s$, мм	Расчет максимального количества на сторону по формуле: $K = \frac{B}{R_{max}}$	Расчет расстояния между стержнями по осям по формуле: $U = \frac{B}{K}$
12	62	16	63
14	64	15	67
16	66	15	67
18	68	14	71
20	70	14	71
22	72	13	77
25	75	13	77
28	78	12	83
32	82	12	83
36	86	11	91
40	90	11	91

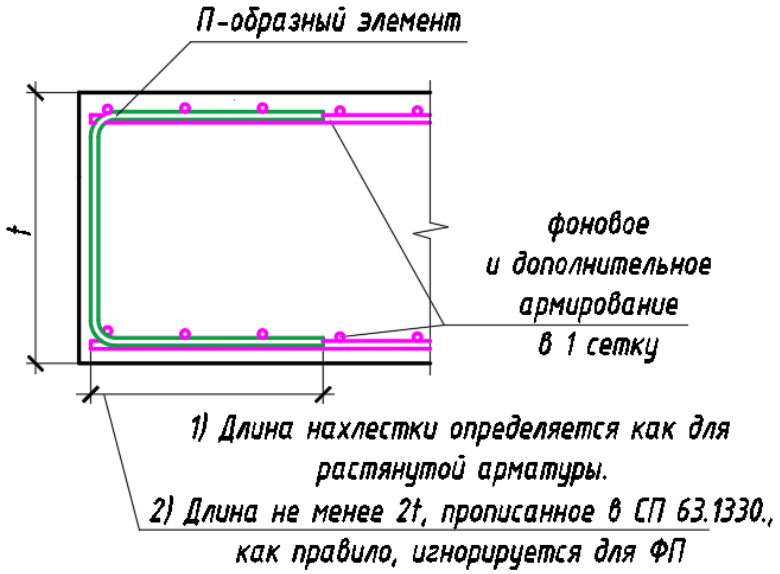
Справочная таблица 17. Параметры продольного армирования. Случай без стыковки. Высота плиты 1000мм и более.

Диаметр арматуры d_s, мм	Конструктивно мининимально допустимое исходя из расстояния в свету $R_1 = 50 + d_s$, мм	Конструктивно мининимально допустимое исходя из требований нахлеста $R_2 = d_s + 2,5d_s$, мм	Максимальное значение из R_1 R_2 R_{max}	Расчет максимального количества на сторону по формуле: $K = \frac{B}{R_{max}}$	Расчет расстояния между стержнями по осям по формуле: $U = \frac{B}{K}$
12	62	42	62	16	63
14	64	49	64	15	67
16	66	56	66	15	67
18	68	63	68	14	71
20	70	70	70	14	71
22	72	77	77	12	83
25	75	87,5	87,5	11	91
28	78	98	98	10	100
32	82	112	112	8	125
36	86	126	126	7	143
40	90	140	140	7	143

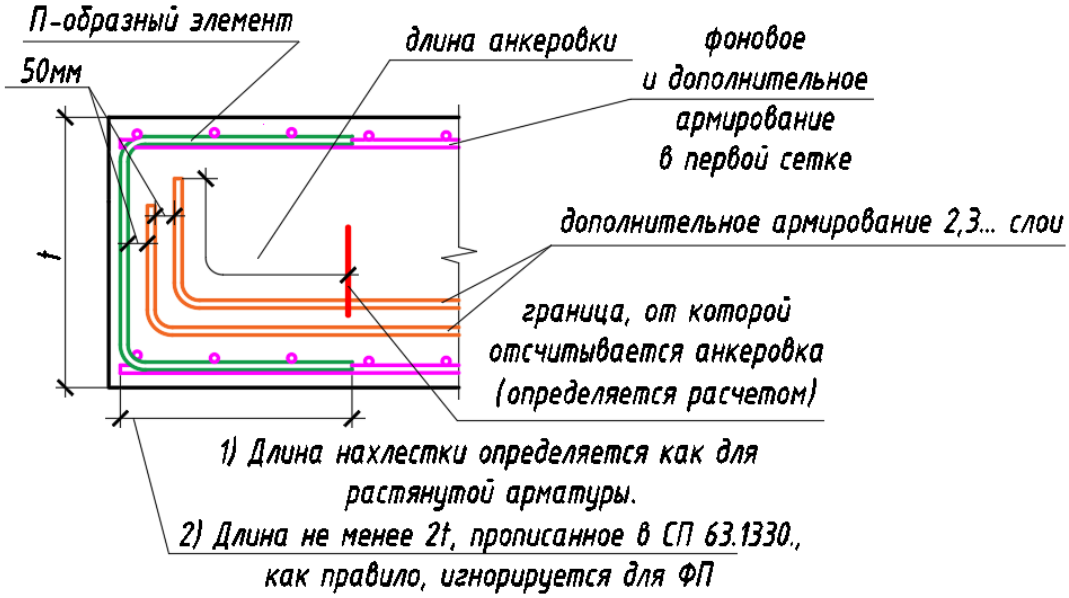
8. Жесткие стыки

На схемах ниже не показаны противоусадочные сетки и поддерживающие каркасы. Для них в справочнике сделаны отдельные разделы.

Торец фундаментной плиты. Случай армирования в 1 сетку.

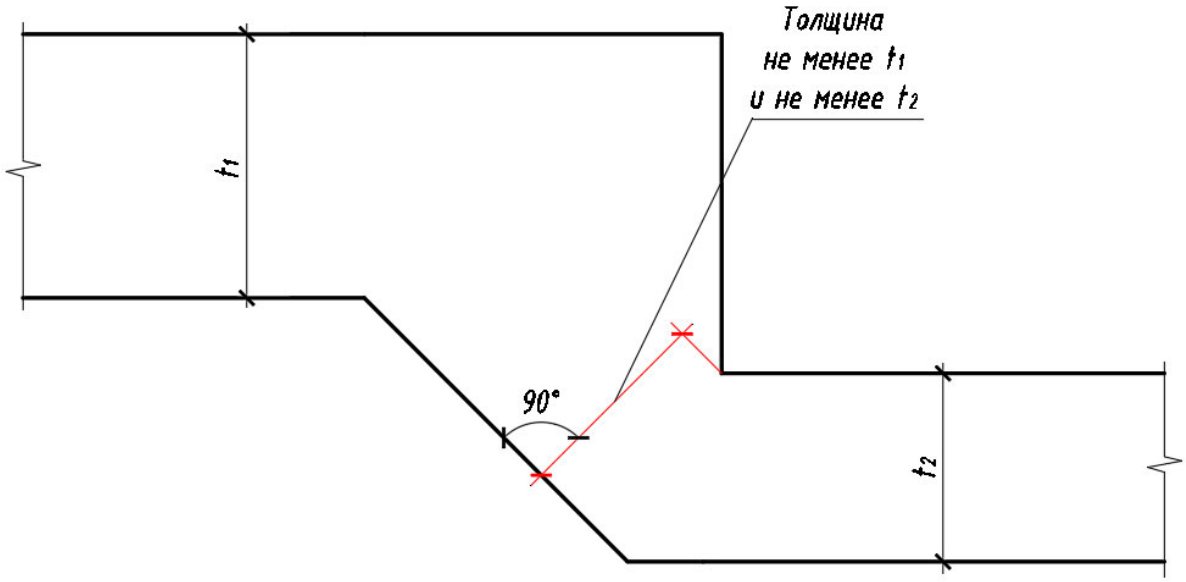


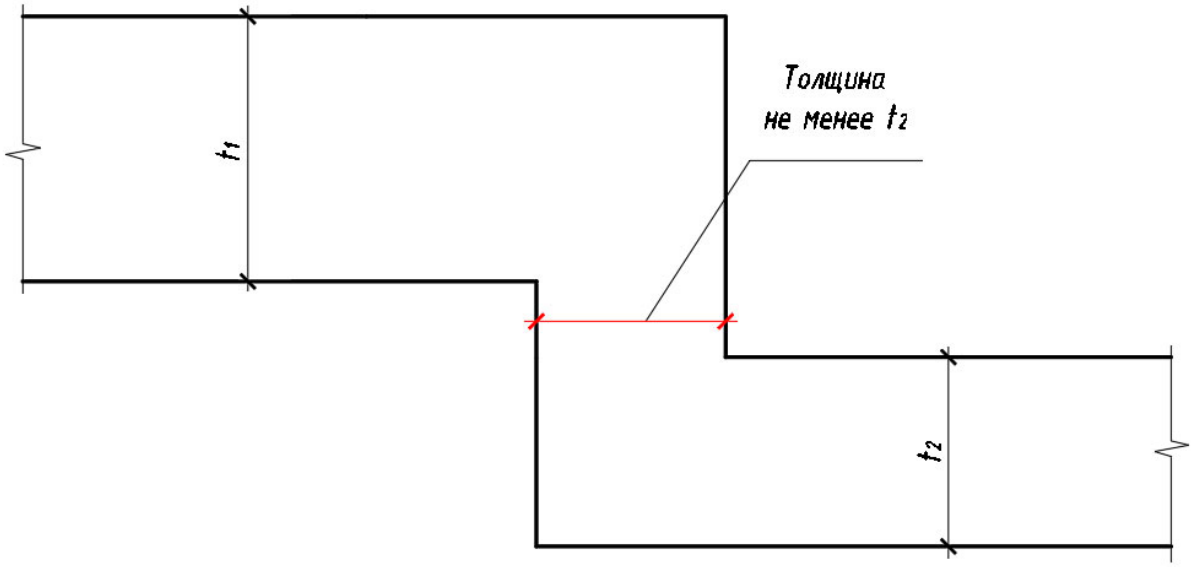
Торец фундаментной плиты. Случай армирования в несколько сеток.



Габариты приямков

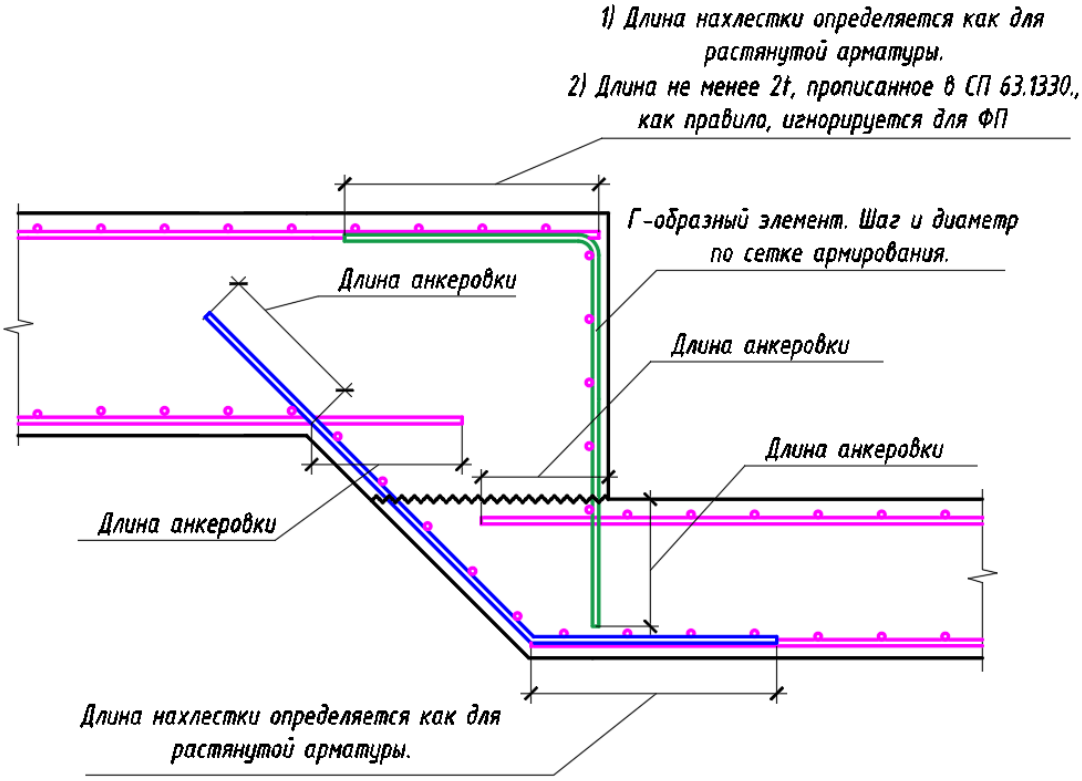
Рекомендовано (на необязательной основе) выдерживать следующие конструктивные размеры). Данные размеры позволяют более плавно передавать изгибающие моменты с одной части на другую.



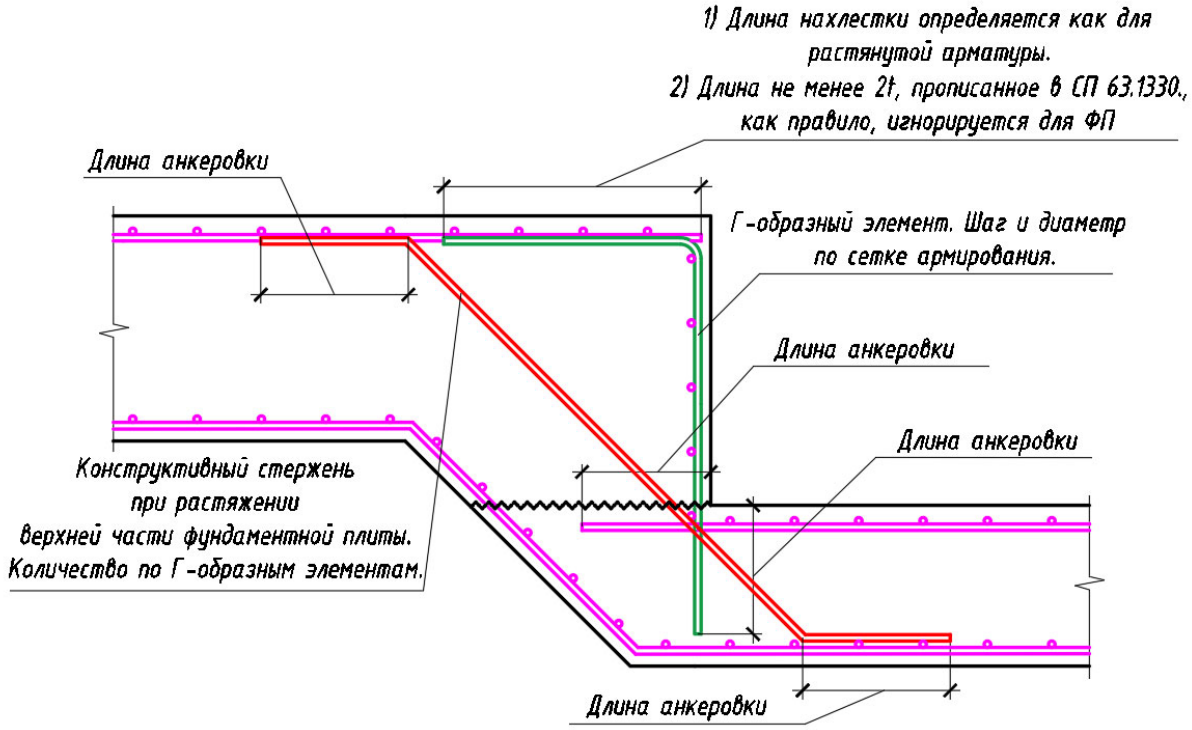


Армирование приямков и мест с перепадом высоты

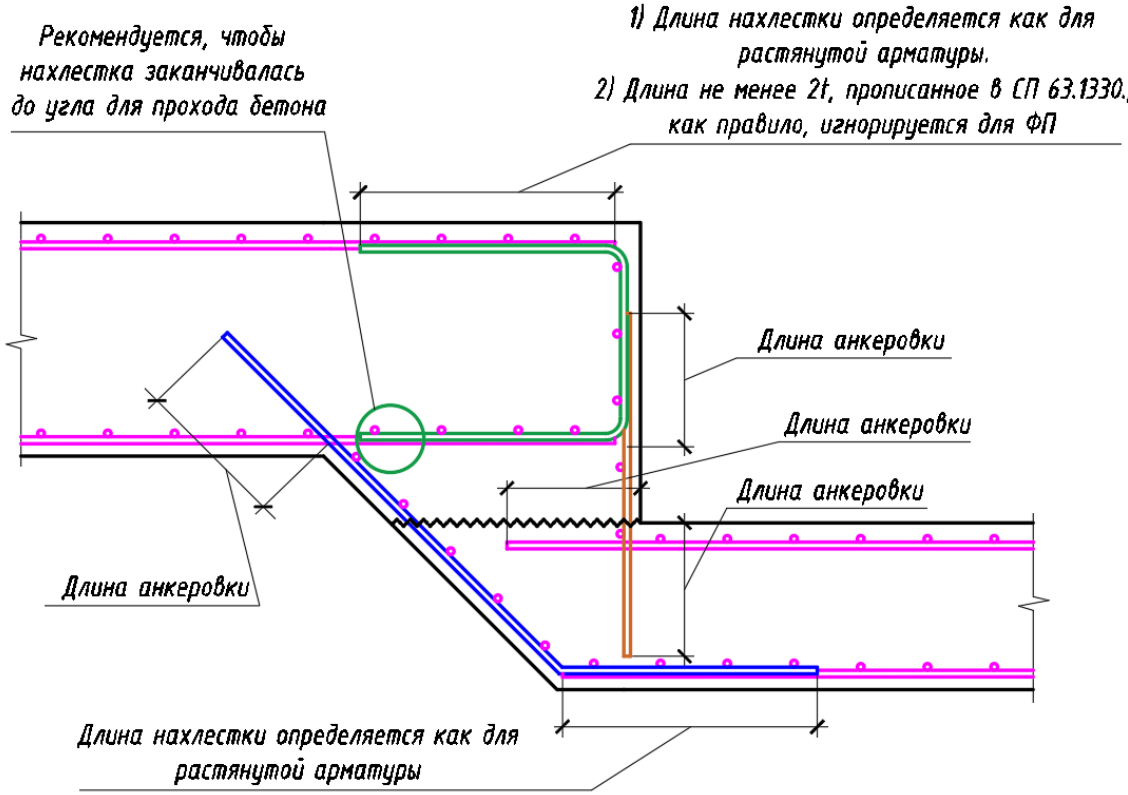
Случай с растянутым низом. Диаметр фоновой арматуры при таком конструировании, как правило, не превышает 20мм.



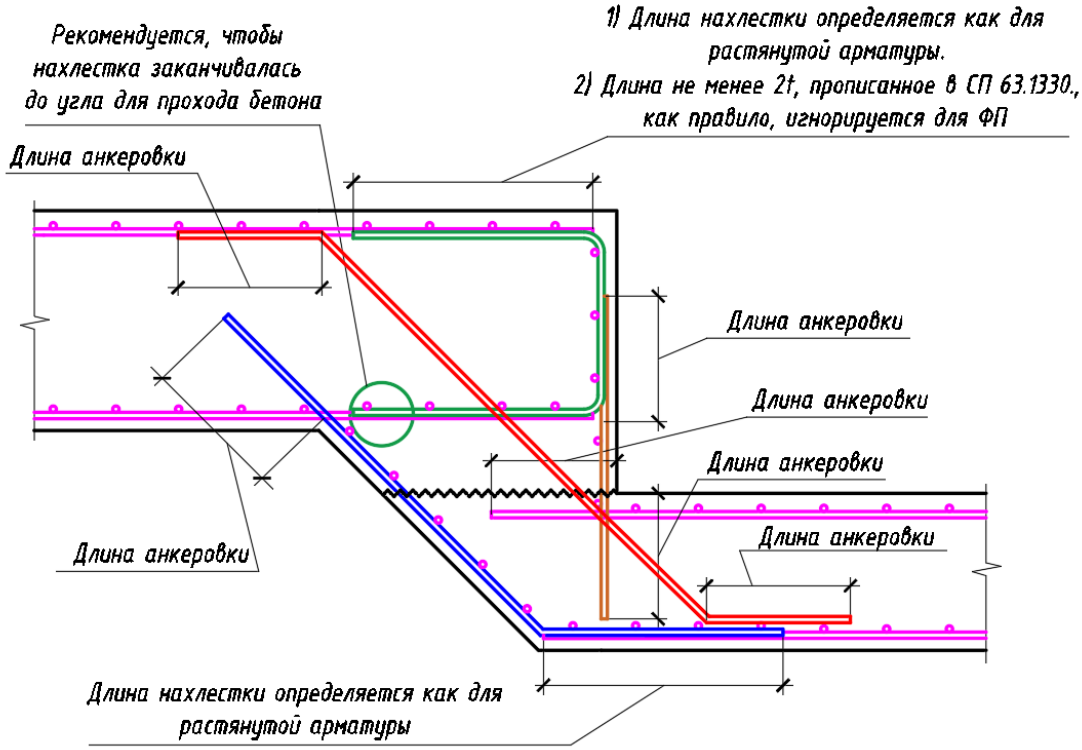
Случай с растянутым верхом. Диаметр фоновой арматуры при таком конструировании, как правило, не превышает 20мм.



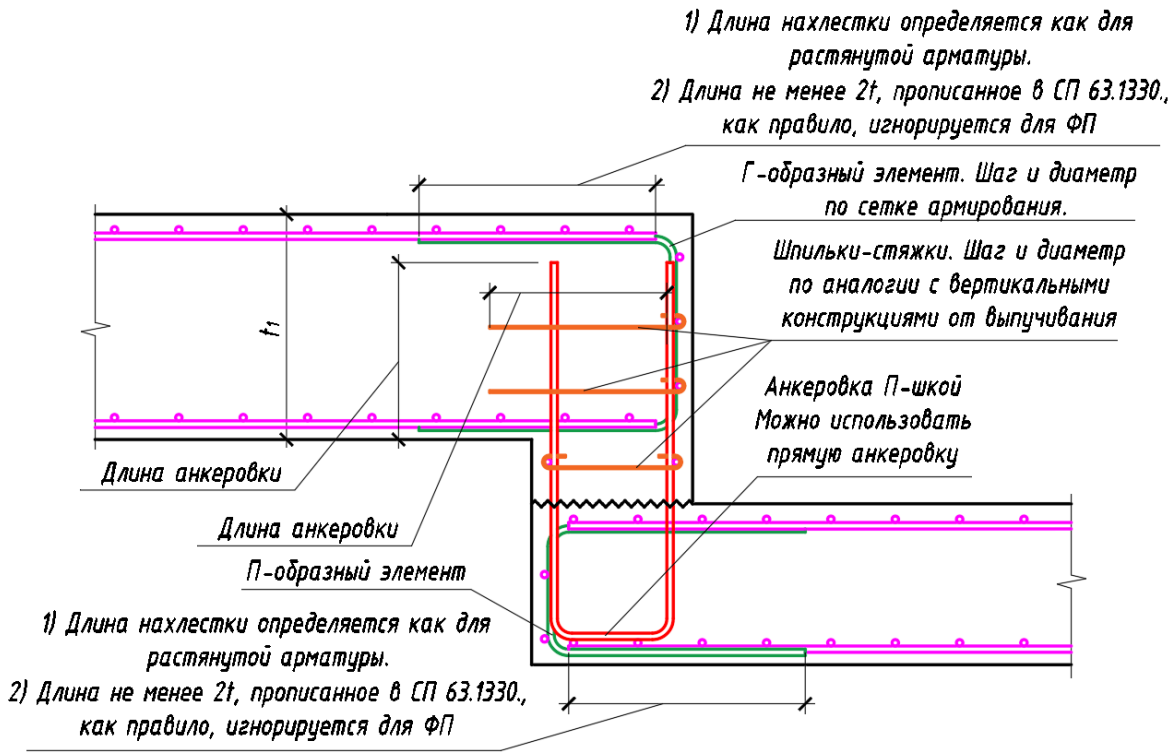
Случай с растянутым низом. Диаметр фоновой арматуры любой.



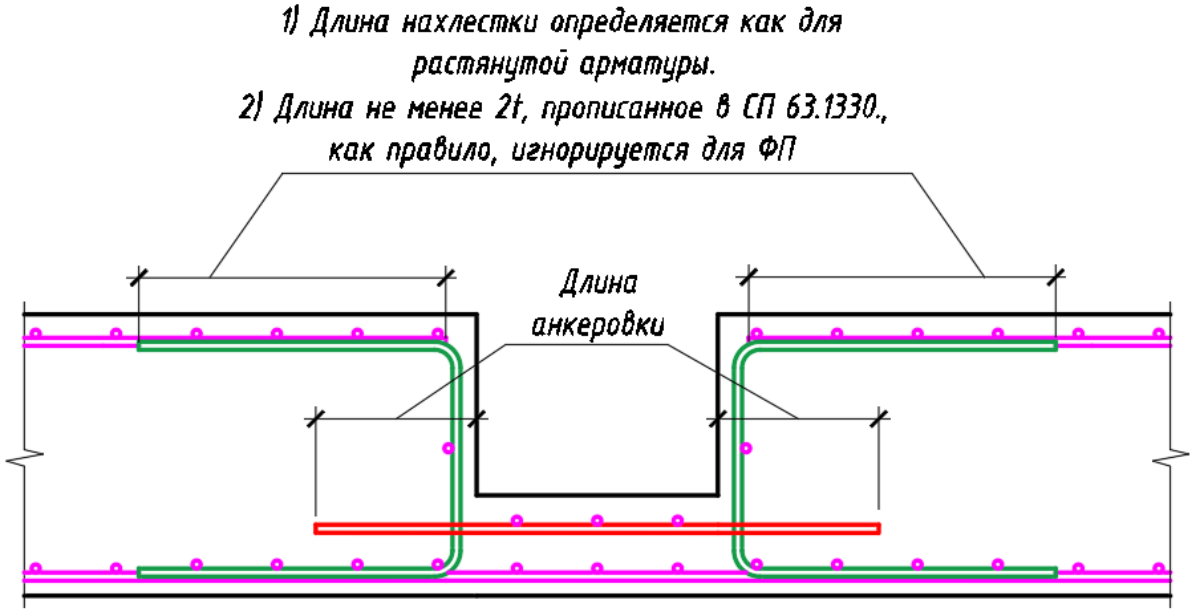
Случай с растянутым верхом. Диаметр фоновой арматуры любой.



Перепад с углом 90 градусов

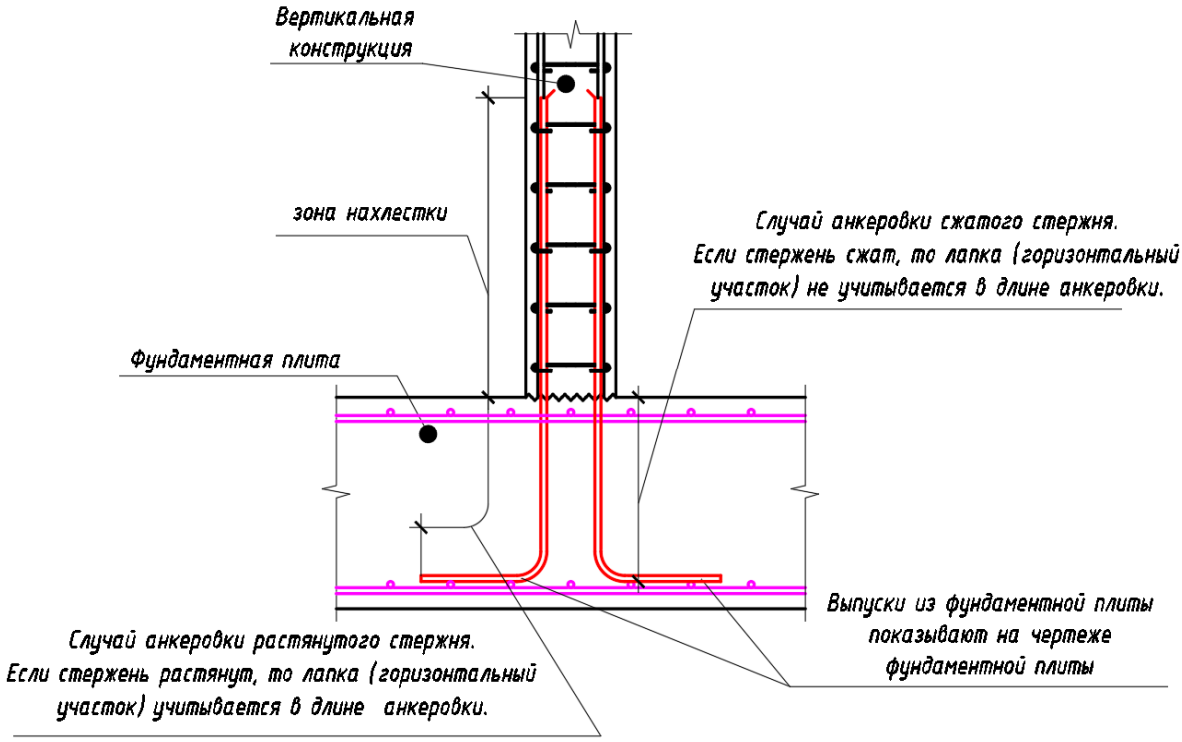


Малый приямок

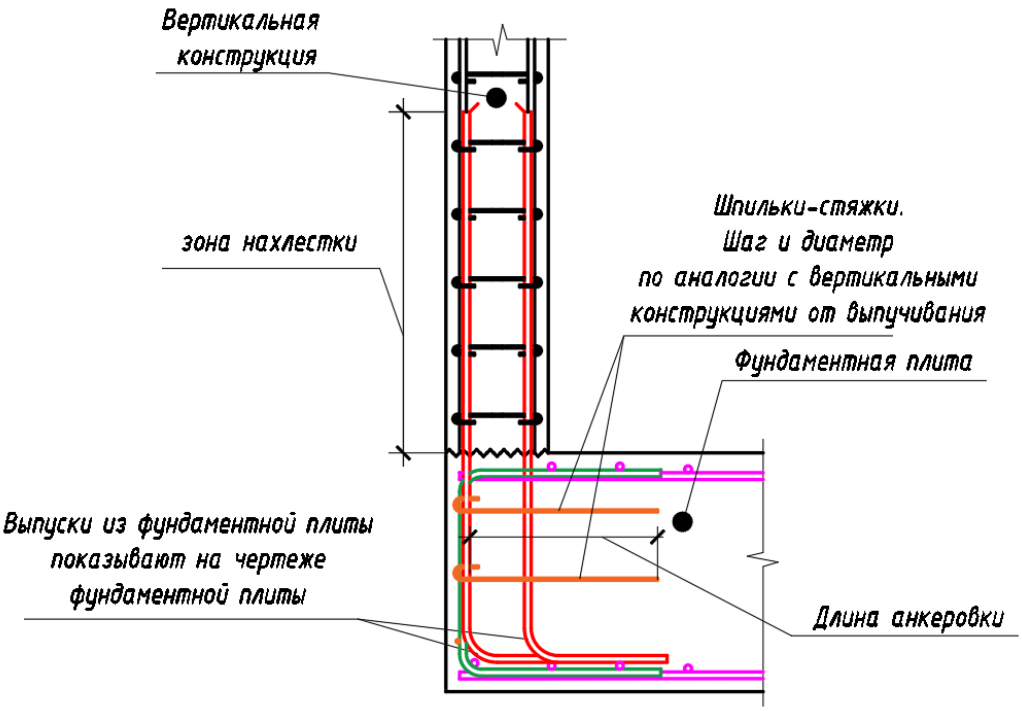


Выпуск из фундаментной плиты Г-шками.

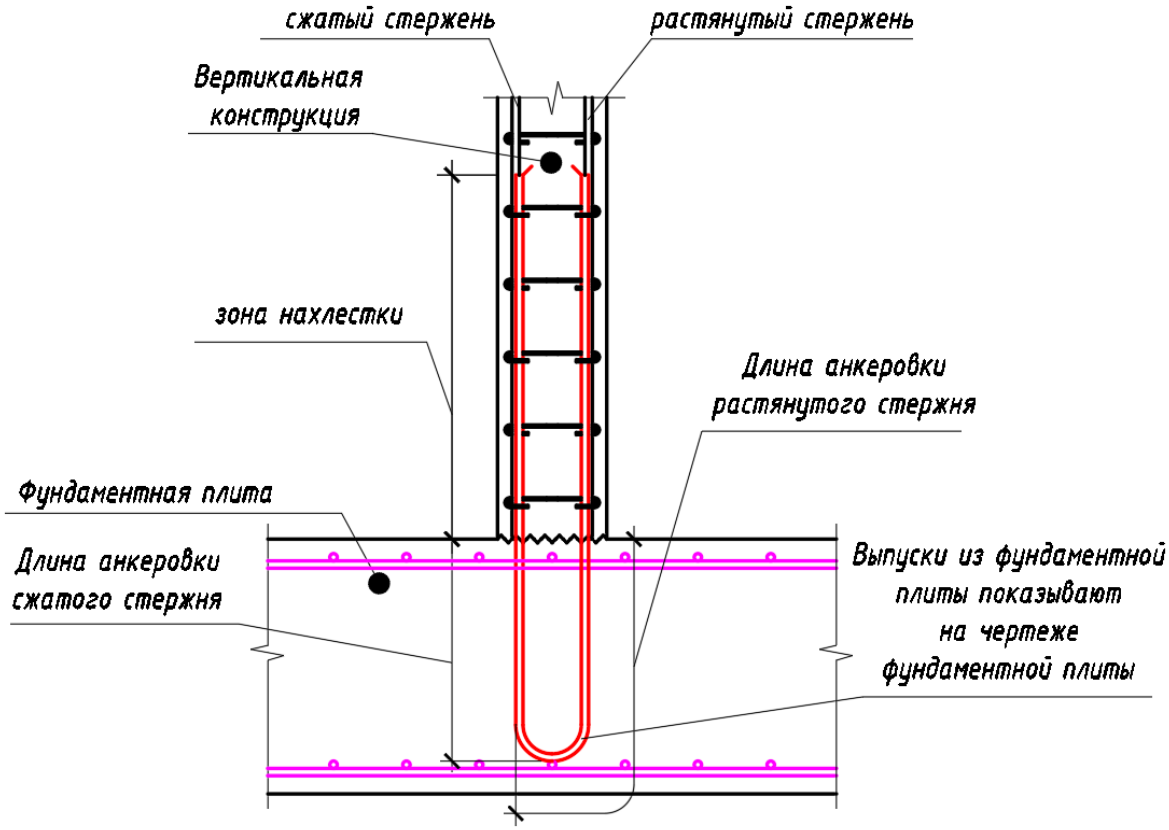
Середина фундаментной плиты



Край фундаментной плиты



Выпуск из фундаментной плиты П-шкой.

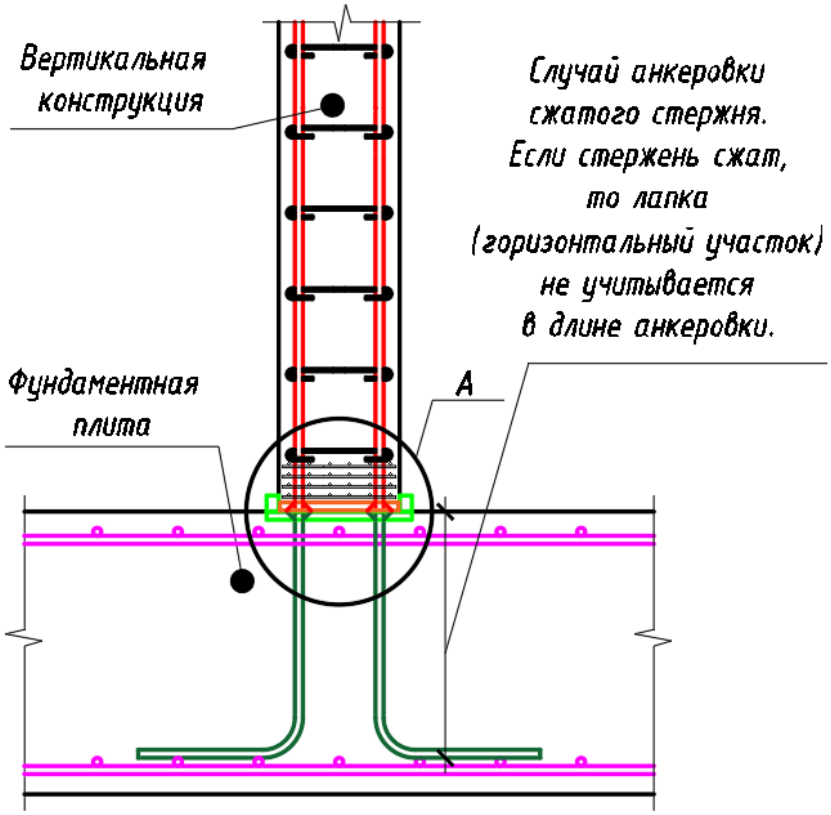


9. Шарнирные стыки

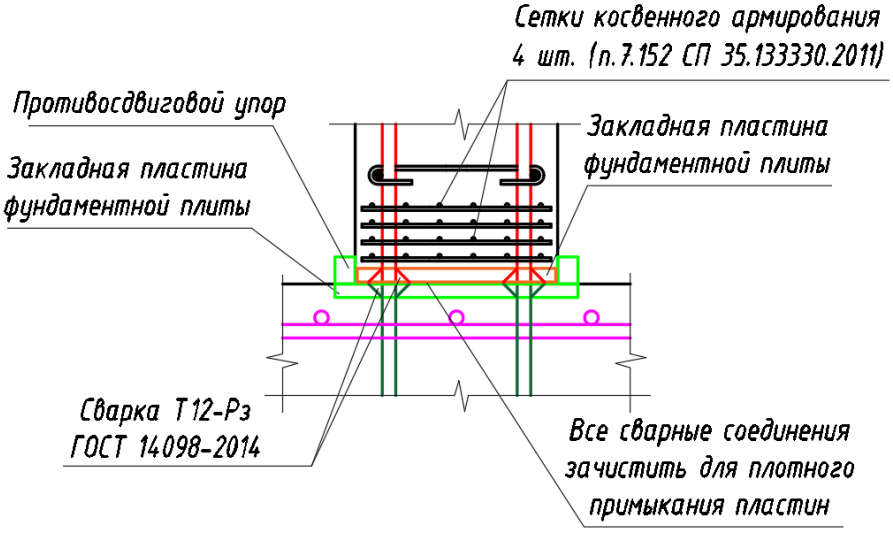
Шарнирные стыки фундаментной плиты с вертикальной конструкцией используется только в исключительном случае когда:

1) при жестком сопряжении на вертикальную конструкцию передается момент, который требует нерационального увеличения сечения.

2) при шарнирном сопряжении относительная разность осадок фундамента, горизонтальные перемещения и ускорения верхних этажей не будут превышать предельно допустимых.



УЗЕЛ А



10. Гидроизоляция

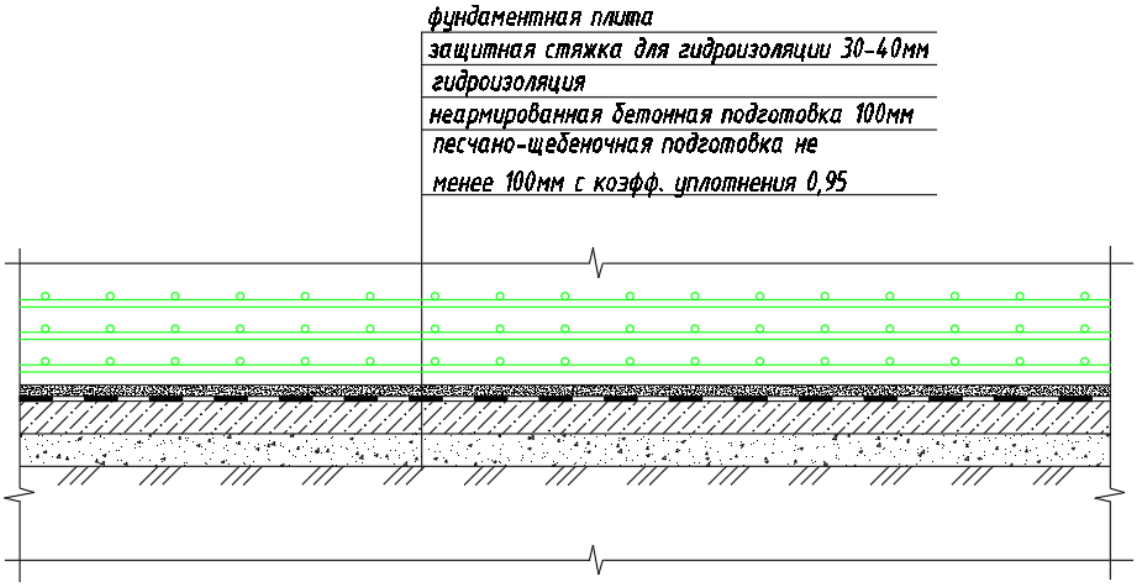
Частые вопросы:

1. Можно ли не устраивать гидроизоляцию?

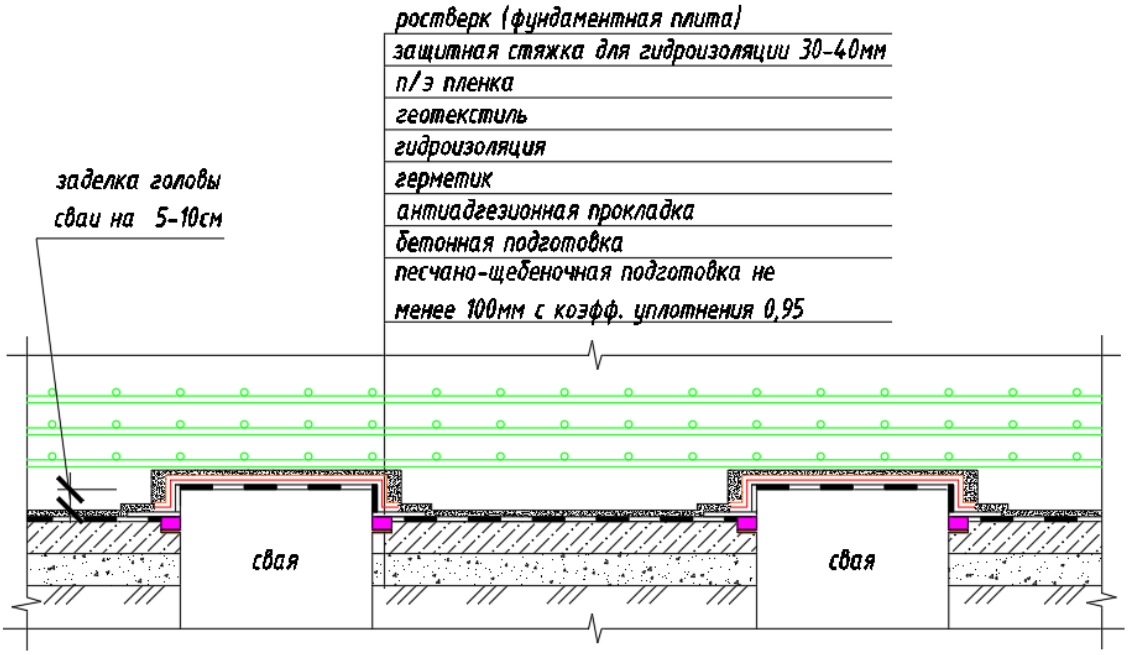
Ответ: В случае обеспечения повышенной трещиностойкости, использования устойчивых к коррозии бетонов с классом В40 и выше. Такой метод называется «белая ванна».

Ниже приведены общие узлы с оклеечной гидроизоляцией.

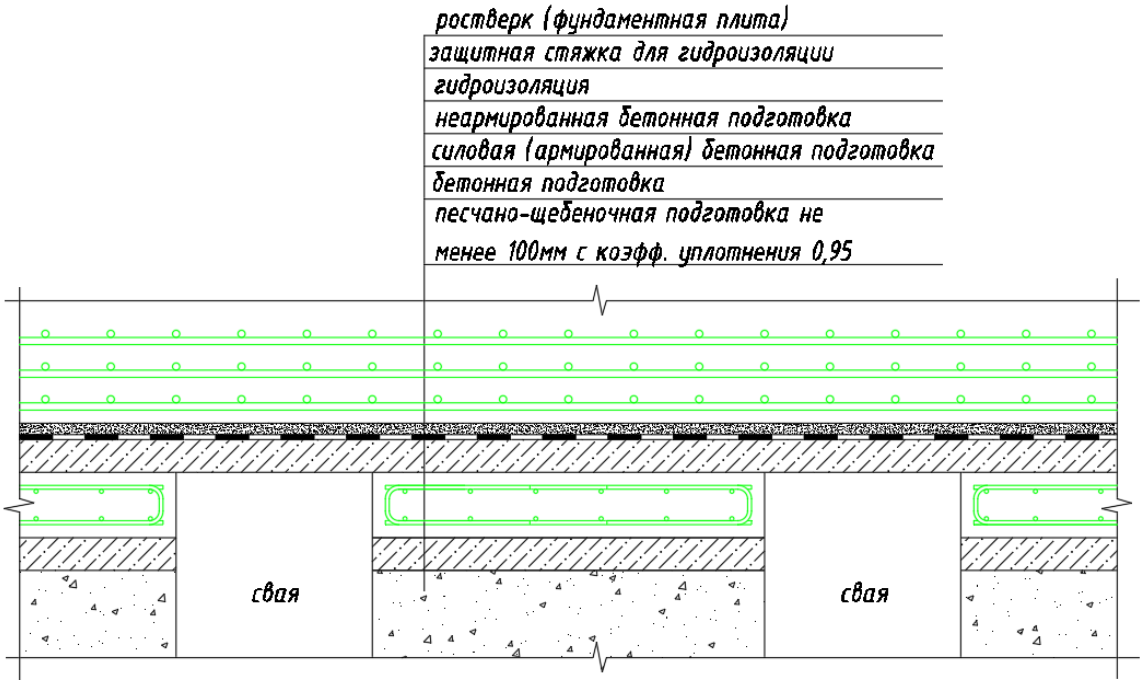
Классический узел опирания фундаментной плиты на естественное основание



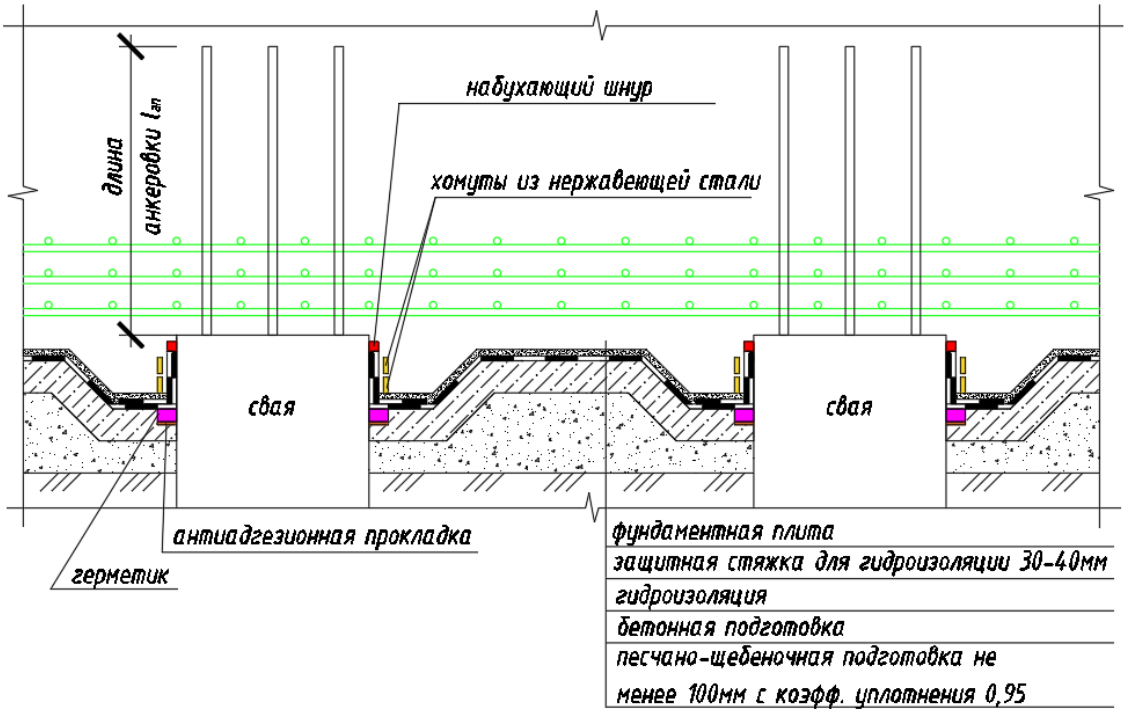
Шарнирное сопряжение ростверка со сваями. Вариант №1.



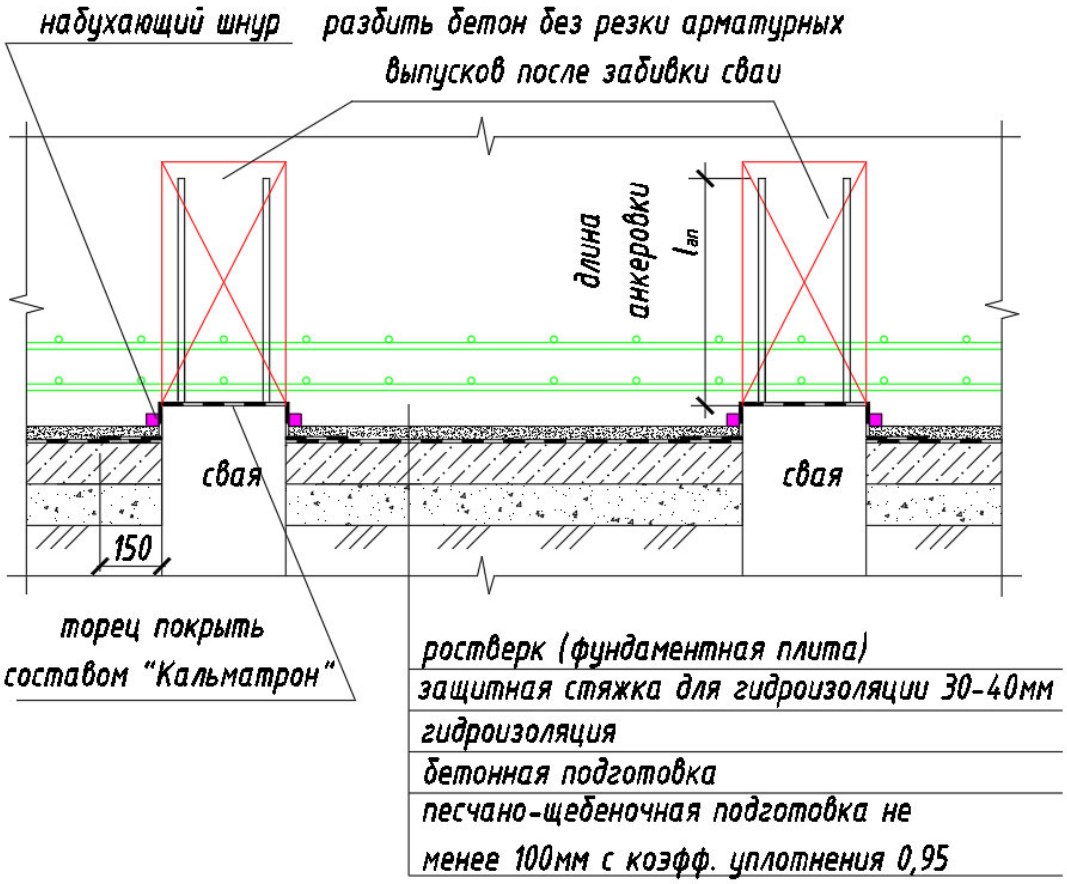
Шарнирное сопряжение ростверка со сваями. Вариант №2.



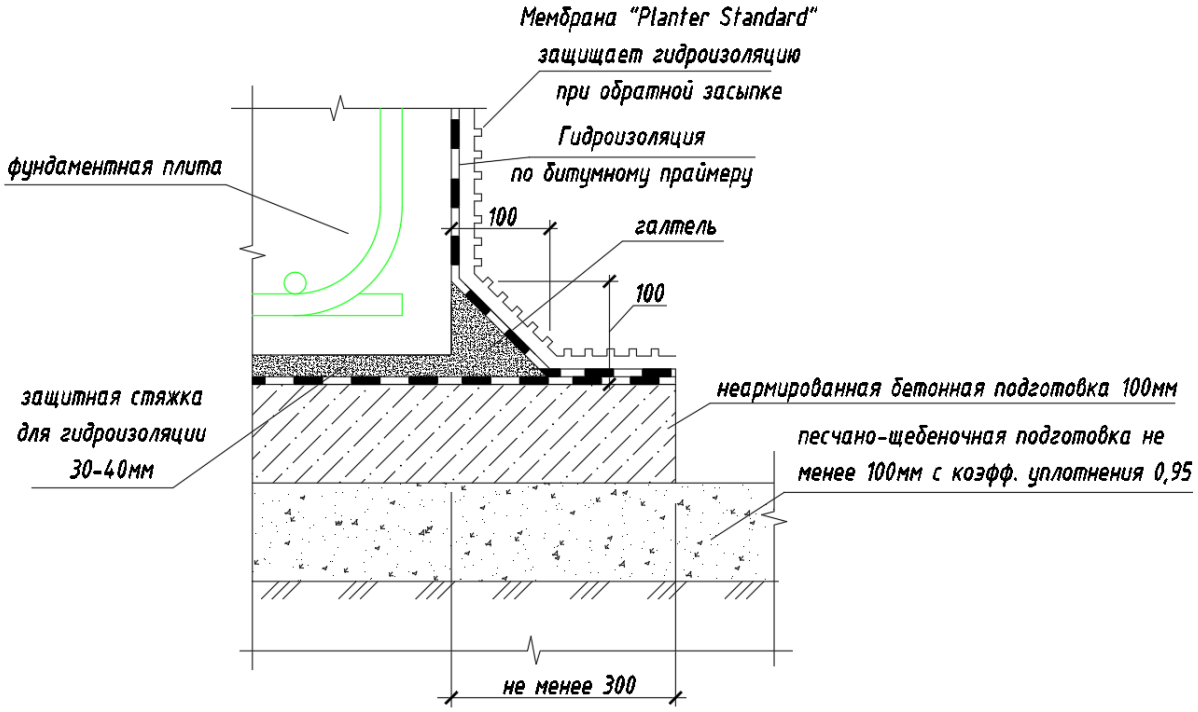
Жесткое сопряжение ростверка с буронабивными (круглыми) сваями



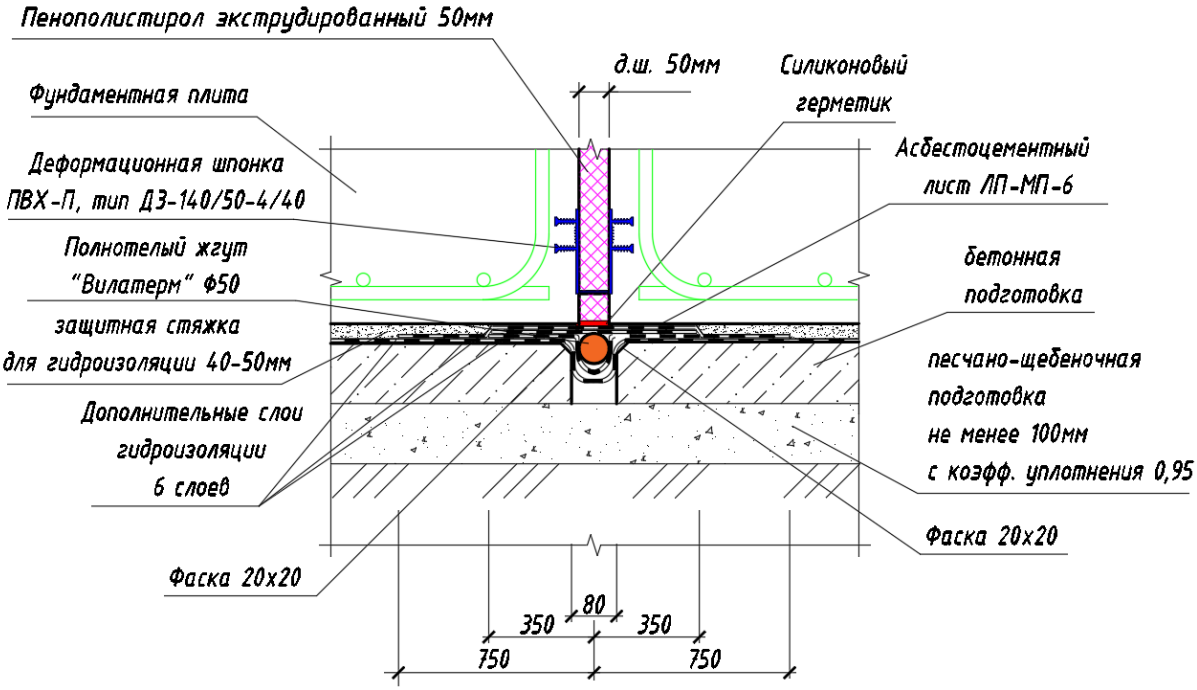
Жесткое сопряжение ростверка с забивными (квадратными) сваями



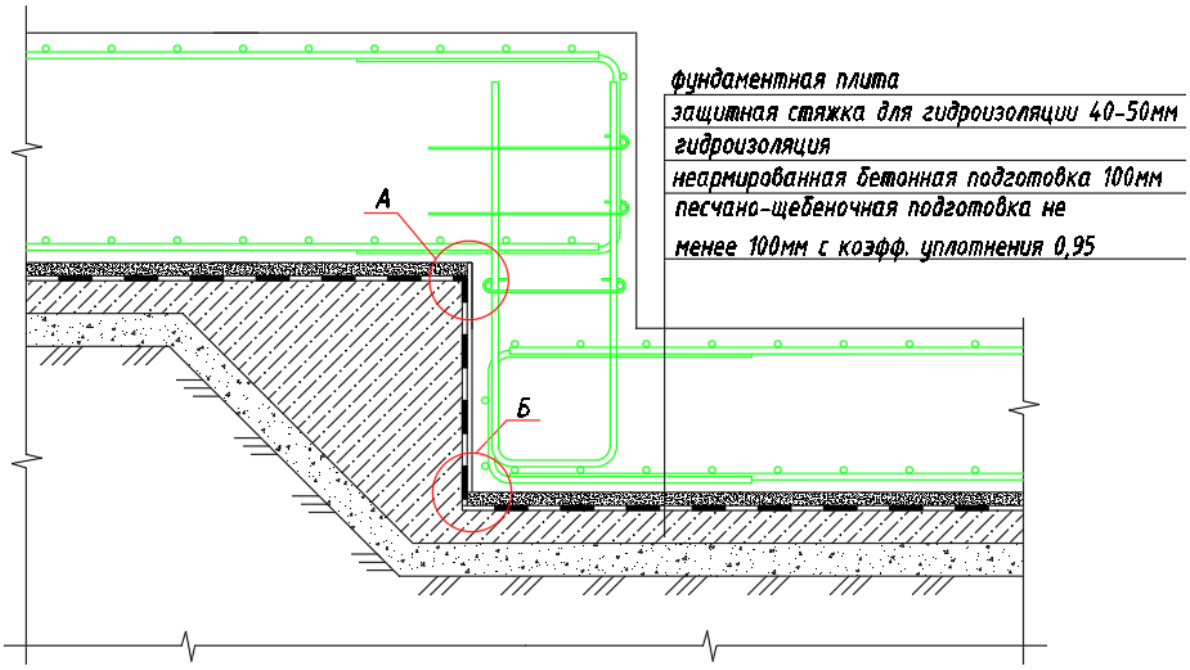
Гидроизоляция торца плиты

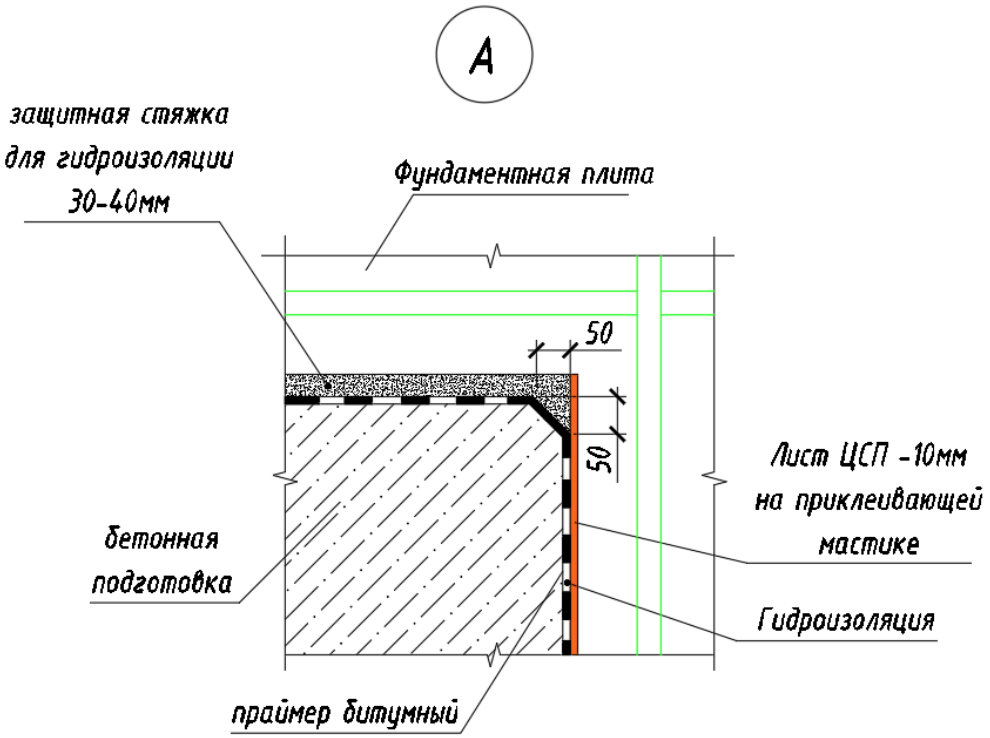


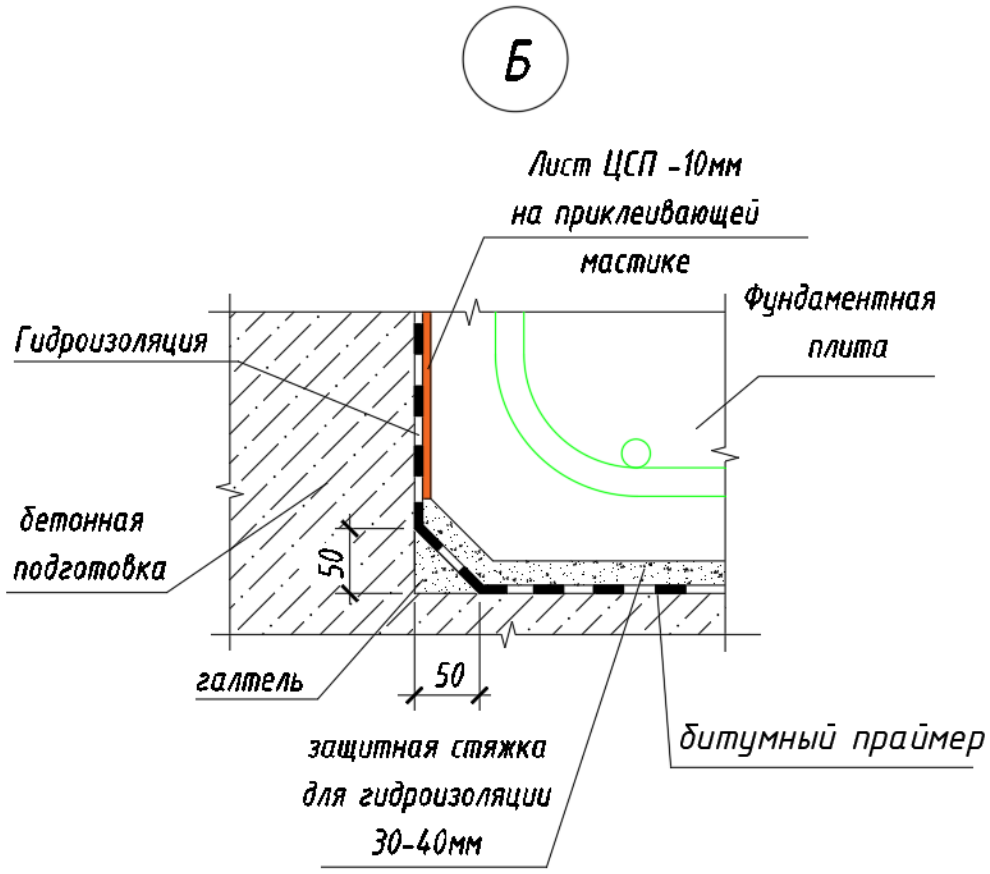
Гидроизоляция деформационного шва



Узлы гидроизоляции приямка




А
защитная стяжка
для гидроизоляции
30-40мм
Фундаментная плита
50
50
Лист ЦСП -10мм
на приклеивающей
мастике
бетонная
подготовка
Гидроизоляция
праймер битумный


Б
Лист ЦСП -10мм
на приклеивающей
мастике
Фундаментная
плита
Гидроизоляция
бетонная
подготовка
50
галтель
50
битумный праймер
защитная стяжка
для гидроизоляции
30-40мм

11. 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;

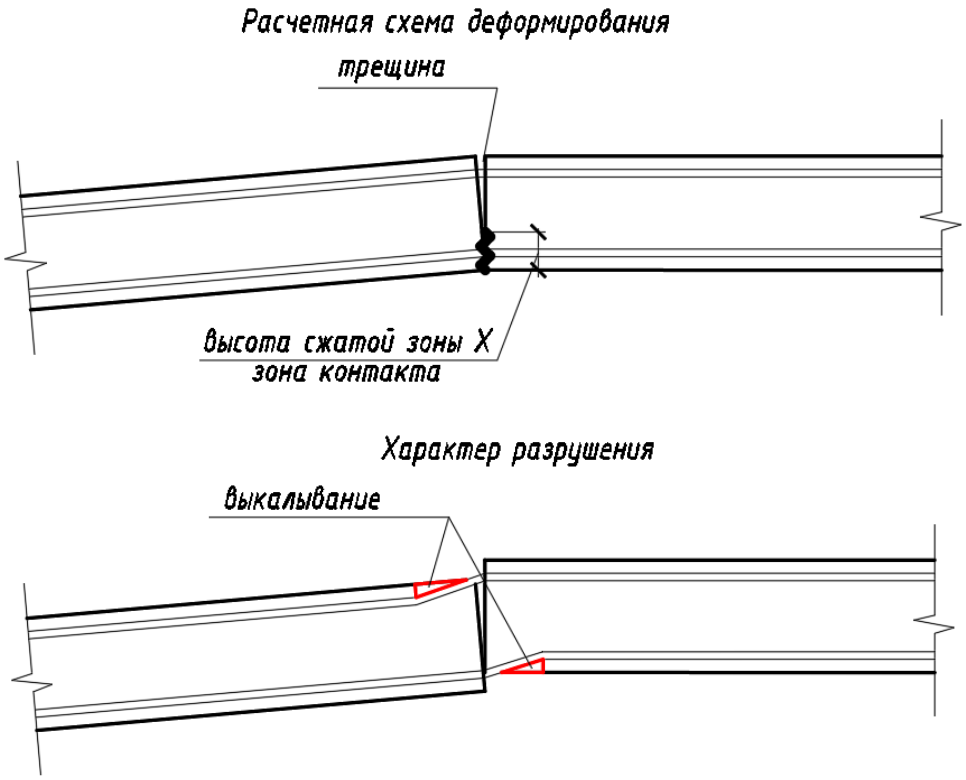
-ребристых покрытий – в направлении, параллельном второстепенным балкам;

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

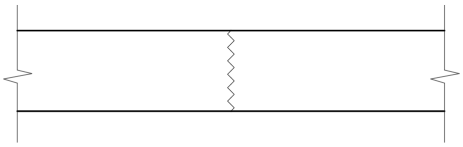
-массивов, арок, сводов, резервуаров, бункеров, гидротехнических сооружений, мостов и других сложных инженерных сооружений и конструкций – в местах, указанных в проекте.

От автора: О фундаментных плитах нормы в прямую не говорят. Обычно рабочие швы в монолитных плитах устраиваются в 1/3-1/4 пролета при этом шов не должен попадать в зону продавливания и отстоять от вертикальных конструкций минимум на величину $2h_0$.

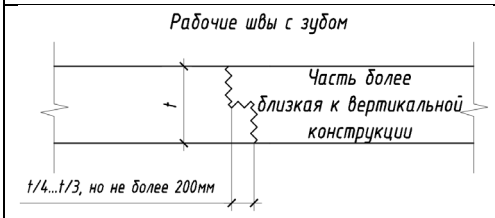
Механика разрушения и схема деформирования. Разрушение происходит от поперечной силы, которая стремится сместить части конструкций друг относительно друга. При этом обычный рабочий шов работает не на полную высоту, а только в той части где имеется сжатая зона (высота **x**). Сжатая зона определяется путем расчета сечения изгибаемого элемента с нахождением высоты сжатой зоны(это можно сделать, например, в программе Статика ТехСофт). Если трещина не раскрывается, то высота **x** принимается по полной высоте плиты.



Справочная таблица 18. Рабочие швы и методика расчета

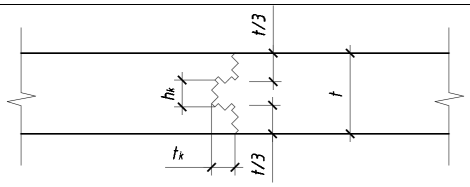
Рабочий шов	*Методика расчета.* **Расчет рабочих швов в нормах не приводится. Далее приведен инженерный подход.**
Обычные рабочие швы перпендикулярные оси балки	
	Расчет ведется по формуле 5.1.28 СП 337.1325800.2017 (применительно). Несущая способность определяется по формуле $$Q_{\text{РШБ}} = \gamma_{b,sh,j} R_{bt} A_{b,j} = \gamma_{b,sh,j} R_{bt} b\, x$$ $\gamma_{b,sh,j}$ – коэффициент принимаемый равным 0,5(как для необработанных швов); R_{bt} – расчетное сопротивление бетона растяжению, МПа; $A_{b,j} = b\, x$ – 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 с зубом



Формулы те же, что и в первом случае, только $\gamma_{b,sh,j}$ – коэффициент принимаемый равным 1(поскольку зацепление гораздо лучше).

Рабочие швы со шпонками



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:

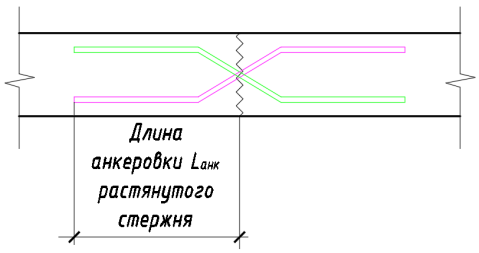
$$Q_{\text{РШБ}} = 2 l_k h_k R_{bt}$$

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;

$A_{b,j} = b\,x$ – 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.

12. Поддерживающие элементы фундаментных плит

Поддерживающие элементы для фундаментных плит – это «стульчики» и «лягушки» и цельные каркасы.

«Стульчик» – это пластиковый фиксатор защитного слоя, устанавливаемый на опалубку и обеспечивающий защитный слой. Шаг установки «стульчиков» по длине арматуры принимают обычно 500мм. На чертежах и в спецификациях стульчики обычно не отображают. Важно отметить, что пластиковые стульчики, как правило, обеспечивают защитный слой кратный 5мм: 15,20,25,30,35,40,45,50. При нестандартных защитных слоях ножки стульчиков приходится спиливать по месту. Толщина фундаментных плит при использовании пластиковых стульчиков рекомендована **не более 800мм, поскольку при большей толщине нагрузки от армирования будут расти. Максимальная нагрузка на один пластиковый «Стульчик» составляет 100…200кг.**

Бетонный фиксатор защитного слоя по сути выполняет ту же функцию и имеет те же размеры что и пластиковый «стульчик». **В отличие от пластикового стульчика применяется при любых размерах фундаментных плит. Максимальная нагрузка на один бетонный фиксатор составляет 1000…1500кг**



Фиксатор защитного слоя «стульчик» из пластика



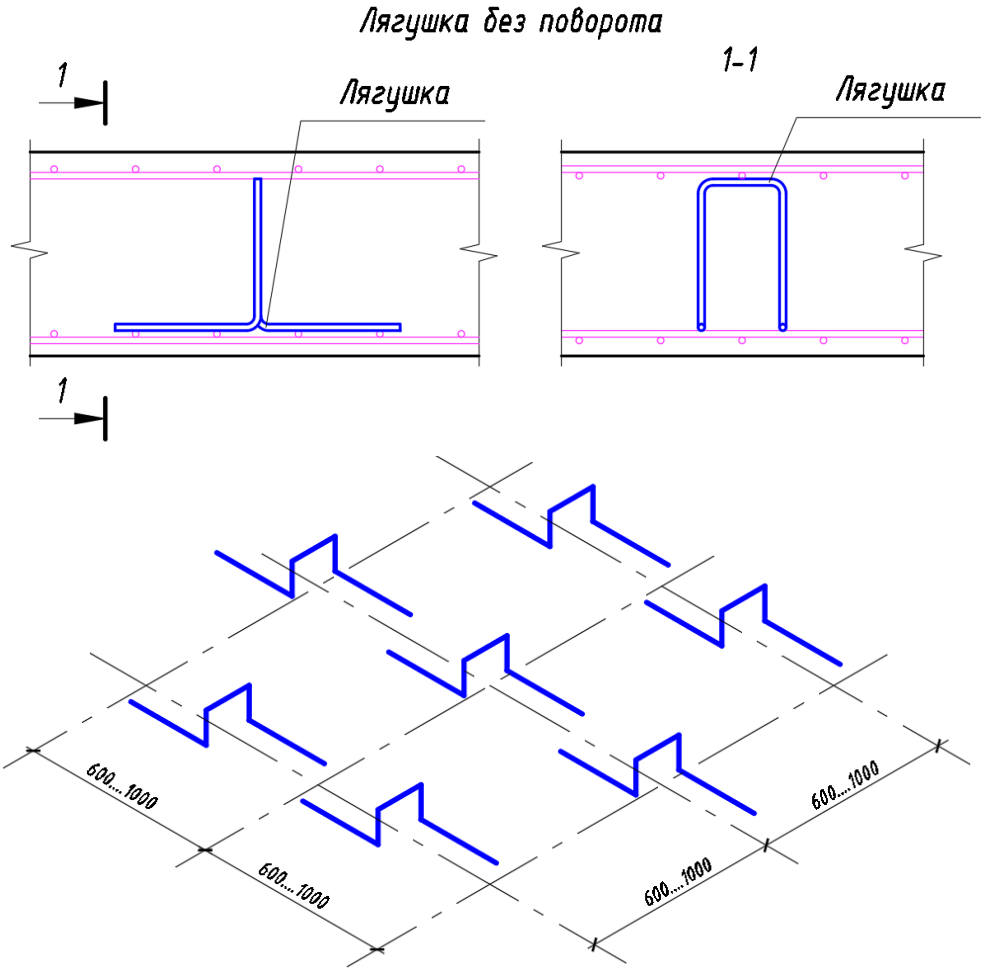
Бетонный фиксатор защитного слоя

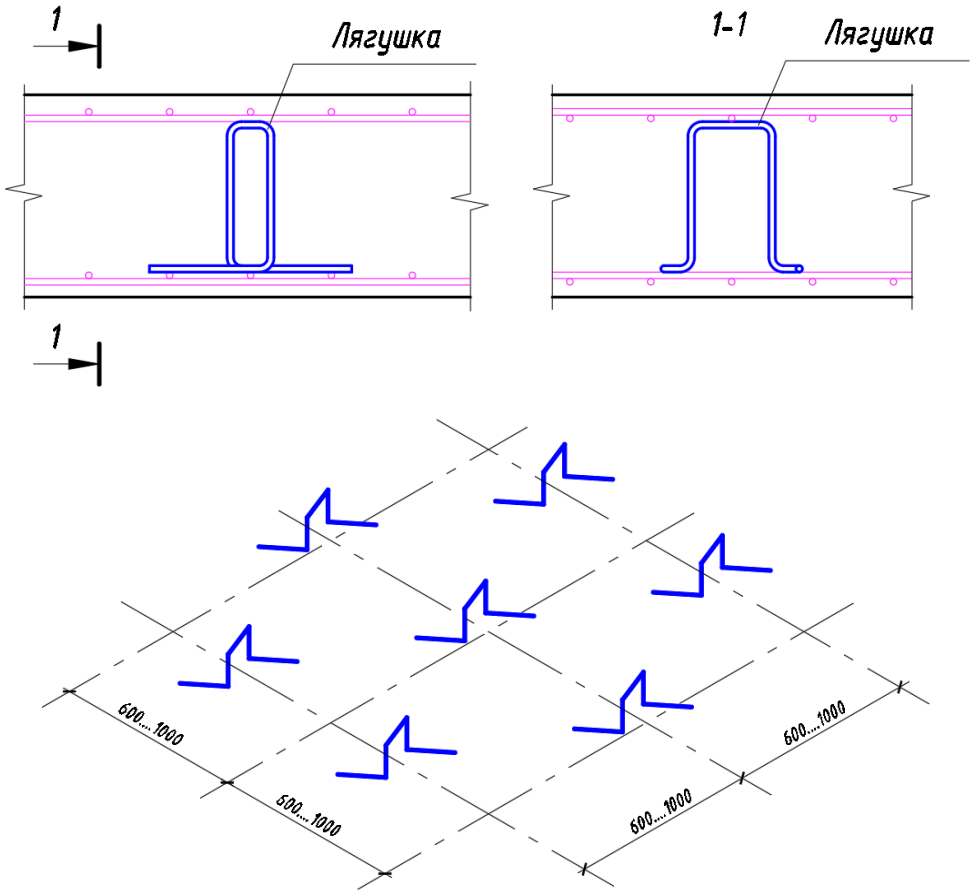
Поддерживающие каркасы для фундаментных плит толщиной до 600мм

«Лягушка» – это элемент, согнутый из арматуры, опираемый на нижнюю сетку армирования и поддерживающий верхнюю сетку.. Также может изготавливаться из обрезков фоновой арматуры. Шаг установки «лягушек» зависит от того, на сколько будет гнуться фоновая арматура при ходьбе строителей по ней.

В спецификацию «лягушки» включают.

Лягушки бывают в двух вариантах. Обычно используются по варианту №2(повернутые), поскольку они требует меньший расход арматуры.





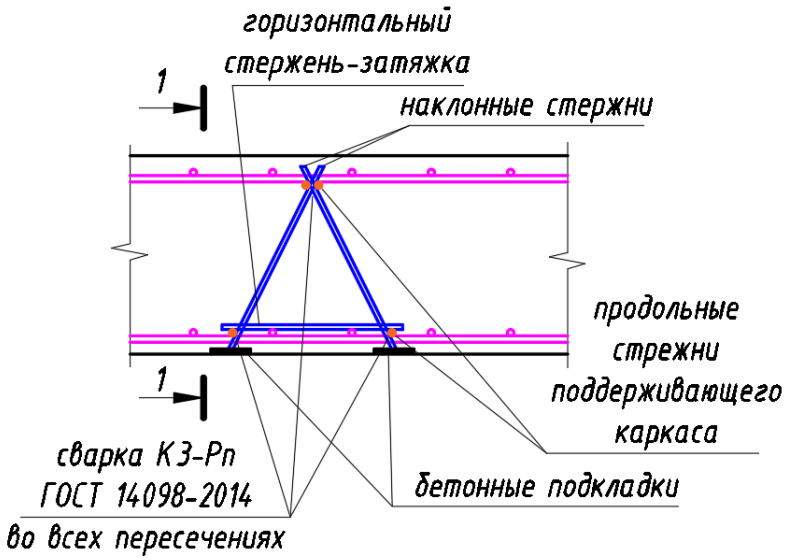
Справочная таблица 19. Примерные шаги установке лягушек.

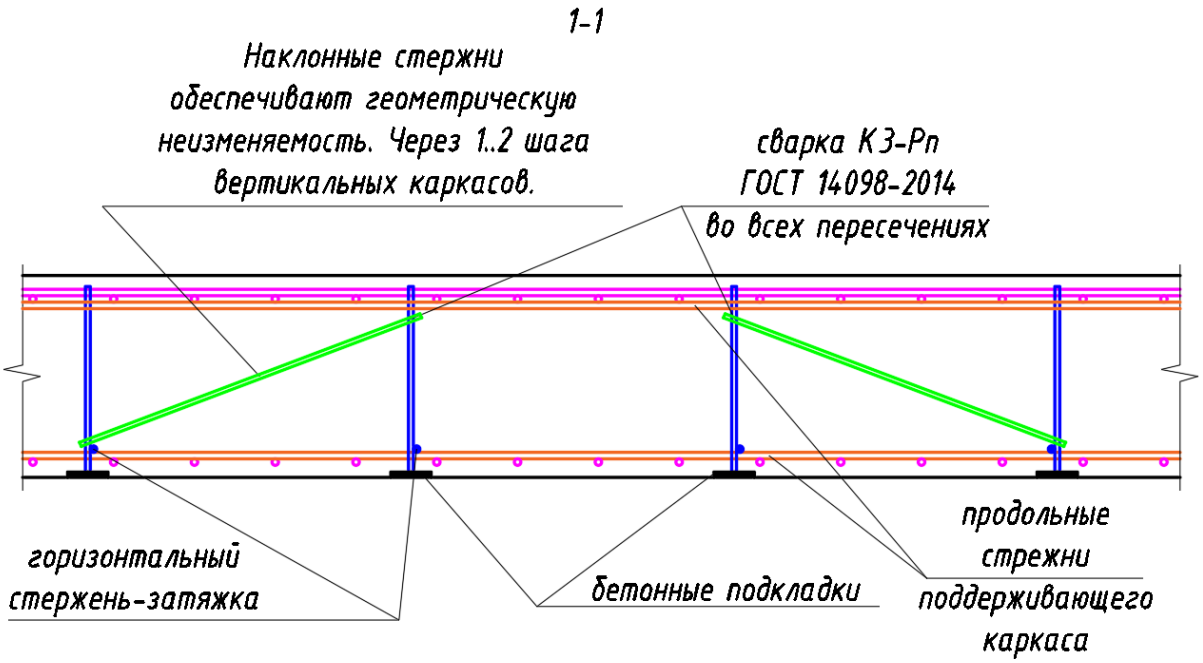
Шаг фоновой арматуры	Диаметр лягушек при высоте фундаментной плиты, мм			Примерный шаг установки «лягушек»
	до 400мм	400...500мм	500...600мм	
150x150	12	14	16	1000x1000
200x200	12	14	16	1000x1000
250x250	12	14	16	1000x1000/750x750
300x300 и более	12	14	16	600x600



Рисунок. «Лягушки» и «Стульчики»

Поддерживающий каркас для фундамента толщиной 400...800мм.

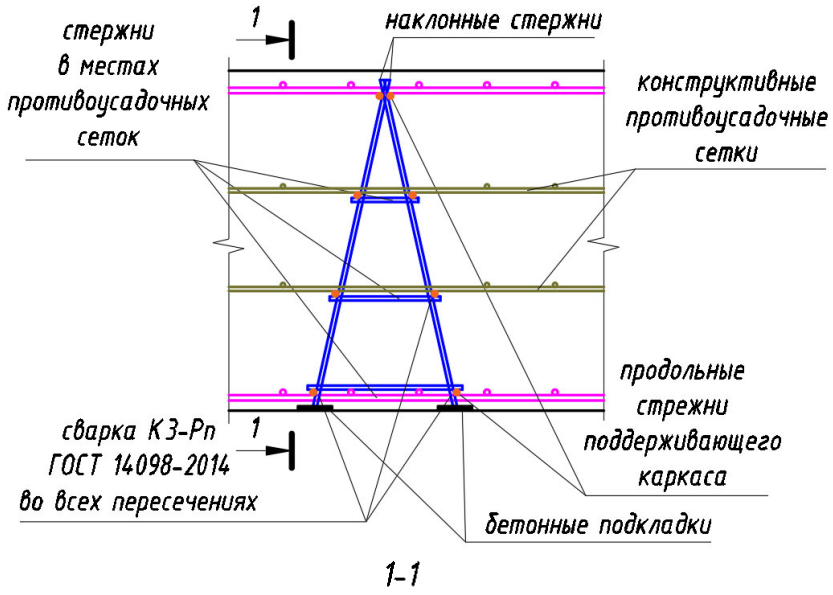




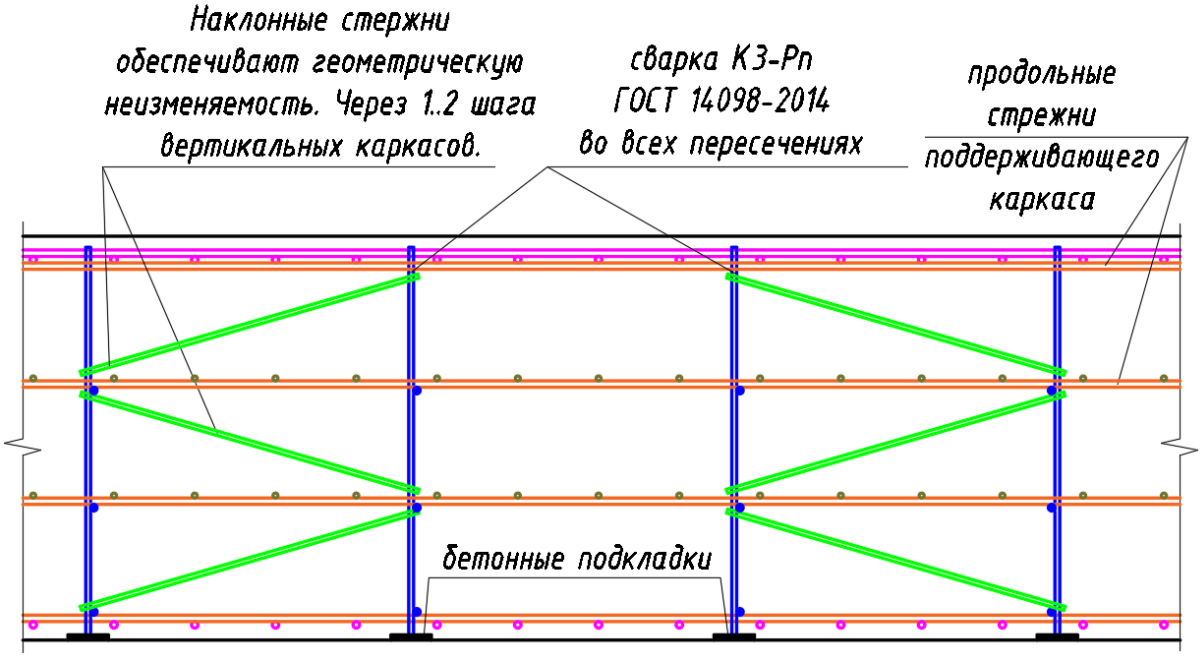
Справочная таблица 20. Минимальные диаметры и максимальные шаги каркасов.

Вертикальные/ Наклонные стержни(стойки) каркаса.	Горизонтальный в плоскости рамы каркаса	Горизонтальный, перпендикулярный плоскости рамы каркаса	Связевые наклонные стержни, перпендикулярные плоскости рамы каркаса	Шаг рам каркаса	Ширина рамы каркаса по низу
Синий	Синий	Оранжевый	Зеленый	Не более 1000мм	400мм
16	16	12	12		

Поддерживающий каркас для фундамента толщиной 800…1200мм.



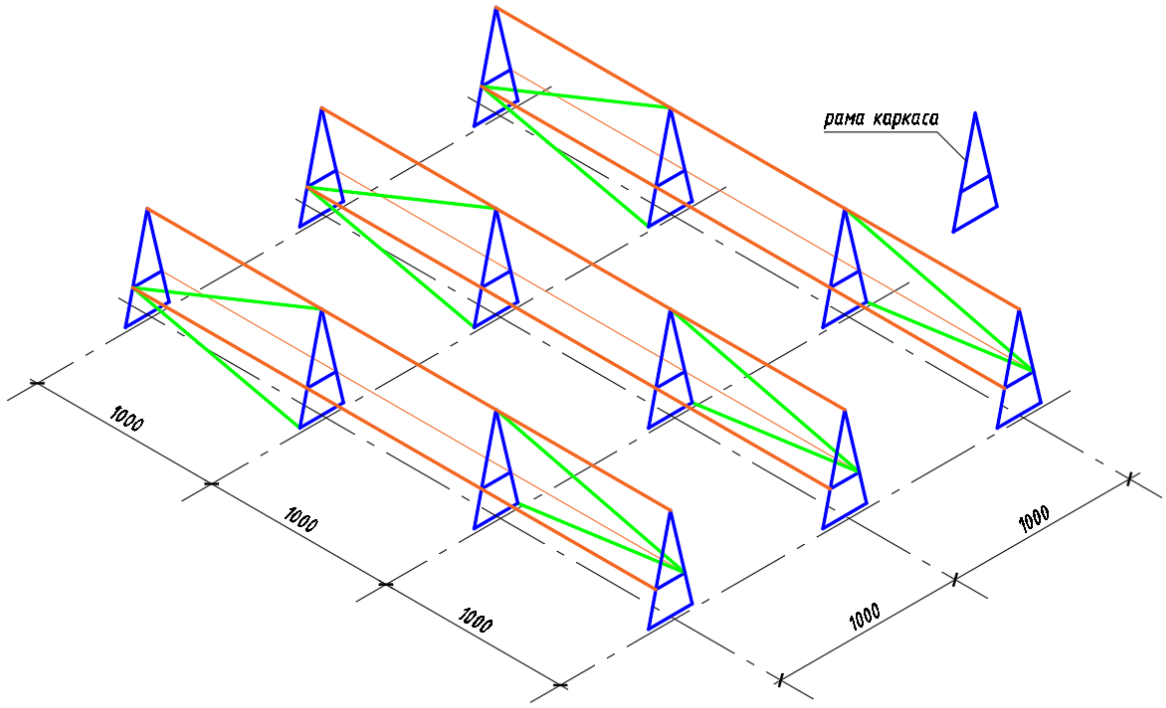
1-1



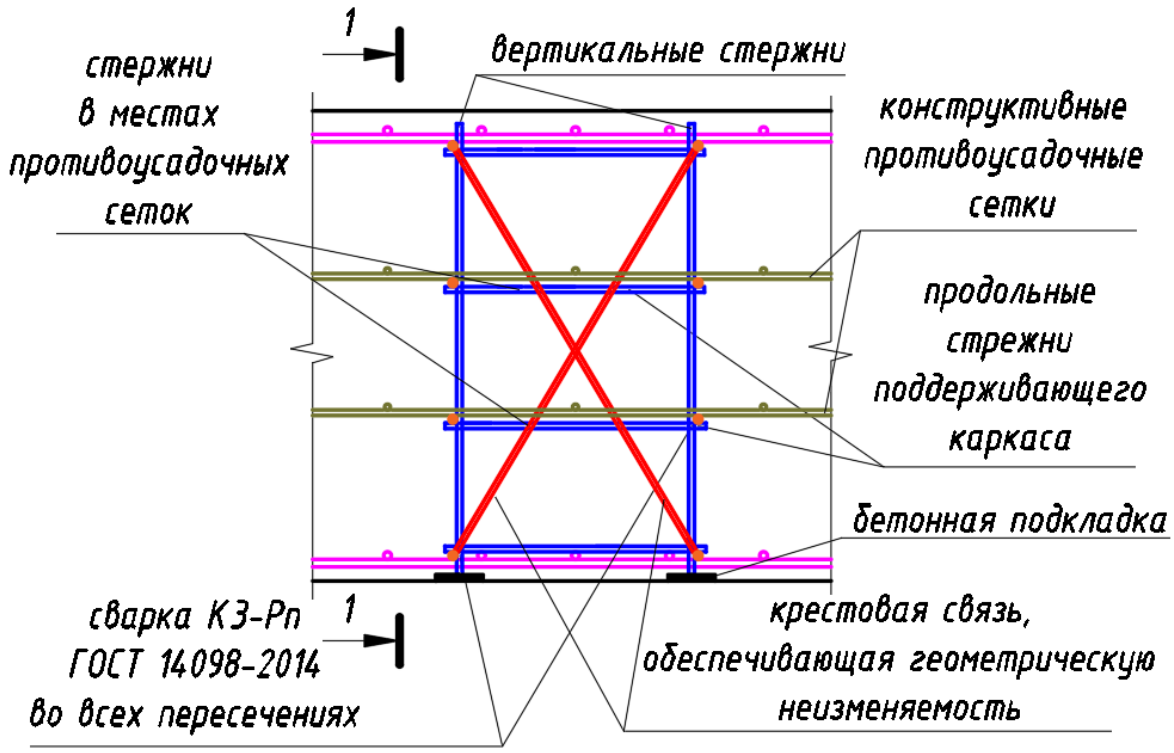
Справочная таблица 21. Минимальные диаметры и максимальные шаги каркасов.

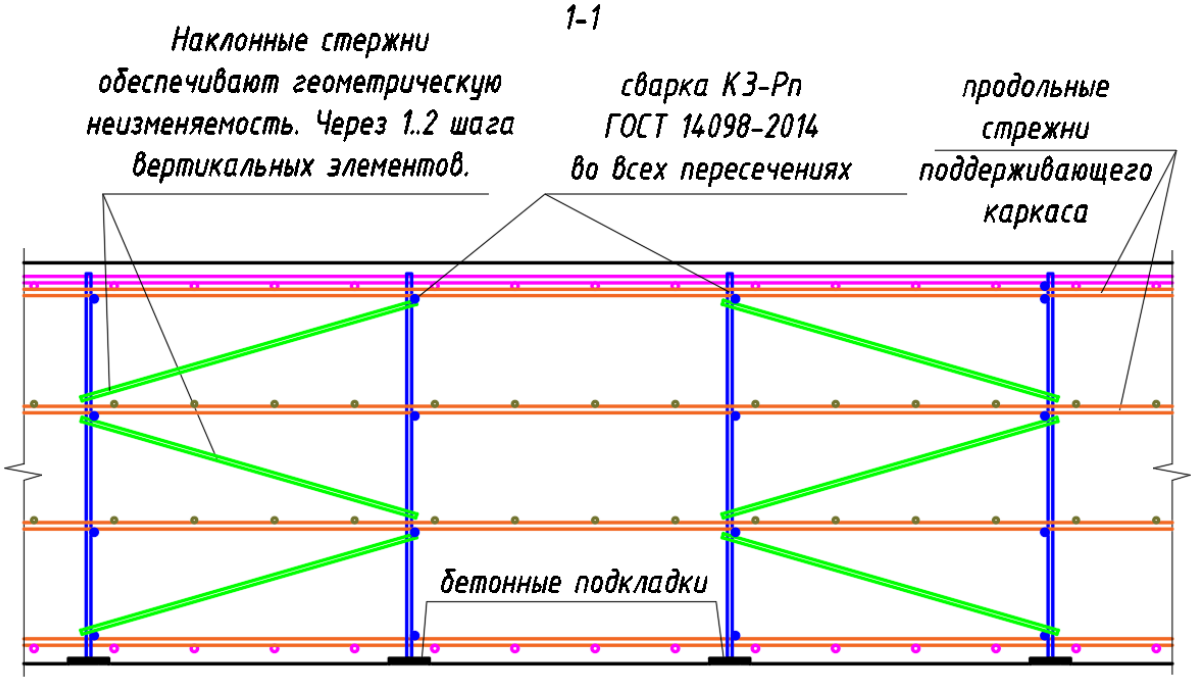
Вертикальные/ Наклонные стержни(стойки) каркаса.	Горизонтальный в плоскости рамы каркаса	Горизонтальный, перпендикулярный плоскости рамы каркаса	Связевые наклонные стержни, перпендикулярные плоскости рамы каркаса	Шаг рам каркаса	Ширина рамы каркаса по низу
Синий	Синий	Оранжевый	Зеленый	**Не более 1000мм**	**400мм** для толщин ФП 800…1000 **500мм** для толщин ФП 1000…1200
20	**16**	**16**	**12**		

Схема расположения треугольных каркасов



Поддерживающий каркас для фундамента толщиной 1200…1500мм.

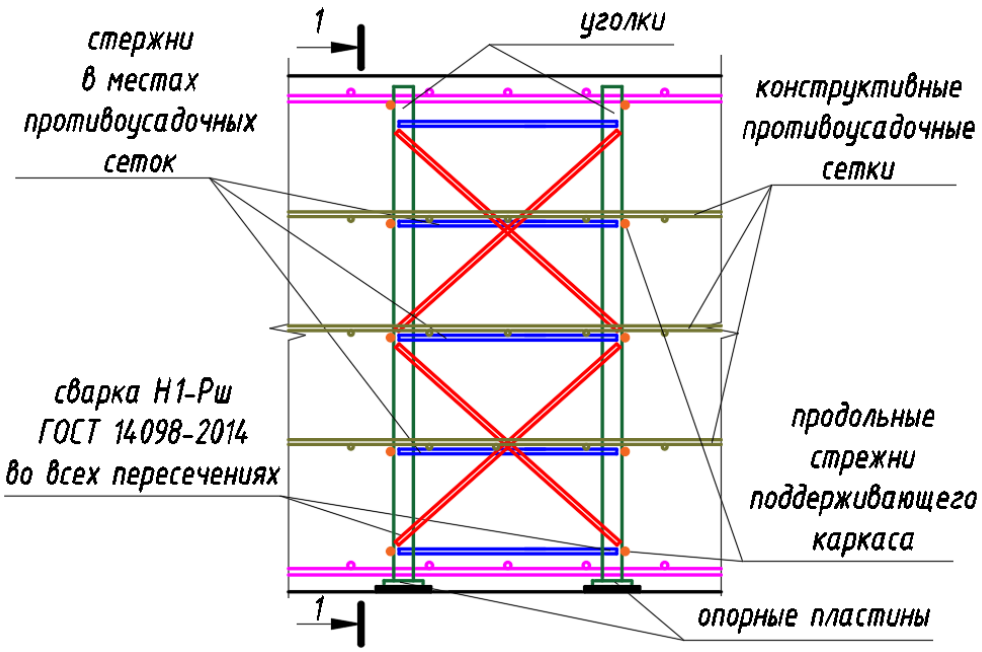




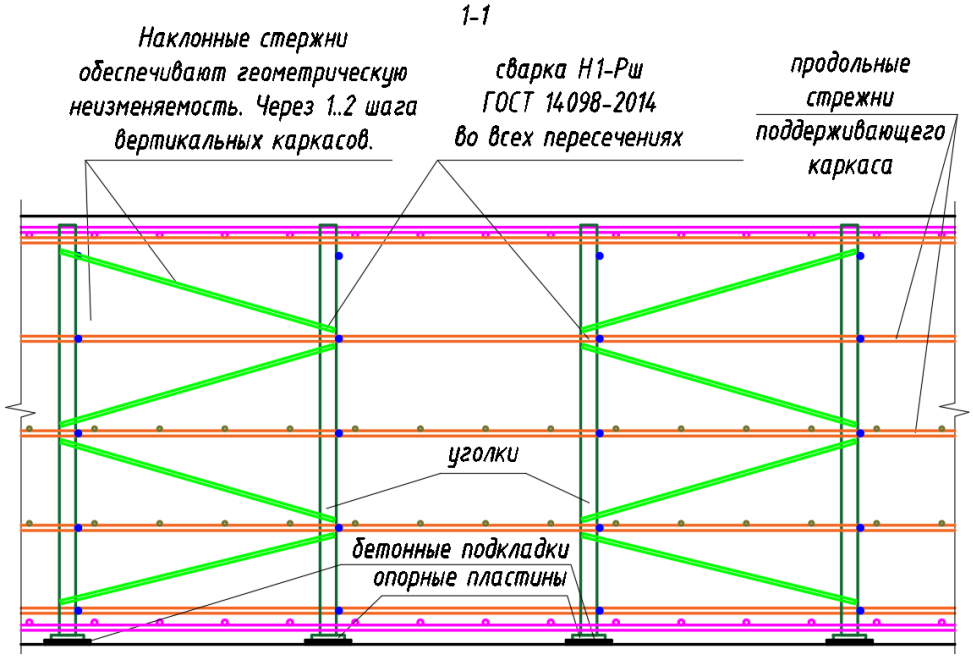
Справочная таблица 22. Минимальные диаметры и максимальные шаги каркасов.

Вертикальные/ Наклонные стержни(стойки) каркаса.	Горизонтальный в плоскости рамы каркаса	Связи в плоскости Рамы каркаса	Горизонтальный, перпендикулярный плоскости рамы каркаса	Связевые наклонные стержни, перпендикулярные плоскости рамы каркаса	Шаг рам каркаса	Ширина рамы каркаса по низу
Синий	Синий	Красный	Оранжевый	Зеленый	Не более 1000мм	500мм для толщин ФП 1200…1500
20	16	20	16	16		

Поддерживающий каркас для фундамента толщиной от 1500мм.



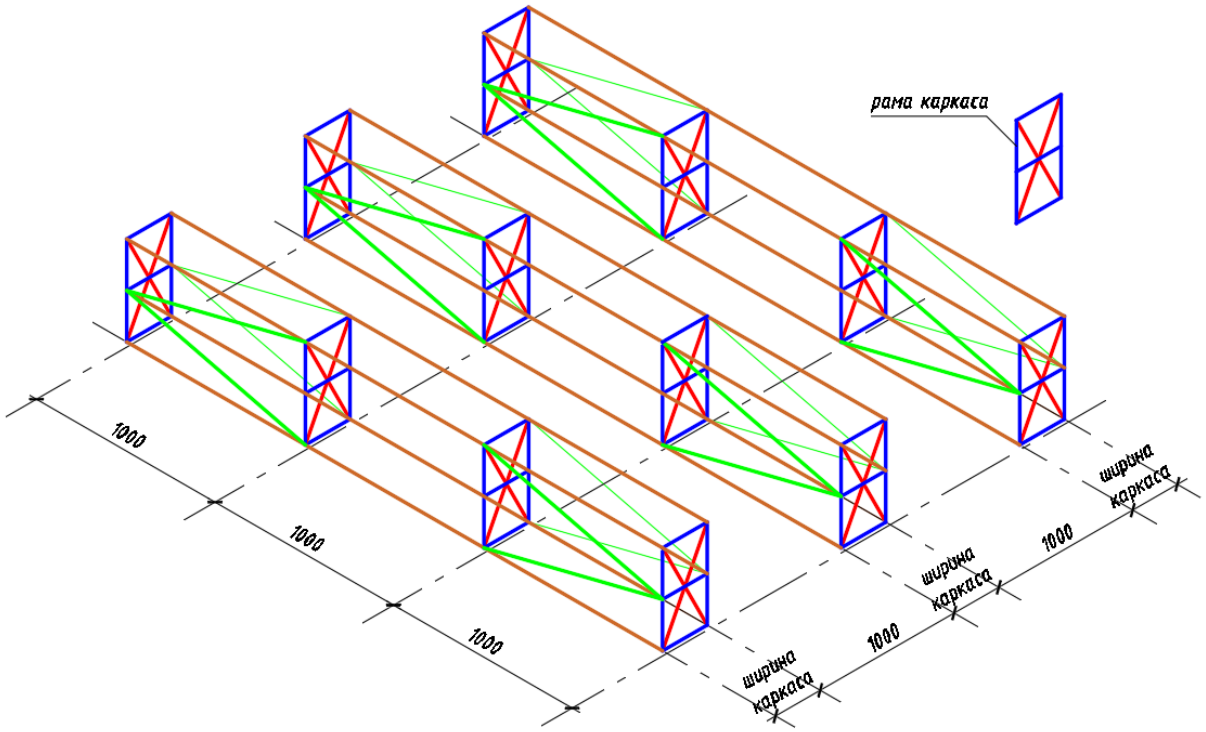
1-1



Справочная таблица 23. Минимальные диаметры и максимальные шаги каркасов.

Вертикальные/ Наклонные стержни(стойки) каркаса.	Горизонтальный в плоскости рамы каркаса	Связи в плоскости рамы каркаса	Горизонтальный, перпендикулярный плоскости рамы каркаса	Связевые наклонные стержни, перпендикулярные плоскости рамы каркаса	Шаг рам каркаса	Ширина рамы каркаса по низу
Зеленый	Синий	Красный	Оранжевый	Зеленый	**Не более 1000мм**	**400мм** для толщин ФП 800...1000 **500мм** для толщин ФП 1000...1200
Уголок 50х32х4 Уголок 50х50х4	**20**	**20**	**20**	**16**		

Схема расположения прямоугольных каркасов



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;

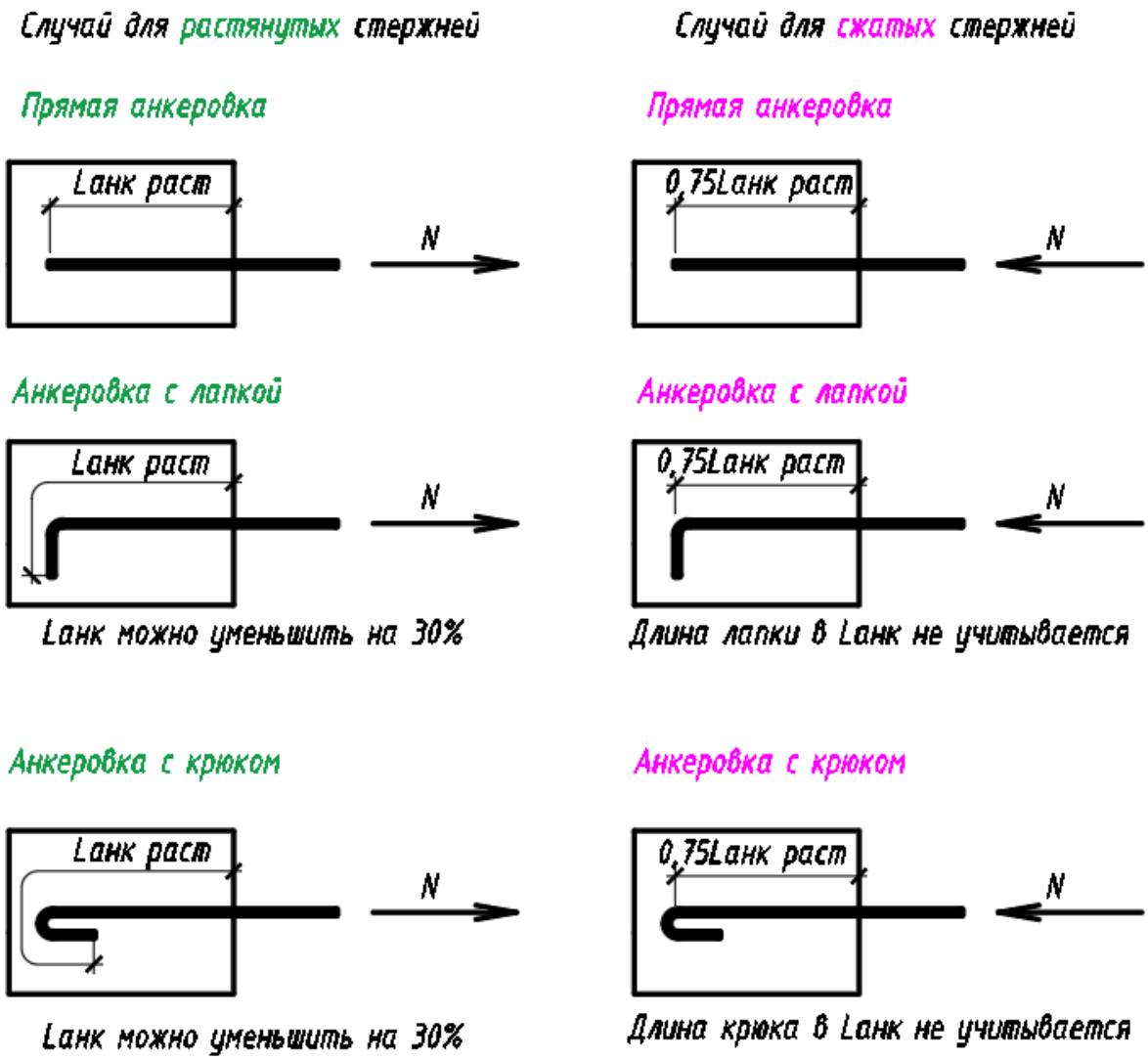
36. СП 499.1325800.2021 Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от карстово-суффозионных процессов. Правила проектирования : свод правил : дата введения 2021-09-03 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2021.

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



Анкеровка и нахлестка для арматуры класса A500 в случае растяжения

по СП 63.13330.2018.

а – анкеровка

н – нахлестка

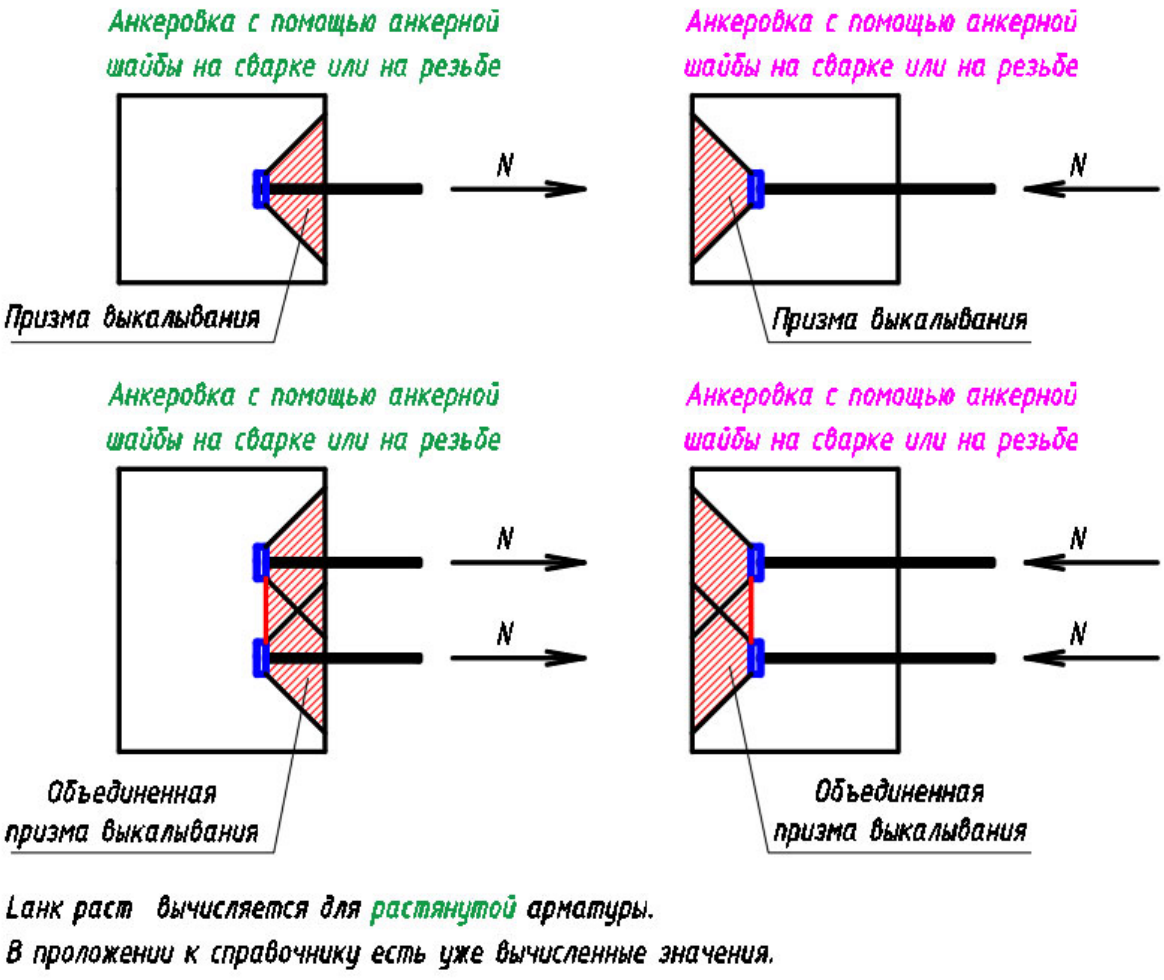
значение вне скобок – значение при работе арматуры на полное расчетное сопротивление R_s

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

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

Минимальная нахлестка, исходя из условий (максимальное значение): 20ϕ, $0,4x1,2l_{0,an}$, 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;

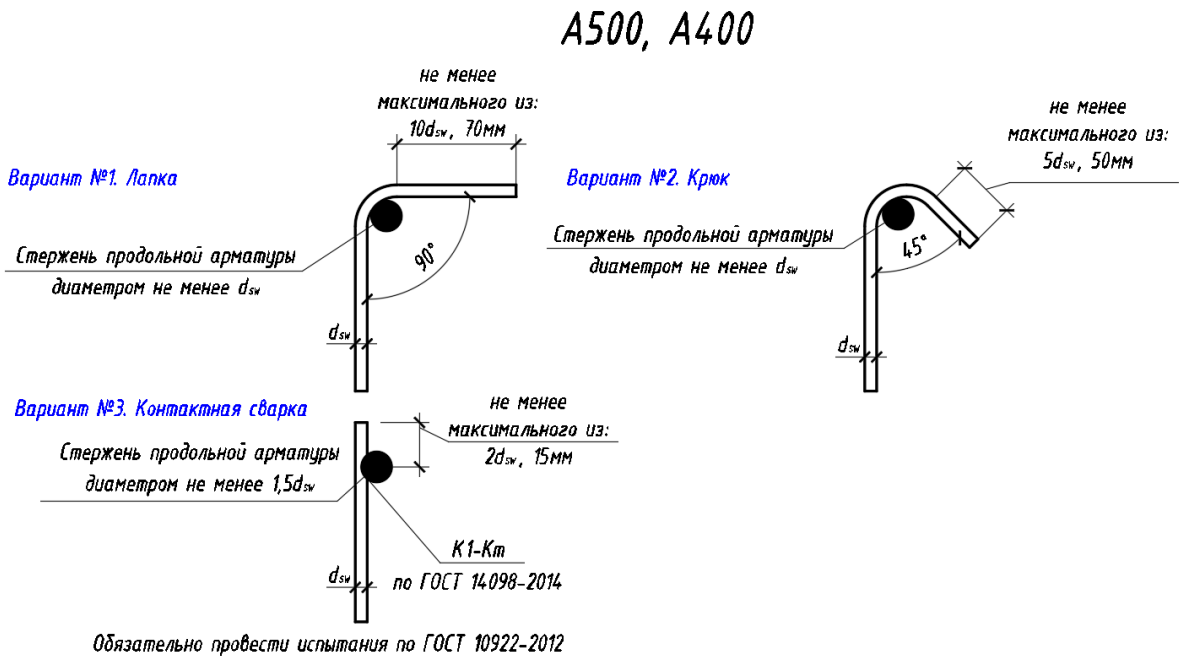
$u_{\text{вык}}$ - периметр контура выкалывания (подробнее см. расчеты на продавливание);

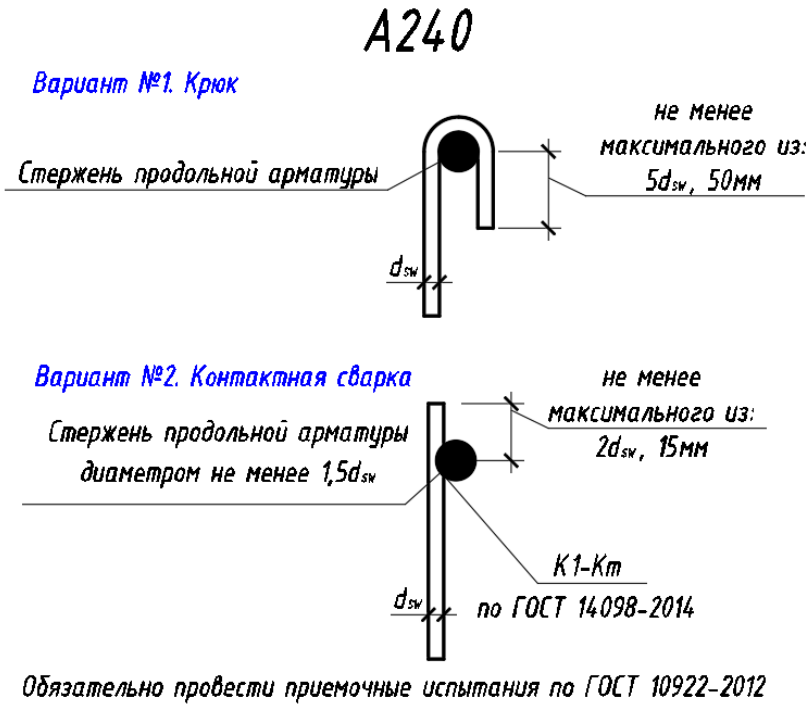
h - высота призмы выкалывания.

Принципы анкеровки поперечной арматуры

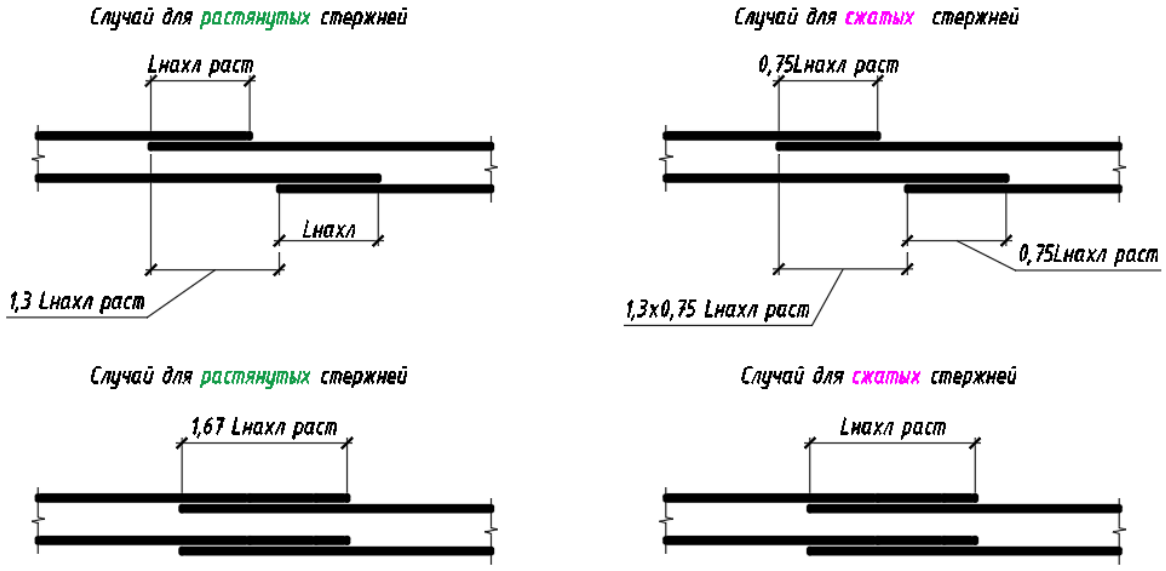
В анкеровке поперечной арматуры используются подходы, основанные на загибах стержней вокруг продольной арматуры. Также широко используется контактная сварка к перпендикулярно идущим стержням.

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):

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

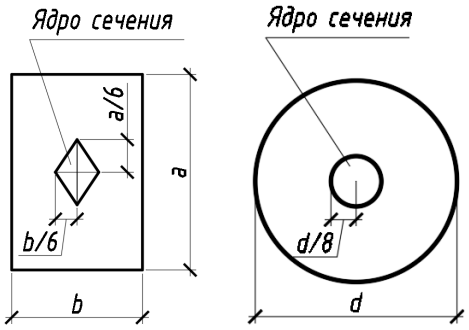
При соединении арматуры периодического профиля с прямыми концами, а также гладких стержней с крюками или петлями без дополнительных анкерующих устройств

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: $20\boldsymbol{d_s}, \boldsymbol{250}$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 эксплуатауии 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.

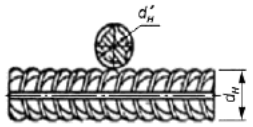
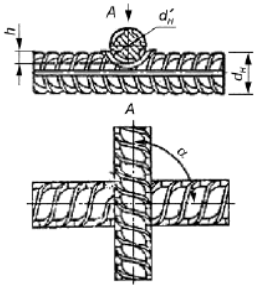
Таблица Б.1 – Оценка эксплуатационных качеств сварных соединений при статической нагрузке (Таблица А.1 ГОСТ 14098-2014).

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.

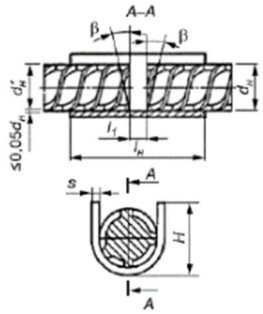
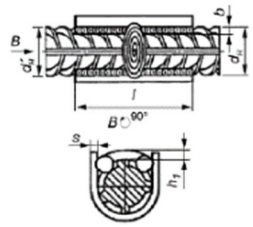
Сварные соединения арматуры между собой

К1–Кт

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						

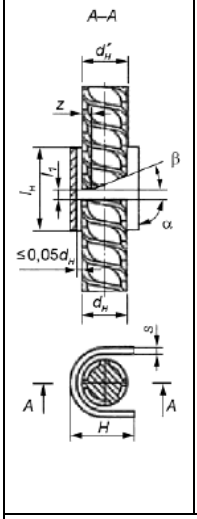
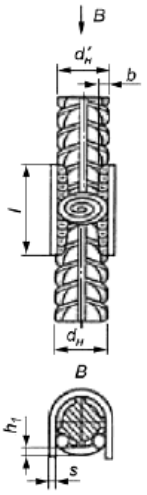
Примечание – Значения $d'_н/d_н$, не совпадающие с приведенными, следует округлять до ближайшего значения, указанного в настоящей таблице.

С14–Мп, 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								

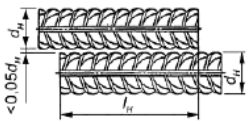
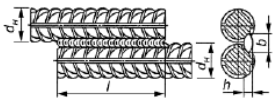
Примечание – Для $d_н = 20 - 25$мм $s = 6$мм, для $d_н = 28 - 40$мм $s = 8$мм.

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											
		A240	20-40	0,5-1,0	6-8	90°	30°-40°	$\leq 0,15d_н$	$\geq 3d_н + l_1$	$\begin{pmatrix}0,35 \dots \\ 0,40\end{pmatrix} d_н$	$\leq 1,2d_н + s$	$\leq 0,05d_н$
		A400C							$\geq 4d_н + l_1$			
		A500C										
		A600C										

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

С23-Рэ, С23-Мэ

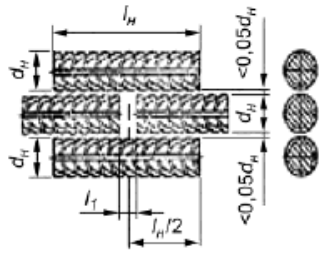
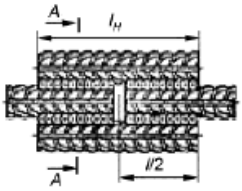
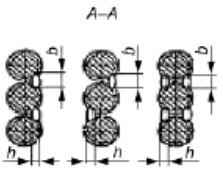
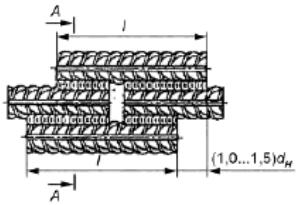
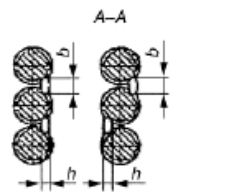
Соединение арматуры		Класс арматуры	$d_н$, мм	$l_н = l$, мм	b, мм	h, мм
до сварки	после сварки					
		A240	10-25	$\geq 6d_н$	$\geq 0,5d_н$, но > 8	$\geq 0,25d_н$, но ≥ 4
		A400		$\geq 8d_н$		
		A500C	10-25	$\geq 8d_н$		
		A600C		$\geq 10d_н$		
		B500C	10-12	$\geq 8d_н$		

Примечания

1 Допускается применение соединений стержней при любом сочетании их диаметров в пределах, указанных в настоящей таблице, при этом размеры l, b, h }, 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	$\geq 8d_н$			

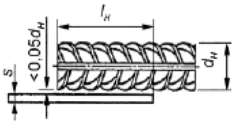
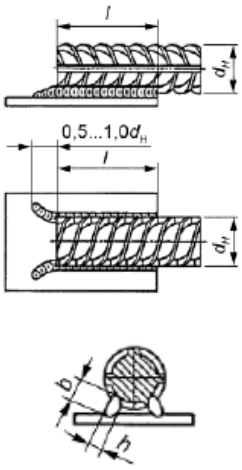
Примечания

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

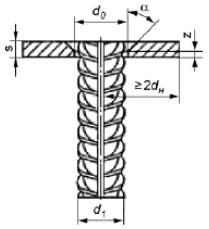
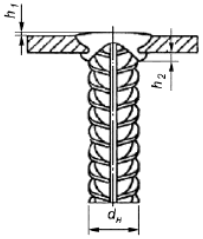
2 Допускаются двусторонние швы длиной $4\,d_н$ для соединений арматуры классов А240, А400С.

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.

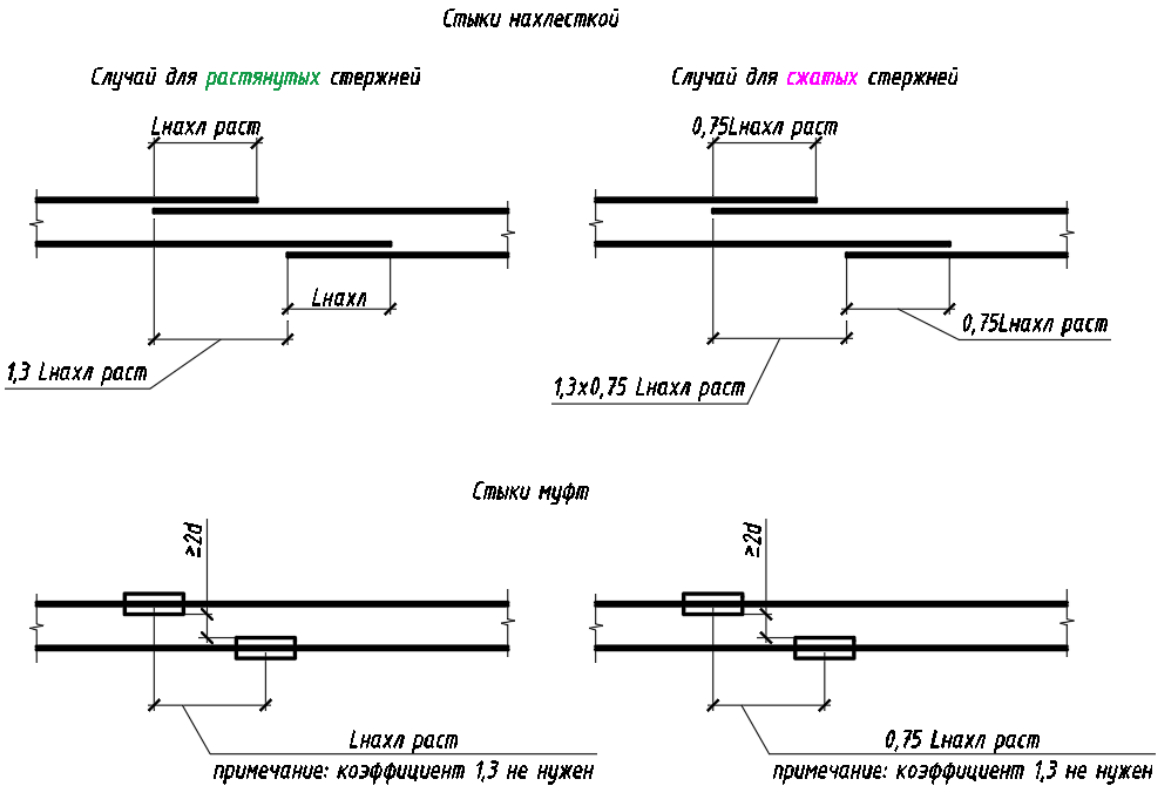
2 При использовании закладных деталей с анкерами из стали класса А600С следует руководствоваться указаниями 5.6.

Приложение В. Муфтовые соединения и изделия

Частые вопросы:

1. Нужна ли раздежка в муфтовых соединениях?

В соответствии с приложением К СП 63.13330.2018:
Раздежка 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.

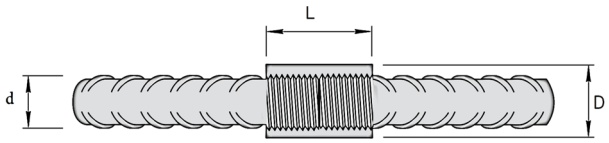
Наиболее часто используют с цилиндрической резьбой, поскольку они прощают некоторые ошибки при производстве работ.

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

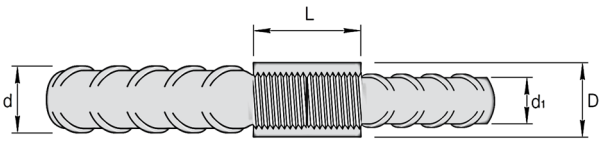
Справочная таблица. Типы резьбовых цилиндрических муфт

Тип А

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

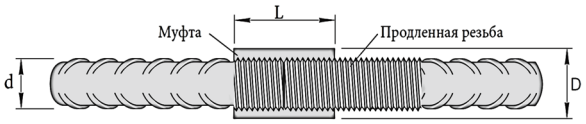


Имеются муфты с переходом с диаметра.

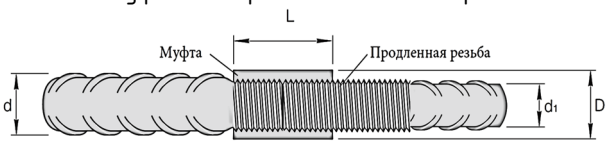


Тип Б

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

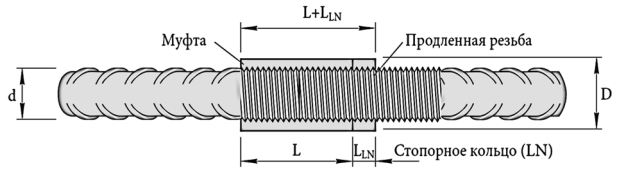


Имеются муфты с переходом с диаметра.

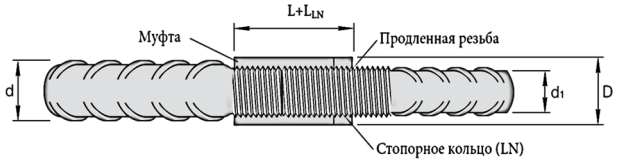


Тип В

При отсутствии возможности вращения обоих стержней.

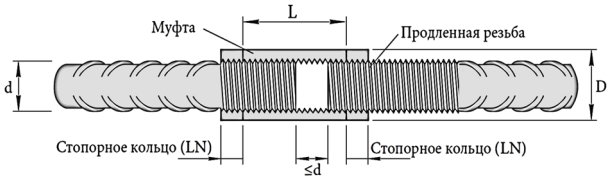


Имеются муфты с переходом с диаметра.



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

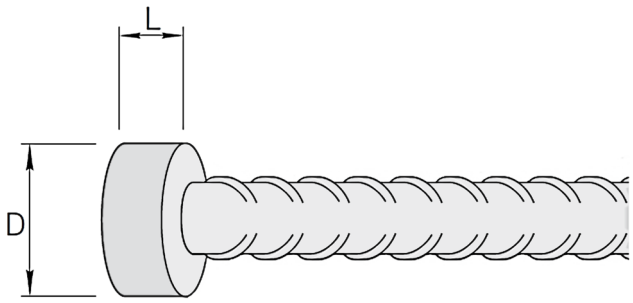
Справочная таблица. Размеры цилиндрических муфт. Тип В. Накатанная резьба.

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

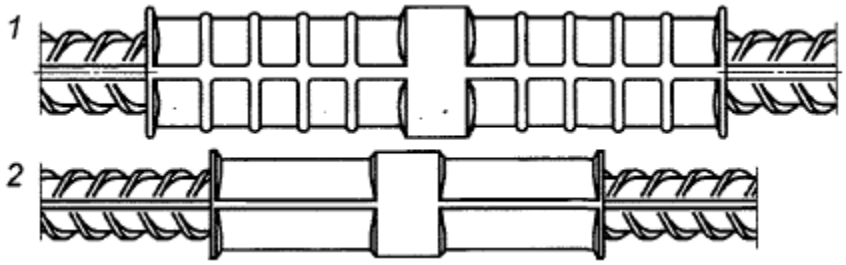


Рисунок. *1* - с промежутками; *2* - без промежутков (рисунок из приложения СП 63.13330.2018).

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

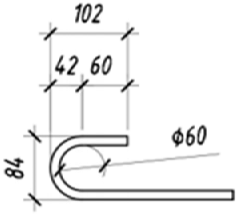
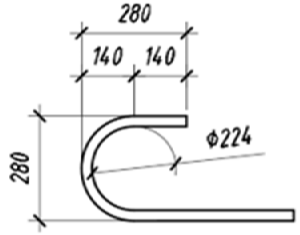
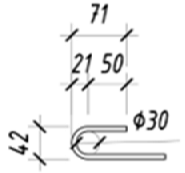
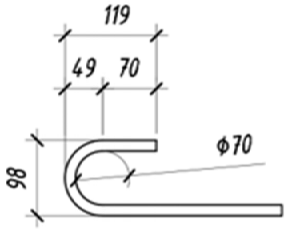
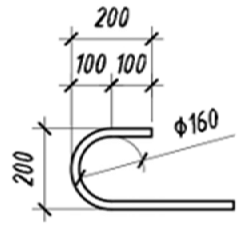
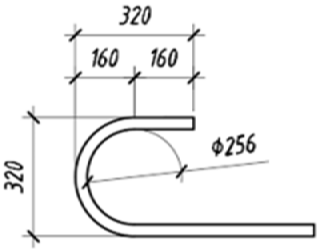
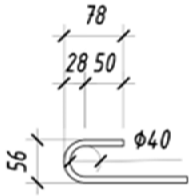
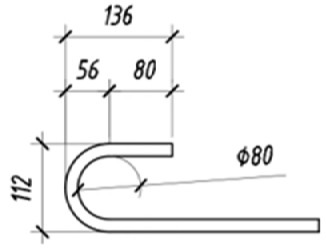
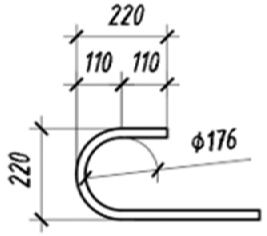
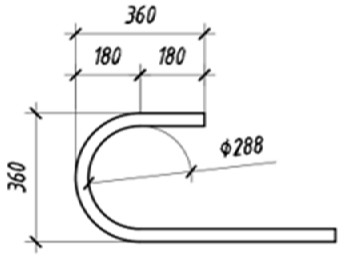
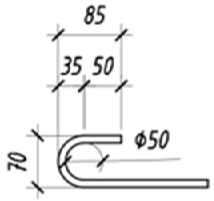
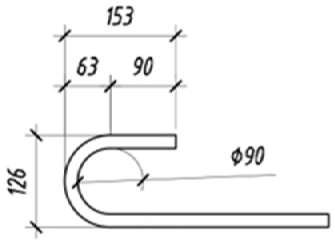
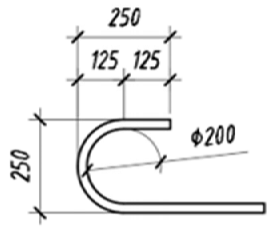
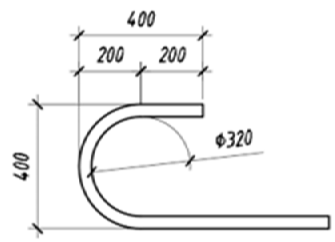
Приложение Г. Площадь арматуры

Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, см² в зависимости от количества стержней арматуры										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Масса 1 пог.м, кг
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 (А240)

$d_{on}=2,5d_s$ Ø 6 ... Ø 18	Ø 12	$d_{on}=4d_s$ 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