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 11

ДЕТАЛЬНЫЙ РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СВАЙ

ISBN 978-5-6054301-1-7

© 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 13 частях] : справочник / С.В. Шокот – Москва: Издатель С.В. Шокот, 2025. – URL: https://дом-жбк.рф/Части-справочника/. – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-0-1

Ч.11.: Детальный расчет и конструирование свай. –2026 – Текст : электронный. (8,0 Мб).

ISBN 978-5-6054301-1-7 (ч.11)

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

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

Справочное электронное издание

© С.В. Шокот, 2026

Издание публикуется в авторской редакции

Техническая обработка и подготовка материалов С.В. Шокота

Для создания электронного издания использовано:

Microsoft Word 2010, ПО Adobe Acrobat

Дата размещения первой редакции на сайте: 18.05.2025.

Издатель С.В. Шокот.

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

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

ISBN 978-5-6054300-0-1

Дата выпуска первой редакции: 18.05.2025.

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

ISBN 978-5-6054300-1-8 (ч.1)

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

ISBN 978-5-6054300-2-5 (ч.2)

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

ISBN 978-5-6054300-3-2 (ч.3)

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

ISBN 978-5-6054300-4-9 (ч.4)

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

ISBN 978-5-6054300-5-6 (ч.5)

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

ISBN 978-5-6054300-6-3 (ч.6)

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

ISBN 978-5-6054300-7-0 (ч.7)

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

ISBN 978-5-6054300-8-7 (ч.8)

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

ISBN 978-5-6054300-9-4 (ч.9)

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

ISBN 978-5-6054301-0-0 (ч.10)

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

ISBN 978-5-6054301-1-7 (ч.11)

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

ISBN 978-5-6054301-2-4 (ч.12)

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

ISBN 978-5-6054301-3-1 (ч.13)

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

ISBN 978-5-6054301-6-2 (ч.14)

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

ISBN 978-5-6054301-7-9 (ч.15)

Содержание

		Стр.
	Термины и определения	6
1.	Расчетные подходы	7
2.1.	Конструктивные требования к армированию и защитным слоям	13
2.2.	Конструктивные требования к бетону	18
3.	Общие положения и возможные ошибки при расчете	21
4.	Определение усилий	23
5.	Расчетная длина сваи	24
6.	Конструирование буронабивных свай	28
6.1.	Конструирование свай с цементацией известняков	37
7.	Подбор сборных свай	38
8.	Выбор жесткого или шарнирного стыка сваи и ростверка	42
9.	Жесткие стыки	43
10.	Шарнирные стыки	44
11.	Испытания свай статической нагрузкой	45
12.	Требования по заделке нижних концов свай в грунт	60
13.	Расчет смятия в узлах	61
	Библиография	63
	Приложение А. Принципы анкеровки и нахлестки	66
	Приложение Б. Сварные соединения	73
	Приложение В. Муфтовые соединения и изделия	79
	Приложение Г. Площадь арматуры	86
	Приложение Д. Минимальная оправка(загиб) арматуры	89

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

Результаты определения усилий в сваях 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 сваях.

2) абсолютная осадка

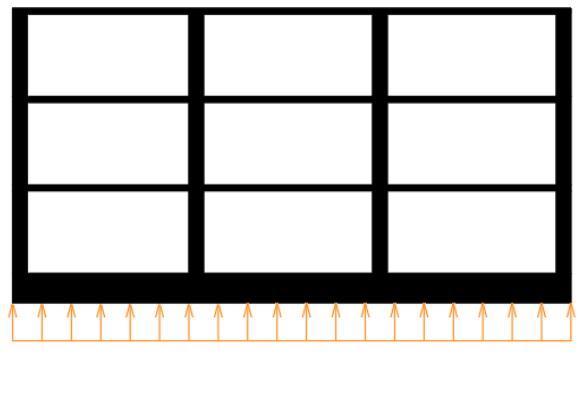
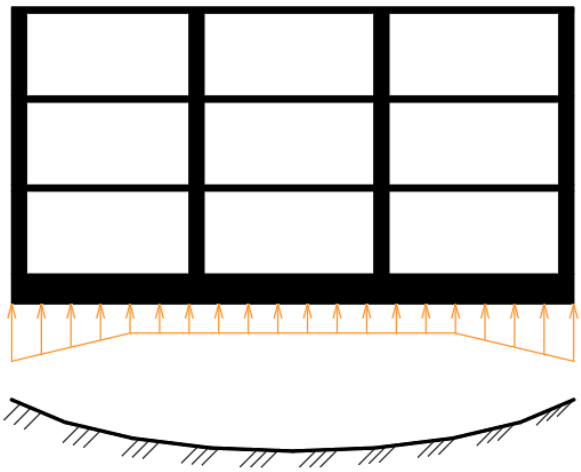
Сама **абсолютная величина осадки** никак **не влияет** на распределение усилий. Влияет только то, насколько будет разница(разность) осадок.

3) относительная разница (разность) осадок.

Чем жестче основание (чем меньше осадка), тем больше нагрузка концентрируется к центру.

Чем более податливое основание (чем больше осадка), тем нагрузка больше распределяется на крайние и угловые сваи.

В целом эффект описан в 8.1.3.16. СП 267.1325800.2016: При проектировании свайных фундаментов необходимо учитывать перегрузку крайних и угловых свай относительно центральных. В соответствии с результатами мониторинга и выполненных расчетов крайние и угловые сваи воспринимают усилия в два-три раза больше, чем центральные.

	
Абсолютно жесткое основание. Давление на основание распределяется равномерно в соответствии с грузовыми площадями.	Реальная работа основания. Давление на основание распределяется неравномерно и концентрируется в краевых/угловых зонах

Далее показан пример распределения усилий для здания из справочника.

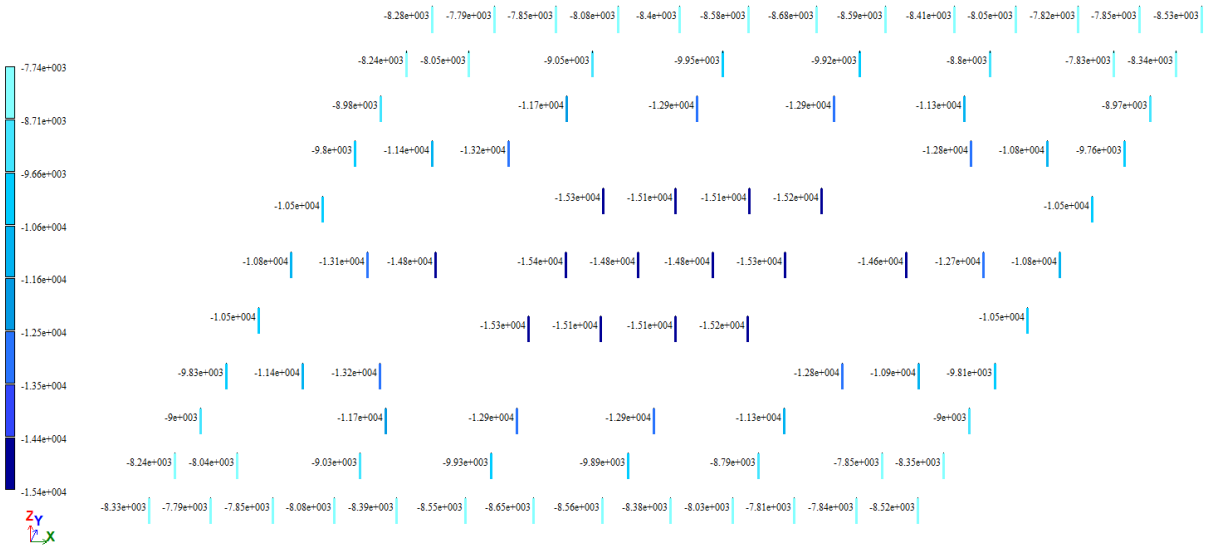


Рисунок. Усилия в сваях при жестком защемлении (наложены жесткие связи).

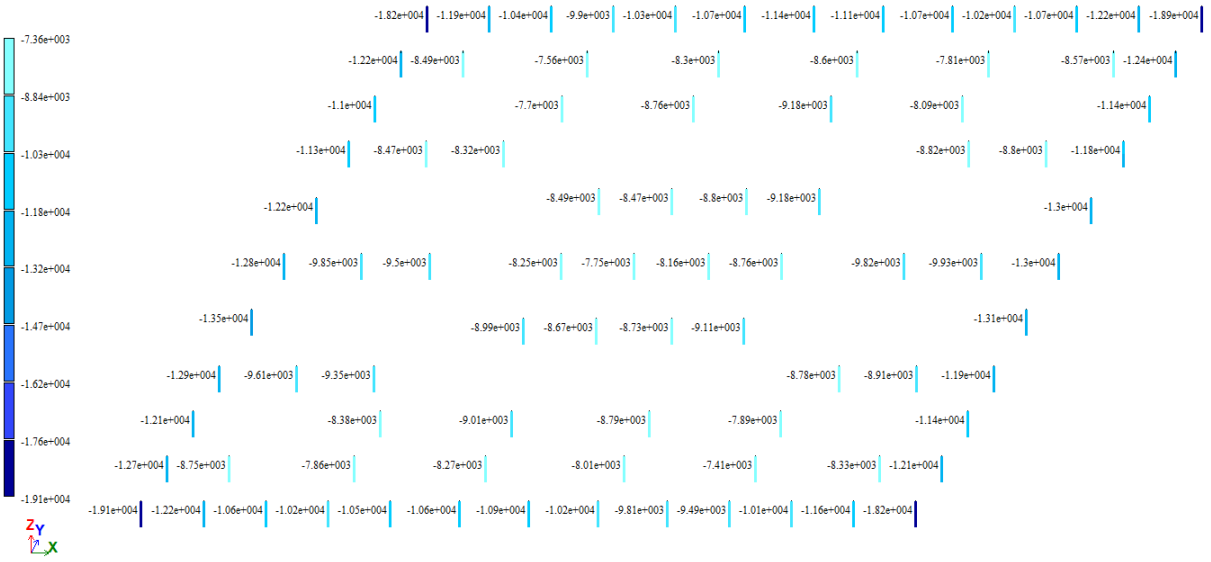


Рисунок. Усилия в сваях при учете работы основания (усилия при работе грунта основания)

Справочная таблица 1. Инженерные методики расчета

№ п/п	Расчетный вариант	Грунты	Сжимаемая толща H_c	Высотность зданий	Методика расчета в программном комплексе
1	Здания строятся в составе одного жилого/офисного комплекса (один проект) одновременно. Высоты, отличающийся **менее 2 раз.** Фундаменты **или только** свайные **или только** фундаментные плиты. Возведенные здания в зоне влияния отсутствуют.	Только дисперсные грунты	Метод №1	До 75м	Методика №1,2,3
2			Метод №1	Более 75м	Методика №1,2,3
3		Имеются скальные грунты ($E > 100$МПа)	Метод №1,2	До 75м	Методика №1,2,3
4			Метод №1	Более 75м	Методика №2,3
5	Здания строятся в составе одного жилого/офисного комплекса (один проект) одновременно. Здания разной высоты, отличающийся **более 2 раз.** Фундаменты **или только** свайные **или только** фундаментные плиты. Возведенные здания в зоне влияния отсутствуют.	Только дисперсные грунты	Метод №1	До 75м	Методика №1,2,3
6			Метод №1	Более 75м	Методика №2,3
7		Имеются скальные грунты ($E > 100$МПа)	Метод №1,2	До 75м	Методика №1,2,3
8			Метод №1	Более 75м	Методика №2,3
9	Здания строятся в составе одного жилого/офисного комплекса (один проект). **Часть фундаментов свайные, часть плитные.** Возведенные здания в зоне влияния отсутствуют.	Только дисперсные грунты	Метод №1	До 75м	Методика №3
10			Метод №1	Более 75м	Методика №3
11		Имеются скальные грунты ($E > 100$МПа)	Метод №1	До 75м	Методика №3
12			Метод №1	Более 75м	Методика №3
13	Вблизи проектируемых зданий имеется существующая окружающая застройка, которая попадает в зону влияния. Высота существующего здания **меньше** высоты строящегося здания более **трех** раз. Удаление проектируемого **здания от соседнего больше**, чем **двойная глубина** нового фундамента.	Только дисперсные грунты	Метод №1	До 75м	См. выбор по № п/п 1-12 + оценка влияния строительства
14			Метод №1	Более 75м	См. выбор по № п/п 1-12 + оценка влияния строительства
15		Имеются скальные грунты ($E > 100$МПа)	См. выбор по № п/п 1-12	До 75м	См. выбор по № п/п 1-12 + оценка влияния строительства
16			Метод №1	Более 75м	См. выбор по № п/п 1-12 + оценка влияния строительства
17	Вблизи проектируемых зданий имеется существующая окружающая застройка, которая попадает в зону влияния. Удаление **здания от соседнего меньше**, чем **двойная** глубина нового фундамента. И/или: Высота существующего здания **не менее трети строящегося.**	Только дисперсные грунты	Метод №1	До 75м	Методика №4 + оценка влияния строительства
18			Метод №1	Более 75м	Методика №4 + оценка влияния строительства
19		Имеются скальные грунты ($E > 100$МПа)	Метод №1	До 75м	Методика №4 + оценка влияния строительства
20			Метод №1	Более 75м	Методика №4 + оценка влияния строительства

Справочная таблица по инженерным методикам расчета составлена на основании опыта автора и не записана в нормативные документы.

Методика коэффициентов постели/жесткости свай

Методика №1.

В ЛИРА-САПР все модели зданий собираются в единую модель или от каждой модели передаются нагрузки в систему Грунт. Производится «единовременнный» расчет коэффициентов постели.

Методика №2.

Коэффициенты постели определяют в ПК Plaxis/Midas.

Методика №3.

Коэффициенты постели определяют в ПК Plaxis/Midas с учетом этапности строительства.

Методика №4.

Коэффициенты постели определяют в ПК Plaxis/Midas с учетом этапности строительства и с учетом окружающей застройки.

Методы определения сжимаемой толщи H_c

Метод №1.

Рассчитывается глубина сжимаемой толщи исходя из двух условий. Принимается максимальное из двух условий.

1 условие.

Минимально возможная глубина сжимаемой толщи H_{min}

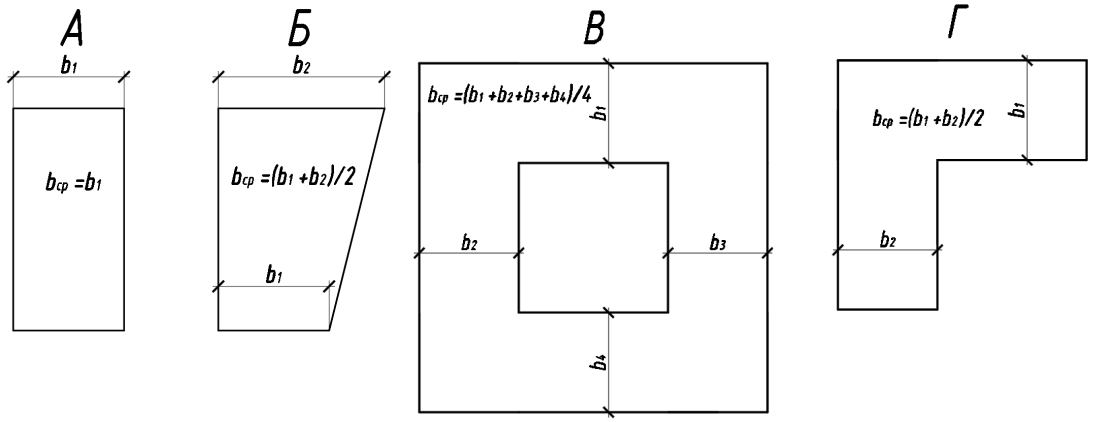
В соответствии с п. 5.6.41 СП 22 H_{min}, принимается равной:

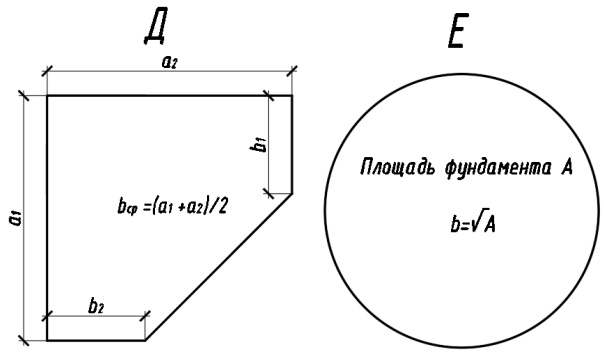
$b/2$ при $b \leq 10$м,

$(4 + 0,1b)$ при 10м $< b \leq 60$м

10м при $b > 60$м.

$b_{ср}$ **(р.з.а.)** используется для определения минимальной глубины сжимаемой толщи для фундаментов сложной формы.





2 условие.

В соответствии с п. 5.6.41 нижнюю границу сжимаемой толщи основания принимают на глубине $\boldsymbol{z = H_c}$, где выполняется условие $\boldsymbol{\sigma_{zp} = 0,5\sigma_{zg}}$. Если найденная по указанным выше условиям нижняя граница сжимаемой толщи находится в слое грунта с модулем деформации $\boldsymbol{E \leq 7}$МПа (слабый грунт) или такой слой залегает непосредственно ниже глубины $\boldsymbol{z = H_c}$, то этот слой включают в сжимаемую толщу, а за $\boldsymbol{H_c}$ принимают минимальное из значений, соответствующих подошве слоя или глубине, где выполняется условие $\boldsymbol{\sigma_{zp} = 0,2\sigma_{zg}}$.

Метод №2.

Согласно п. 5.6.11 СП 22 допускается ограничить верхом (кровлей) скального грунта.

Если же при этом под скальным грунтом залегает дисперсный, и толщина скального грунта должна быть не менее:

$$\boldsymbol{h \geq H_c(1 - \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_1}})}$$

$\boldsymbol{E_1}$ – модуль деформации скального

$\boldsymbol{E_2}$ – модуль деформации грунта под скальным

Если указанное условие не выполняется, то ограничивать сжимаемую толщу верхом (кровлей) скального грунта нельзя.

Оценка влияния строительства

Помимо расчета коэффициентов постели производится оценка влияния строительства проектируемого здания на существующие здания и коммуникации. Расчет производится в программном комплексе Plaxis/Midas.

Для предварительного назначения зоны влияния вновь возводимого (реконструируемого) сооружения, расположенного на застроенной территории, ориентировочный радиус (характерный размер) зоны влияния $\boldsymbol{r}_{\text{зв}}$, м, допускается принимать в зависимости от **глубины котлована** $\boldsymbol{H_k}$, м, метода его крепления и конструкции ограждения котлована равным (п. 9.36 СП22):

$\boldsymbol{5H_k}$ – при использовании ограждения котлована с креплением **анкерными конструкциями**, но

не более $2L$, где L – суммарная длина горизонтальной проекции тела анкера и его тяги, м;

$4H_k$ – при использовании ограждения из стальных элементов (труб, двутавров и т.п.) с консольным креплением либо креплением стальными распорками или подкосами, а также при устройстве котлована в естественных откосах (от нижней границы откоса);

$3H_k$ – при использовании монолитной или сборно-монолитной железобетонной конструкции ограждения котлована (по технологии «стена в грунте», буронабивных секущихся свай и т.п.) с консольным креплением либо креплением стальными распорками или подкосами, а также при использовании ограждения из стальных элементов (труб, двутавров и т.п.) и экскавации грунта в котловане под защитой монолитных железобетонных перекрытий;

$2H_k$ – при использовании **монолитной или сборно-монолитной железобетонной конструкции ограждения** котлована (по технологии «стена в грунте», буронабивных секущихся свай и т.п.) и экскавации грунта в котловане под защитой монолитных железобетонных перекрытий.

2.1. Конструктивные требования к армированию и защитным слоям

Процент армирования (по п.10.3.6 СП 63):

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

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

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

h_0 – рабочая высота сечения.

Справочная таблица 2. Минимальный процент армирования

№ п/п	Конструкция	Минимальный процент продольного армирования у растянутой грани $\mu_{s,min}$	Максимальный процент армирования
1	**Сваи**	По п 10.3.6. СП 63. (с учетом таблицы 5.2 Пособия к СП 63) 0,10% $\frac{l_0}{i} < 17$ 0,15% $17 < \frac{l_0}{i} \leq 35$ 0,20% $35 < \frac{l_0}{i} < 87$ 0,25% $\frac{l_0}{i} > 87$ l_0 – расчетная длина Для свай определяется в зависимости от свойств грунта (расчет будет дан в следующих частях). Без расчета можно принять 0,25%. Для свай: $l_0 = kl$ k – коэффициент расчетной длины по п. 8.1.17 СП63. Для квадратных сечений $i = h/\sqrt{12}$ Для прямоугольных сечений $i = h/\sqrt{12}$ $i = b/\sqrt{12}$ Для круглых сечений: $i = D/4$ h, b, D – высота, ширина, диаметр сечения	**Не более 5%** в местах без перехлеста На участках в местах перехлеста арматуры не более 10% (п. 5.2.9., 5.2.11 СП 430.) **Не более 3,5%** – р.з.А. (при больших значениях возникают проблемы с размещением арматуры и с соблюдением минимальных расстояний между стержнями)

Справочная таблица 3. 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	**Сваи**	Продольная: Для серийных забивных свай: не менее **10**мм Для буронабивных свай: не менее **16**мм (р.з.А)	Продольная: Для серийных забивных свай: не менее **16** мм (р.з.А) Для буронабивных свай: не менее **20**мм (р.з.А)
		Поперечная: Для серийных свай в отдельных случаях может приниматься не менее **5**мм (не смотря на то, что противоречит п. 10.3.12 СП63, потому как это подтверждено испытаниями). Если испытания серийных свай отсутствуют, то **6мм** и не менее $\mathbf{0,25}\boldsymbol{d}$ продольной (п. 10.3.12 СП63). Для буронабивных свай: не менее $\mathbf{0,25}\boldsymbol{d}$ продольной (п. 10.3.12 СП63). и не менее **8**мм (р.з.А)	Поперечная: Для серийных свай: не менее **6**мм Для буронабивных свай: не менее $\mathbf{0,25}\boldsymbol{d}$ продольной (п. 10.3.12 СП63). и не менее **10**мм(р.з.А)

Справочная таблица 4. Шаг арматуры

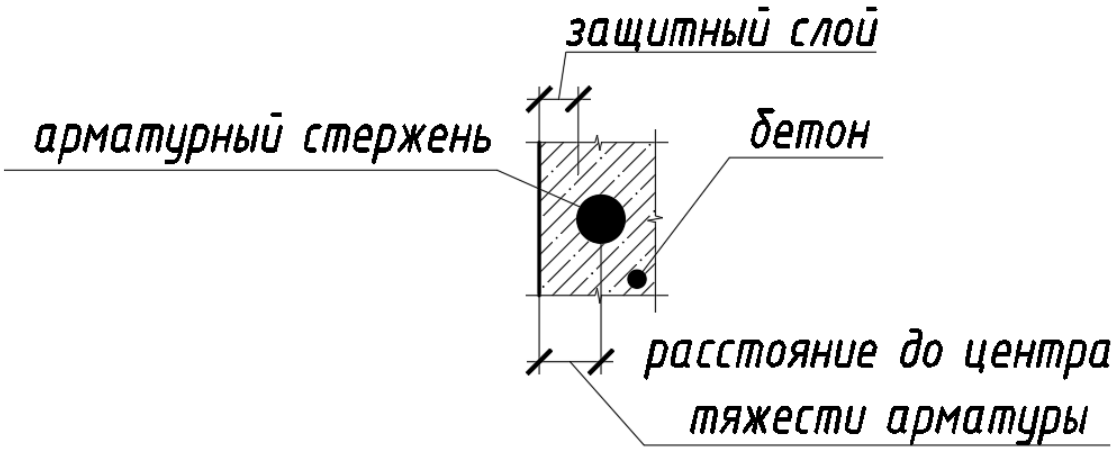
№ п/п	Конструкция	Минимальный	Максимальный	Классический шаг
1	**Сваи**	**Для свай, изготавливаемых на заводе.** **Продольная:** **Не менее 50**мм в свету (п. 10.3.4 СП 63) **Для всей продольной:** Между соседними стыками внахлестку в свету не менее $2\boldsymbol{d}$ и не менее 30 мм (п.10.3.30 СП 63) Между соседними стыками на муфтах в свету между муфтами не менее $2\boldsymbol{d}$ и не менее 30 мм (п.10.3.30 СП 63). **Для буронабивных свай.** **Продольная:** **Не менее 70**мм в свету, не менее 2х диаметров крупного заполнителя, в т.ч. в зонах с перехлестами 9 (п.8.3.12 СП 381)	**Продольная:** **Не более 400**мм (п. 10.3.8 СП 63)	Для диаметров продольной арматуры до 25мм: **Не менее 100мм** Для диаметров продольной арматуры до 28мм: **Не менее 125мм** Для диаметров продольной арматуры до 36мм: **Не менее 150мм** Для любых диаметров **Не менее 200мм**
		Поперечная: **Не менее 50** мм в свету, расположенной более чем в два ряда (п. 10.3.5 СП 63)	**Поперечная из условия недопущения выпучивания продольной арматуры:** **По вертикали** при проценте продольного армирования у одной грани $\mu_s < 1{,}5\%$: - в зоне вне стыков не более $\mathbf{15}\boldsymbol{d}$ и не более **500мм. (п. 10.3.14 СП 63)** - в зоне стыков на нахлестке не более $\mathbf{10}\boldsymbol{d}$ (п. 7.9 СП 430) и не более **300мм** (р.з.А). **По вертикали** при проценте продольного армирования у одной грани $\mu_s \geq 1{,}5\%$: - в зоне вне стыков не более $\mathbf{10}\boldsymbol{d}$ и не более **300мм. (п. 10.3.14 СП 63).** - в зоне стыков на нахлестке не более $\mathbf{10}\boldsymbol{d}$ (п. 7.9 СП 430) и не более **300мм** (р.з.А). **По горизонтали** при ширине грани до 400мм и при количестве стержней	**100мм** **150мм** **200мм** **300мм**

№ п/п	Конструкция	Минимальный	Максимальный	Классический шаг
			продольной арматуры до 4: минимум 1 замкнутый хомут (п. 10.3.15 СП 63) **По горизонтали** при ширине грани до 400мм и при количестве стержней продольной арматуры более 4: охват хомутом минимум через один стержень (п. 10.3.15 СП 63). **По горизонтали** при ширине грани более 400мм и при количестве стержней продольной арматуры более 4: охват хомутом минимум через один стержень (п. 10.3.15 СП 63). **Поперечная из условия работы на поперечную силу:** **По вертикали** не более $h_0/2$ и не более 300мм (п. 10.3.13).	

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 5. 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 грунте (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий) для монолитных(буронабивных) свай	**40**	**40-5=35**	Не менее d арматуры
В грунте (при отсутствии дополнительных защитных мероприятий) для сборных(заводских) свай	**40-5=35**	**40-5-5=30**	Не менее d арматуры

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 6. 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 (буронабивные сваи) 20 (сборные серийные сваи)**	**20+5=25 (буронабивные сваи) 20 (сборные серийные сваи)**	**25+5=30 (буронабивные сваи) 25 (сборные серийные сваи)**
Значение толщины защитного слоя для монолитных конструкций увеличены на **+5 мм, поскольку базовые значения даны для сборных конструкций.**				

Справочная таблица 7. 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 (буронабивные сваи) 20 (сборные серийные сваи)**	**20+5=25 (буронабивные сваи) 20 (сборные серийные сваи)**	**25+5=30 (буронабивные сваи) 25 (сборные серийные сваи)**
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.				

Как можно видеть защитный слой 40мм обеспечивает все требования нахождения в агрессивной среде.

Расчет огнестойкости для 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 8. Минимально возможные значения B,F,W.

Сборные и буронабивные сваи.

№ 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	Сваи	**B15** (п.6.8.СП 24) **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	р.з.А **W8** (табл. Ж.3, Ж.4. СП 28) **W8** (п. 9.4.8 СП 250) – как первичная* защита от воздействия грунтовых вод	**B35** (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.)

Справочная таблица 9. Минимальные F,W для сборных свай по ГОСТ 19804-2012. Приложение Б. ГОСТ19804-2012 заменен на ГОСТ 190804-2021, но аналогичной таблицы в новом ГОСТе нет.

Условия эксплуатации свай в свайном фундаменте			Марка бетона, не ниже					
Характеристика режима эксплуатации	Расчетная зимняя температура наружного воздуха (средняя температура наиболее холодной пятидневки) в районе строительства, °С	Показатель агрессивности жидкой среды по суммарному содержанию хлоридов, сульфатов, нитратов и других солей, г/л Данные приводятся в инженерно-геологических изысканиях	по морозостойкости			по водонепроницаемости		
			Сваи типов С (Цельная с ненапрягаемой, напрягаемой, составная с ненапрягаемой арматурой)			Сваи типов С (Цельная с ненапрягаемой, напрягаемой, составная с ненапрягаемой арматурой)		
			КС-3	КС-2	КС-1	КС-3	КС-2	КС-1
Сваи, находящиеся в открытых водоемах при переменном уровне воды, а также сваи, расположенные в сезонно	Ниже минус 40	До 5	F300	F200	F150	W6	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F400	F300	F200	W6	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F500	F400	F300	W8	W6	W4
		От 35 до 70	F600	F500	F400	W8	W8	W6
	Ниже	До 5	F200	F150	F100	W4	W4	W4

оттаивающем слое грунта в районах вечной мерзлоты	минус 20 до минус 40 включительно	От 5 до 15 и свыше 150	F300	F200	F150	W4	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F400	F300	F200	W6	W4	W4
		От 35 до 70	F500	F400	F300	W8	W6	W4
	Ниже минус 5 до минус 20 включительно	До 5	F150	F100	F75	W4	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F200	F150	F100	W4	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F300	F200	F200	W4	W4	W4
		От 35 до 70	F400	F300	F300	W6	W4	W4
	Минус 5 и выше	До 5	F100	F75	F50	W4	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F150	F100	F75	W4	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F200	F150	F100	W4	W4	W4
		От 35 до 70	F300	F200	F150	W4	W4	W4
Сваи, находящиеся вне помещений, являющиеся одновременно надземными опорами конструкций (высокий свайный ростверк, эстакады и пр.)	Ниже минус 40	До 5	F200	F150	F100	W6	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F300	F200	F150	W6	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F400	F300	F200	W6	W4	W4
		От 35 до 70	F500	F400	F300	W8	W6	W4
	Ниже минус 20 до минус 40 включительно	До 5	F150	F100	F75	W4	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F200	F150	F100	W4	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F300	F200	F150	W4	W4	W4
		От 35 до 70	F400	F300	F200	W6	W4	W4
	Ниже минус 5 до минус 20 включительно	До 5	F100	F75	F50	W4	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F150	F100	F75	W4	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F200	F150	F100	W4	W4	W4
		От 35 до 70	F300	F200	F150	W4	W4	W4
	Минус 5 и выше	До 5	F75	F50	F50	W4	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F100	F75	F75	W4	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F150	F100	F100	W4	W4	W4
		От 35 до 70	F200	F150	F150	W4	W4	W4
Сваи, погружаемые на всю глубину в грунт	Ниже минус 40	До 5	F150	F100	F75	W6	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F200	F150	F100	W6	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F300	F200	F150	W6	W4	W4
		От 35 до 70	F400	F300	F200	W6	W4	W4
	Ниже минус 20	До 5	F100	F75	F50	W4	W4	W4

	до минус 40 включительно	От 5 до 15 и свыше 150	F150	F100	F75	W4	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F200	F150	F100	W4	W4	W4
		От 35 до 70	F300	F200	F150	W4	W4	W4
	Ниже минус 5 до 20 минус включительно	До 5	F75	F50	F50	W4	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F100	F75	F75	W4	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F150	F100	F100	W4	W4	W4
		От 35 до 70	F200	F150	F150	W4	W4	W4
	Минус 5 и выше	До 5	F75	F50	F50	W4	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F100	F75	F75	W4	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F150	F100	F100	W4	W4	W4
		От 35 до 70	F200	F150	F150	W4	W4	W4
Сваи, выступающие над поверхностью грунта и находящиеся внутри помещений с положи-тельными температурами; подверженные воздействию температур ниже 0 °С в период строительства	Ниже минус 40	До 5	F100	F75	F50	W4	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F150	F100	F75	W4	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F200	F150	F100	W4	W4	W4
		От 35 до 70	F300	F200	F150	W4	W4	W4
	Ниже минус 20 до минус 40 включительно	До 5	F75	F50	F50	W4	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F100	F75	F75	W4	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F150	F100	F100	W4	W4	W4
		От 35 до 70	F200	F150	F150	W4	W4	W4
	Ниже минус 5 до 20 минус включительно	До 5	F75	F50	F50	W4	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F100	F75	F75	W4	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F150	F100	F100	W4	W4	W4
		От 35 до 70	F200	F150	F150	W4	W4	W4
	Минус 5 и выше	До 5	F75	F50	F50	W4	W4	W4
		От 5 до 15 и свыше 150	F100	F75	F75	W4	W4	W4
		От 15 до 35 и от 70 до 150 включительно	F150	F100	F100	W4	W4	W4
		От 35 до 70	F200	F150	F150	W4	W4	W4

* Применение свай типа СП в открытых водоемах при переменном уровне воды, а также в сезонно оттаивающем слое грунта в районах вечной мерзлоты не допускается.

3. Общие положения и возможные ошибки при расчете

Следует понимать следующее:

1. Полученные усилия в сваях не являются абсолютно точными.

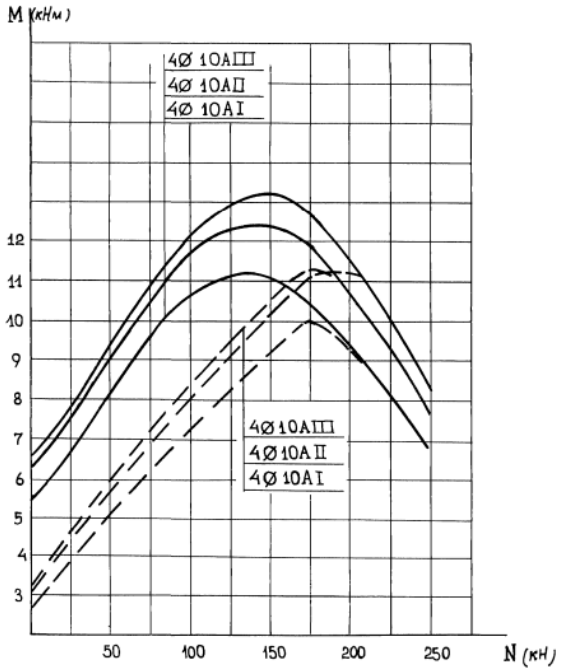
Моделирование грунтов – очень неопределенный процесс. Различия в результатах могут достигать до 2х раз и это нормально. В связи с этим **для свай здания, усилия в которых очень зависят от разности осадок, усилия рекомендовано определять по нескольким моделям грунта, например, реализованные в ПК ЛИРА САПР и PLAXIS.**

2. Усилия в сваях определяются с различными коэффициентами надежности по нагрузке при расчете по материалу сваи и по грунту. Это самая частая ошибка. Определение усилий рассмотрено в следующей главе.

3. Неучет расчетной длины сваи. Свая, несмотря на то, что находится в грунте, имеет возможность продольного изгиба, как и любая другая вертикальная конструкция в здании(стена/колонна). Если не учитывать расчетную длину, то можно завысить несущую способность иногда в 2-3 раза.

4. Неправильная трактовка несущей способности по Серийным сваям.

В Сериях для сборных свай приводятся графики несущей способности свай. Данные графики не учитывают расчетную длину сваи и работу от момента во второй плоскости, поэтому их использование требует последующей перепроверки с учетом фактической расчетной высоты.



Общий вид графика несущей способности свай.

5. Расчет в предположении, что инженерно-геологических изыскания (ИГИ) выполнены абсолютно точно. Автор не встречал два абсолютно идентичных отчета ИГИ. Особенно это касается физико-механических свойств и мощностей слоев.

Наиболее яркий примеры встречающихся неопределенностей:

- свойства Hardening Soil (для Plaxis). Автор встречал разброс в 3 раза по отдельным позициям у различных исполнителей.

- просадочность глин. Встречаются отчеты с разным типом просадочности на одних и тех же грунтах.

6. Неучет взаимного влияния сооружений и последовательности возведения зданий.

О том в каких случаях необходимо учитывать данные факторы описано в начале настоящей части Справочника.

4. Определение усилий

Частой ошибкой является принятие для расчета одних и тех же усилий для расчета сваи по грунту и по материалу. Ниже в таблице приведены основные положения

Справочная таблица 10. Основные различия в определении усилий на сваю.

№ п/п	Параметр	Расчет по **грунту** (несущая способность грунта)	Расчет по **материалу сваи** (по железобетонному сечению)
1	Коэффициенты надежности по нагрузке γ_f	Используются разные коэффициенты надежности, которые соответствуют СП 20.13330. Например, Для собственного веса железобетона: $\gamma_f = 1,1$ Для офисов: $\gamma_f = 1,2$ И т.д.	Коэффициент надежности по нагрузке по п.7.5.11 СП 24, принимается равным: **1,3** – при определении усилий в сваях численными методами, учитывающими взаимодействие свай с примыкающим грунтом (реализовано в Plaxis/Midas). **1,4** – при расчете по методике, учитывающей взаимное влияние свай (П 7.4.4 СП 24) (реализовано в ЛИРА-САПР). **1,5** – в других, упрощенных случаях расчета. Например, Для собственного веса железобетона: $\gamma_f = 1,4$ Для офисов: $\gamma_f = 1,4$ И т.д.
2	Методика применения в ЛИРА-САПР	**Расчет** усилия N при расчете сваи по **грунту** принимается по РСУ **расчетным минимальным значениям.** РСУ расч.MIN **Минимальные значения потому, что программа выдает отрицательные значения усилий сжатия.**	**Расчет** усилий N при расчете сваи по **материалу сваи** принимается по РСУ минимальным **нормативным значениям с умножением** на коэффициент надежности по нагрузке γ_f по п.7.5.11 СП 24 (в примере $\gamma_f = 1,4$) и на коэффициент надежности по ответственности γ_n (в примере $\gamma_n = 1,1$). РСУ нормат. MIN **Расчет** усилий M_y, M_z, Q_y, Q_z при расчете сваи по **материалу сваи** принимается по РСУ минимальным **нормативным значениям с умножением** на коэффициент надежности по нагрузке γ_f по п.7.5.11 СП 24 (в примере $\gamma_f = 1,4$). и на коэффициент надежности по ответственности γ_n (в примере $\gamma_n = 1,1$). РСУ нормат.MAX РСУ нормат. MIN

5. Расчетная длина сваи

Расчетная длина сваи определяется согласно п. 7.1.8 СП 24 с учетом приложения Б.5 СП 24.

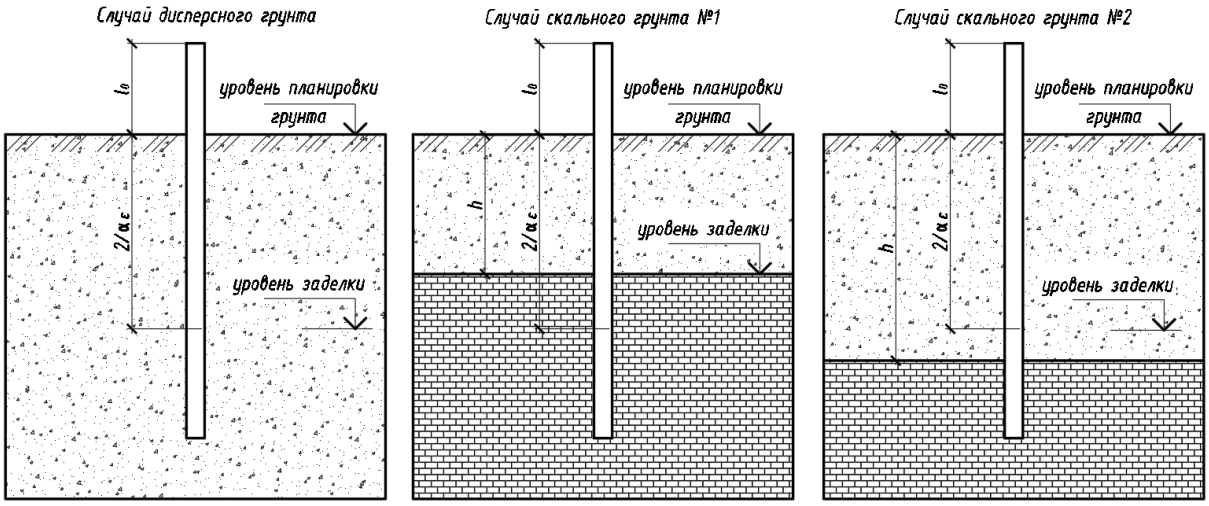
Свая считается жестко заделанной **в дисперсный грунт** на расстоянии:

$$l_1 = l_0 + \frac{2}{\alpha_\varepsilon}$$

l_0 – длина участка сваи от подошвы высокого ростверка до уровня планировки грунта (расстояние на которое свая выходит из грунта), м. В случае, если свая заглублена, как в примере справочника, то $l_0 = 0$.

Если происходит заделка буровой(буронабивной) сваи **в скальный грунт** и ее высота h в грунте меньше, чем $\frac{2}{\alpha_\varepsilon}$, то заделку принимают до уровня скального грунта, при этом:

$$l_1 = l_0 + h$$



$$\alpha_\varepsilon = \sqrt[5]{\frac{\alpha_i K b_p}{EI}}$$

α_i – понижающий коэффициент, учитывающий взаимное влияние свай (определен выше)

Диаметр для круглой / сторона для прямоугольной $d \geq 0,8$	Диаметр для круглой / сторона для прямоугольной $d < 0,8$
$b_p = d + 1$	$b_p = 1,5d + 0,5$

$E = 0,6E_b$ – модуль упругости сваи, **кПа**

E_b – *начальный модуль упругости, определенный по таблице 6.11 СП 63.*

0,6 *коэффициент по п. 6.2.7 СП 430.*

Фрагмент таблицы 6.11 СП 63.

Бетон	*Значения начального модуля упругости бетона при сжатии и растяжении* E_b, *кПа·10⁻⁶, при классе бетона по прочности сжатия*															
	B10	*B12,5*	*B15*	*B20*	*B25*	*B30*	*B35*	*B40*	*B45*	*B50*	*B55*	*B60*	*B70*	*B80*	*B90*	*B100*
Тяжелый	*19,0*	*21,5*	*24,0*	*27,5*	*30,0*	*32,5*	*34,5*	*36,0*	*37,0*	*38,0*	*39,0*	*39,5*	*41,0*	*42,0*	*42,5*	*43*
Мелкозернистый группы А – естественного твердения	*15,5*	*17,5*	*19,5*	*22,0*	*24,0*	*26,0*	*27,5*	*28,5*	–	–	–	–	–	–	–	–

I– момент инерции сечения сваи, м^4

Момент инерции прямоугольного сечения сваи:

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

b – ширина сечения, м

h – высота сечения, м

Момент инерции круглого сечения сваи:

$$I = \frac{\pi d^4}{64}$$

d – диаметр сваи, м

K – коэффициент пропорциональности (определен выше). Нормы не дают методики расчета K для нескольких слоев грунта, через которые проходит свая, поэтому в инженерной практике принимается наименьшее значение по наиболее слабому грунту, который встречается до момента ее заделки. Есть **не** приведенная в нормах методика расчета данного коэффициента. Она описана ниже.

Для двух слоев грунта:

$$K = \frac{K_1 h_1 (2h_k - h_1) + K_2 (h_k - h_1)^2}{h_k^2}$$

Для трех слоев грунта:

$$K = \frac{K_1 h_1 (2(h_3 + h_2) + h_1) + K_2 h_2 (2h_3 + h_2) + K_3 h_3^2}{h_k^2}$$

h_k – расстояние от расчетной поверхности грунта (при плите фундамента, расположенной над грунтом) или от подошвы плиты(при ее заглублении в грунт)

$$h_k = 3,5d + 1,5$$

d – диаметр сваи, м

$$h_k = h_1 + h_2 + h_3$$

Справочная таблица 11. Коэффициент пропорциональности K. Таблица Б.1. СП 24 (после интерполяции).

Вид и характеристика грунта, окружающего сваи	Коэффициент пропорциональности K, Кн/м⁴
Пески крупные	
$e = 0,55$	10000
$e = 0,6$	8666
$e = 0,65$	7333
$e = 0,7$	6000
Глины и суглинки твердые	
$I_L \leq -0,25$	10000
$I_L = -0,2$	9200
$I_L = -0,15$	8400
$I_L = -0,1$	7600
$I_L = -0,05$	6800
$I_L = 0$	6000
Пески мелкие	
$e = 0,6$	6000
$e = 0,65$	5333
$e = 0,7$	4667
$e = 0,75$	4000
Пески средней крупности	
$e = 0,55$	6000
$e = 0,6$	5333
$e = 0,65$	4667
$e = 0,7$	4000
Супеси твердые	
$I_L \leq -0,25$	6000
$I_L = -0,2$	5600
$I_L = -0,15$	5200
$I_L = -0,1$	4800
$I_L = -0,05$	4400
$I_L = 0$	4000
Глины и суглинки тугопластичные и полутвердые	
$I_L = 0$	6000
$I_L = 0,05$	5777
$I_L = 0,1$	5555
$I_L = 0,15$	5333
$I_L = 0,25$	5111
$I_L = 0,3$	4888
$I_L = 0,35$	4666
$I_L = 0,4$	4444
$I_L = 0,45$	4222
$I_L = 0,5$	4000

Вид и характеристика грунта, окружающего сваи Коэффициент пропорциональности K, Кн/м⁴	
Пески пылеватые	
$e = 0,6$	$e = 0,6$
$e = 0,65$	$e = 0,65$
$e = 0,7$	$e = 0,7$
$e = 0,75$	$e = 0,75$
	$e = 0,8$
Супеси пластичные	
$I_L = 0$	$I_L = 0$
$I_L = 0,05$	$I_L = 0,05$
$I_L = 0,1$	$I_L = 0,1$
$I_L = 0,15$	$I_L = 0,15$
$I_L = 0,25$	$I_L = 0,25$
	$I_L = 0,3$
$I_L = 0,35$	$I_L = 0,35$
$I_L = 0,4$	$I_L = 0,4$
$I_L = 0,45$	$I_L = 0,45$
$I_L = 0,5$	$I_L = 0,5$
	$I_L = 0,55$
$I_L = 0,6$	$I_L = 0,6$
$I_L = 0,65$	$I_L = 0,65$
$I_L = 0,7$	$I_L = 0,7$
$I_L = 0,75$ $I_L = 0,75$	
$I_L = 0,5$	$I_L = 0,5$
$I_L = 0,55$	$I_L = 0,55$
$I_L = 0,6$	$I_L = 0,6$
$I_L = 0,65$	$I_L = 0,65$
$I_L = 0,7$	$I_L = 0,7$
$I_L = 0,75$ $I_L = 0,75$	
$I_L = 0,75$	$I_L = 0,75$
$I_L = 0,8$	$I_L = 0,8$
$I_L = 0,85$	$I_L = 0,85$
$I_L = 0,9$	$I_L = 0,9$
$I_L = 0,95$	$I_L = 0,95$
$I_L = 1$	
Пески гравелистые	Пески гравелистые
$e = 0,55$	$e = 0,55$
$e = 0,6$	$e = 0,6$
$e = 0,65$	$e = 0,65$
$e = 0,7$	
Любые показатели	33350

Справочная таблица 12. Коэффициент расчетной длины сваи

Условия сопряжения сваи	Коэффициент расчетной длины $\mathbf{k}$ по п.8.1.17 СП63.	**Расчетная длина**
Жесткое сопряжение Ростверк упирается в грунт или в соседние фундаменты, которые опираются в грунт с	**0,8** (для элементов с ограниченно смещаемыми заделками на двух концах: жесткими (без поворота)	$\boldsymbol{l}_{\text{расч}} = \boldsymbol{kl_1}$
Шарнирное сопряжение Ростверк упирается в грунт или в соседние фундаменты, которые опираются в грунт.	**1,5** (для элементов с **податливым шарнирным** опиранием (допускающим ограниченное смещение опоры) на одном конце, а на другом конце с жесткой (без поворота) заделкой	
Жесткое сопряжение Ростверк **не** упирается в грунт или в соседние фундаменты, которые опираются в грунт.	**0,8** (для элементов с ограниченно смещаемыми заделками на двух концах: жесткими (без поворота)	
Шарнирное сопряжение Ростверк **не** упирается в грунт или в соседние фундаменты, которые опираются в грунт.	**2,0 (для элементов с жесткой заделкой (исключающей поворот опорного сечения) на одном конце и незакрепленным другим концом (консоль))**	

6. Конструирование буронабивных свай

Справочная таблица 13.1 Сортамент толстостенных обсадных труб

Используются для свай любой длины и для любого грунта

*Наружный диаметр обсадной трубы **D** (наружный диаметр сваи)*	*Внутренний диаметр обсадной трубы **d** (определяет размеры арм. Каркаса)*
Baurer (наиболее частая обсадная труба)	
620	*540*
750	*670*
800	*720*
880	*800*
1000	*920*
1180	*1100*
1300	*1220*
1500	*1400*
1800	*1700*
2000	*1880*
2200	*2080*
2500	*2380*

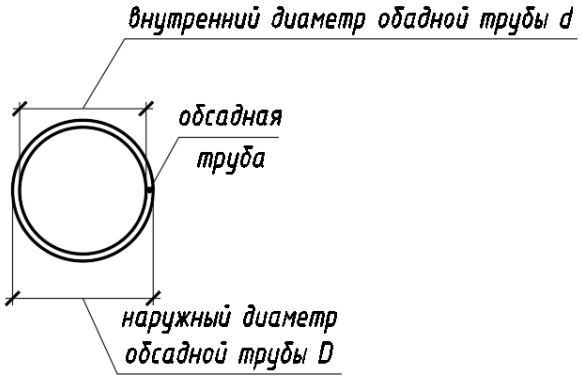
*Наружный диаметр обсадной трубы **D** (наружный диаметр сваи)*	*Внутренний диаметр обсадной трубы **d** (определяет размеры арм. Каркаса)*
Casagrande	
500	*420*
600	*520*
700	*620*
800	*700*
900	*800*
1000	*900*
1200	*1100*
1300	*1200*
1500	*1400*
1800	*1700*
2000	*1880*
2500	*2350*

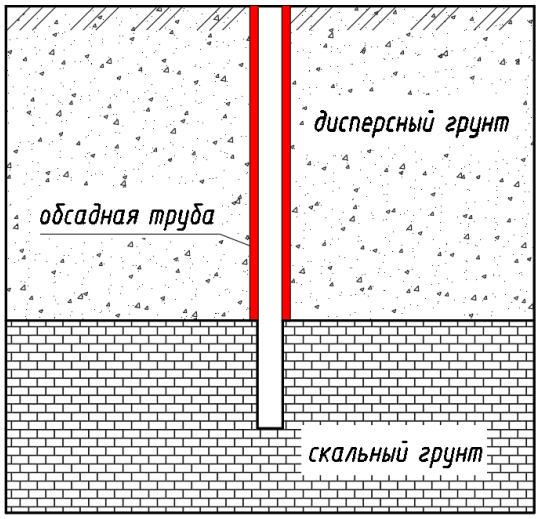
*Наружный диаметр обсадной трубы **D** (наружный диаметр сваи)*	*Внутренний диаметр обсадной трубы **d** (определяет размеры арм. Каркаса)*
Leffer	
600	*520*
620	*540*
640	*560*
700	*620*
720	*640*
750	*670*
800	*720*
880	*800*
900	*820*
1000	*920*
1080	*1000*
1180	*1100*
1200	*1120*
1300	*1220*
1500	*1420*
1800	*1720*
2000	*1910*
2200	*2110*
2500	*2410*

Справочная таблица 13.2 Сортамент тонкостенных труб (по ГОСТ 10704-91)

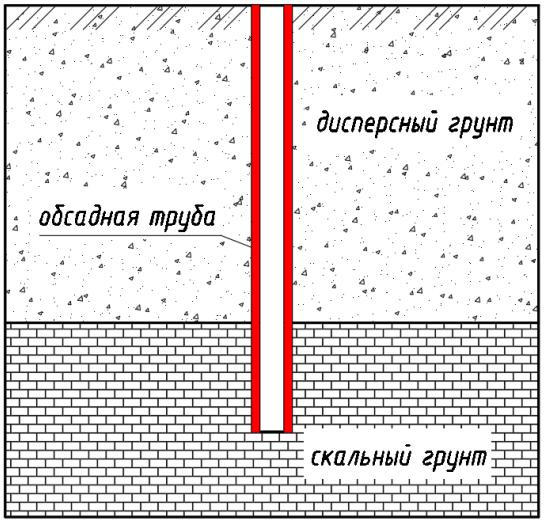
Используются для свай длиной как правило не больше 12м и только для дисперсных грунтов

*Наружный диаметр обсадной трубы **D** (наружный диаметр сваи)*	*Рекомендуемая минимальная толщина (р.з.а) , мм*
426	*8*
530	*10*
630	*10*
720	*12*
820	*12*



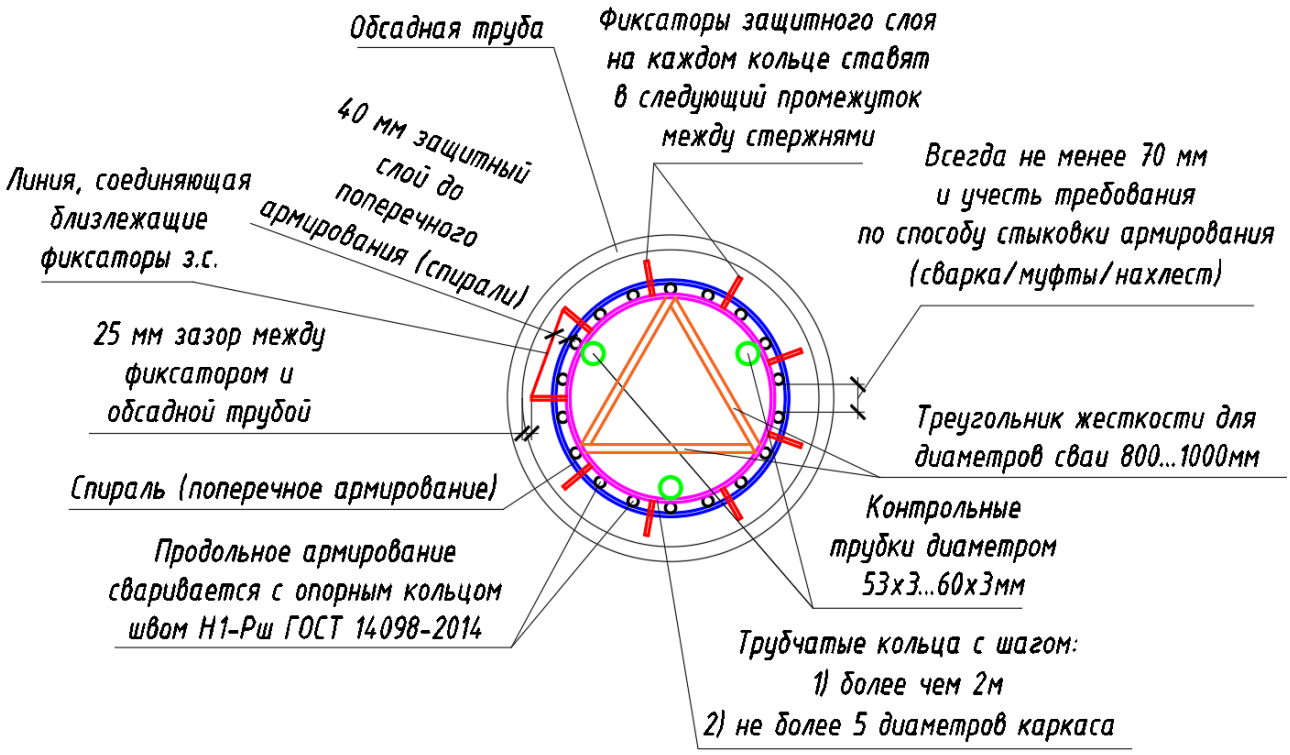


Любые обсадные трубы

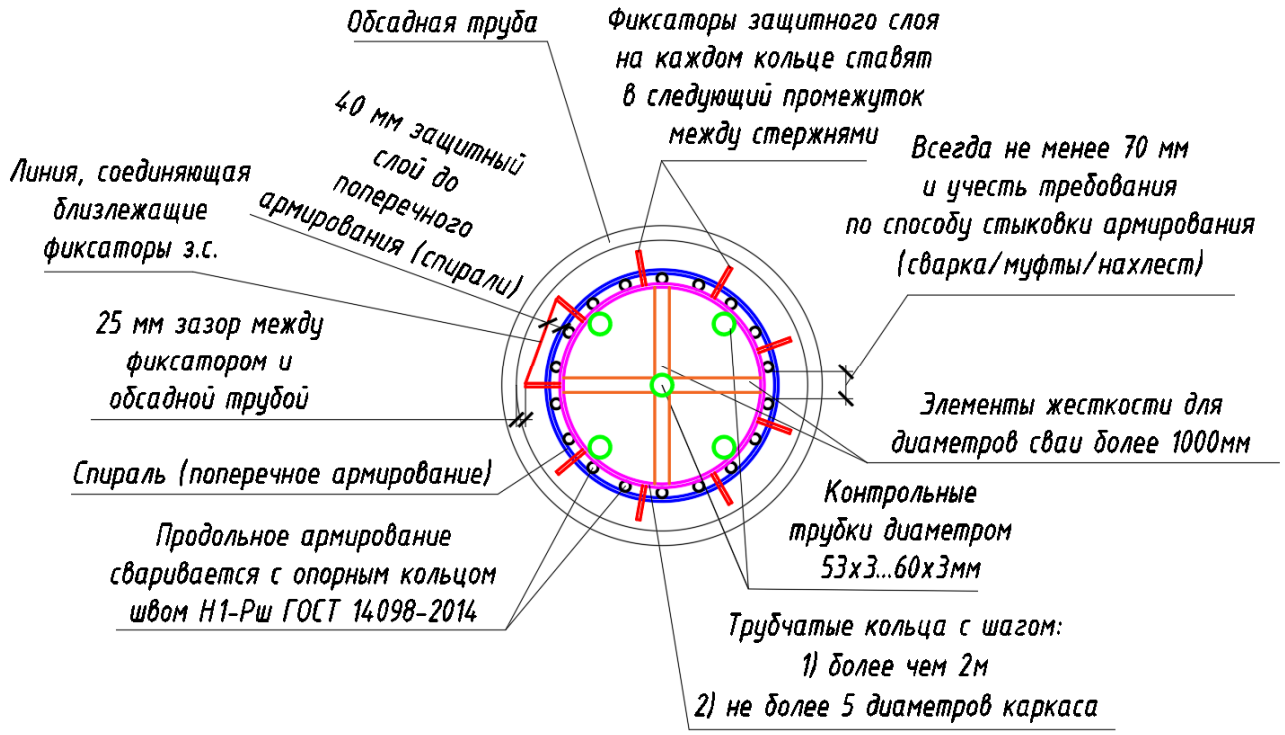


Только толстостенные обсадные трубы

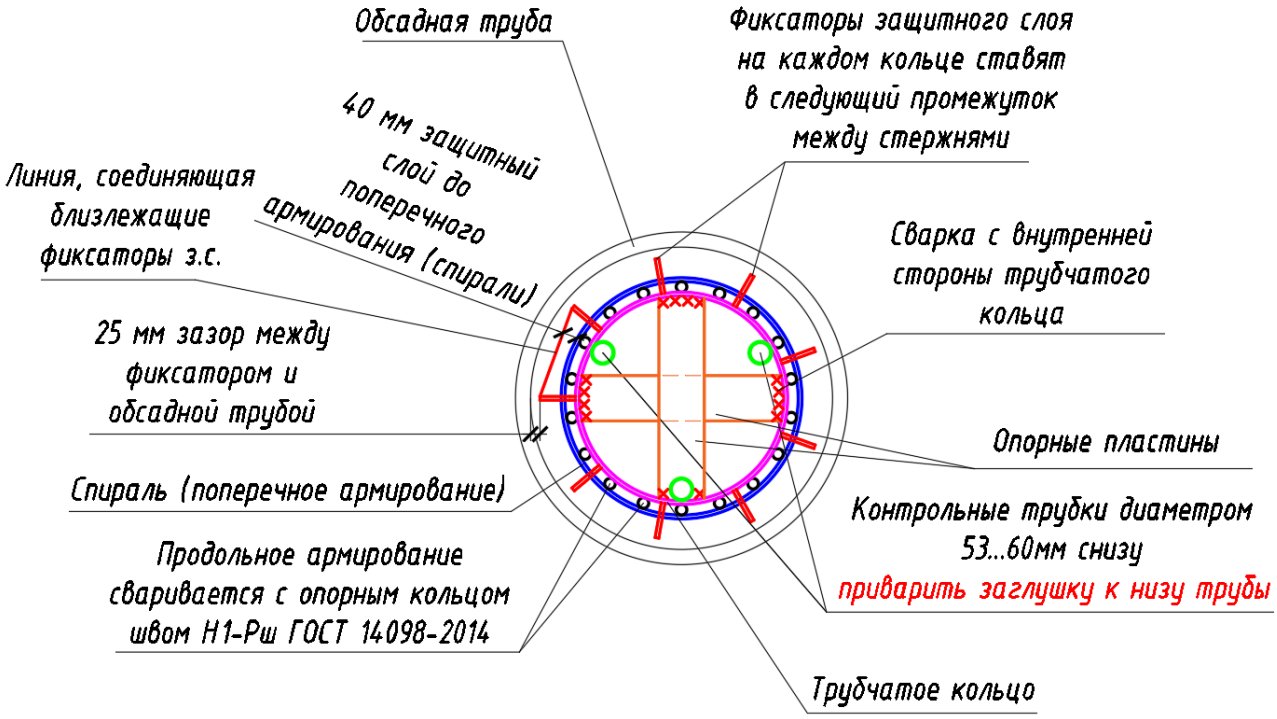
Сечение сваи (типовой участок). Диаметр до 1000мм.



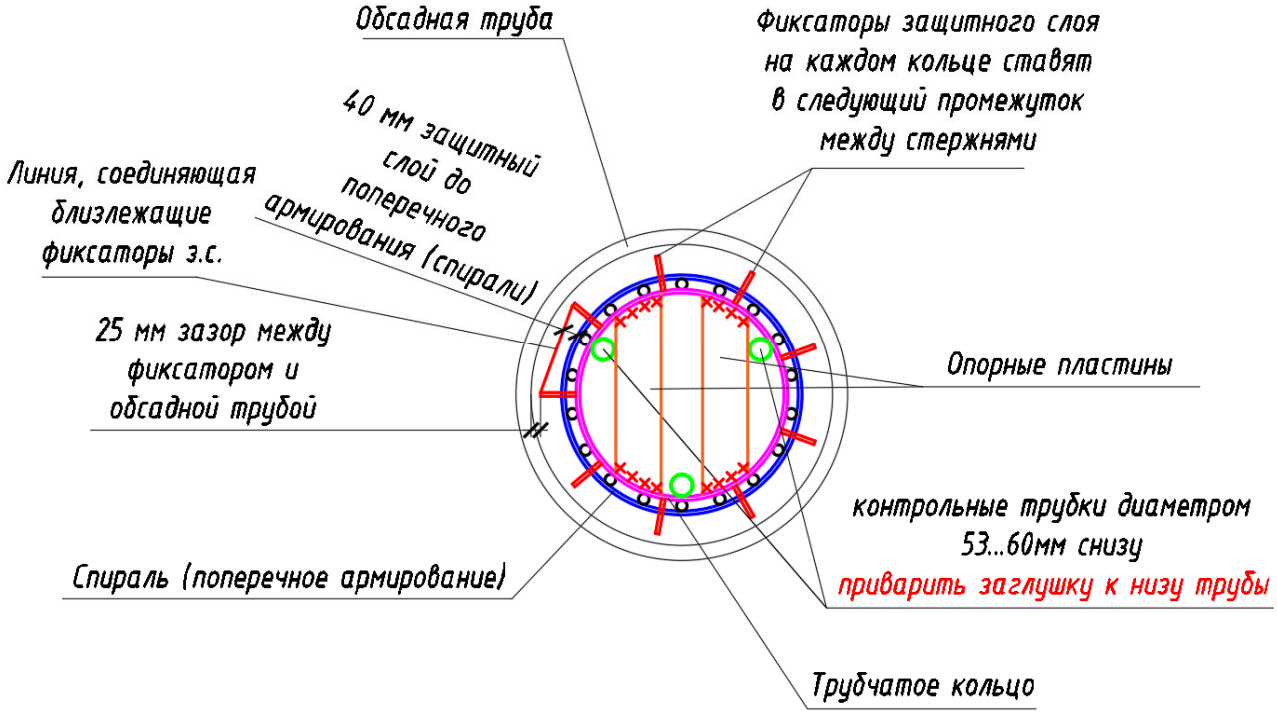
Сечение сваи (типовой участок). Диаметр более 1000мм.



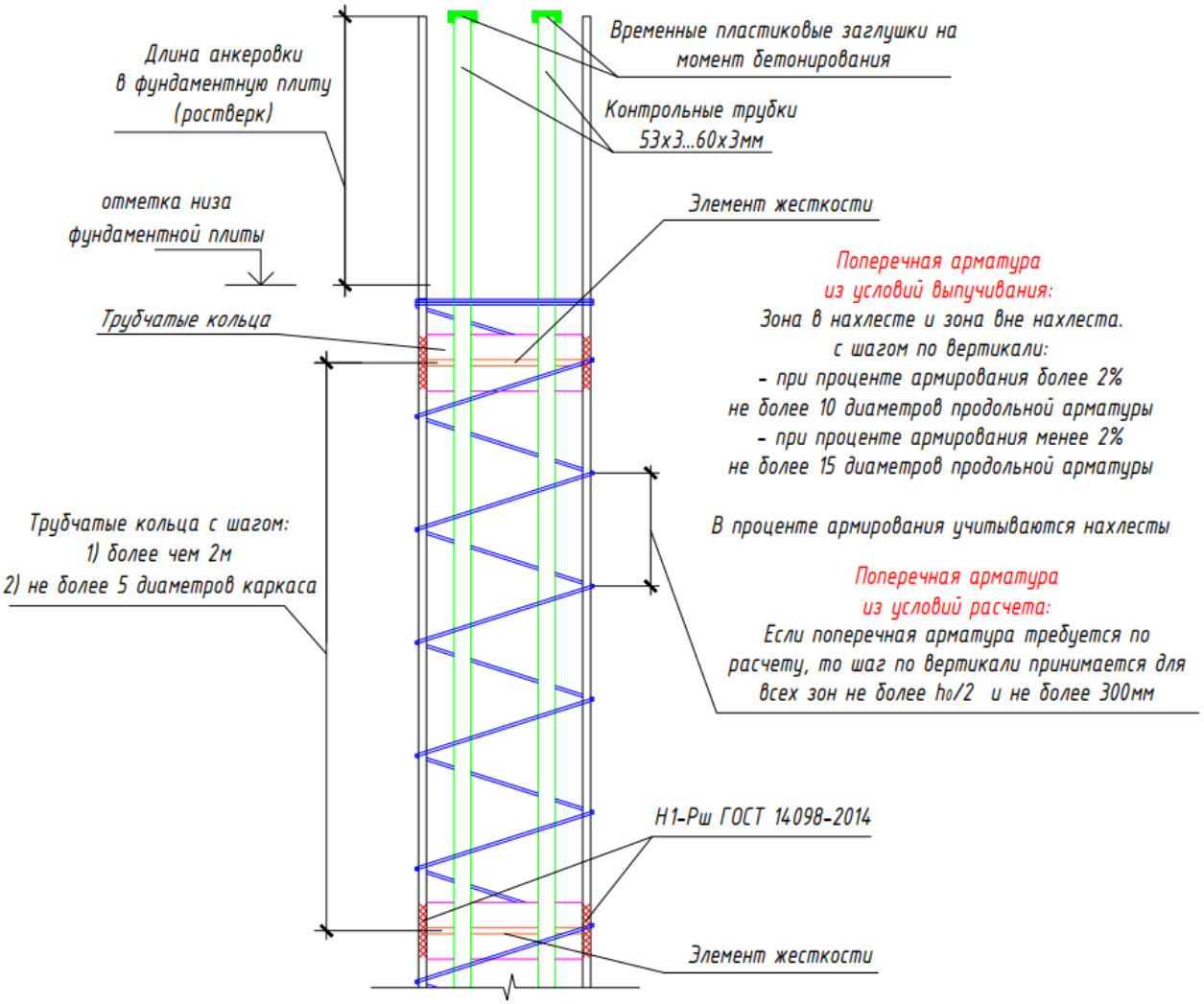
Низ сваи. Вариант №1



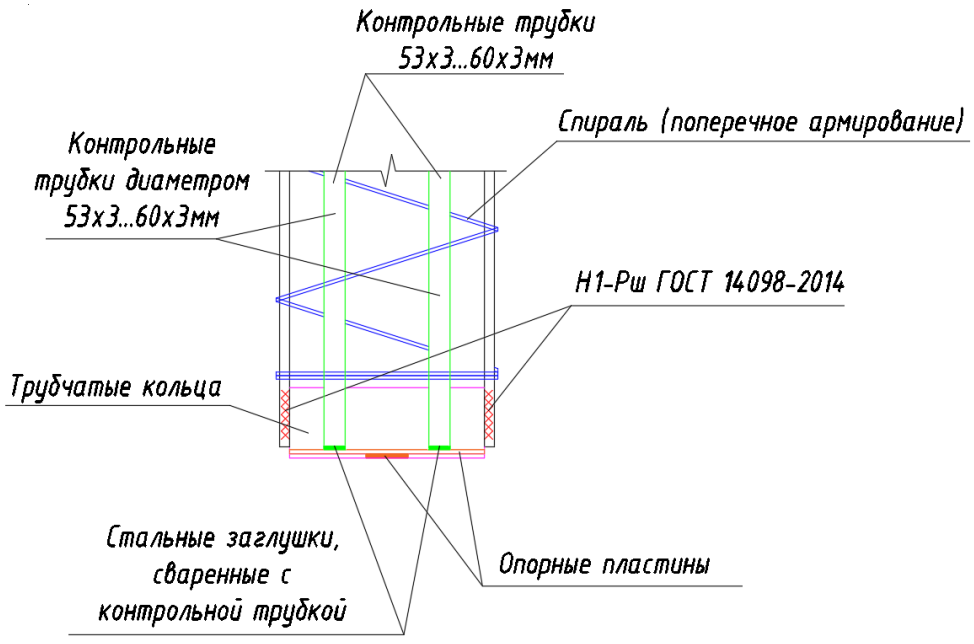
Низ сваи. Вариант №2



Верх сваи

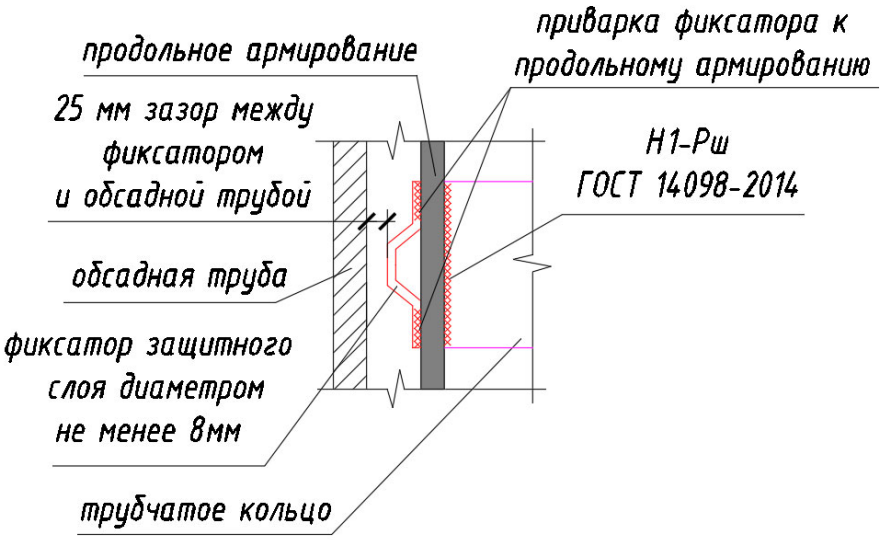


Низ сваи

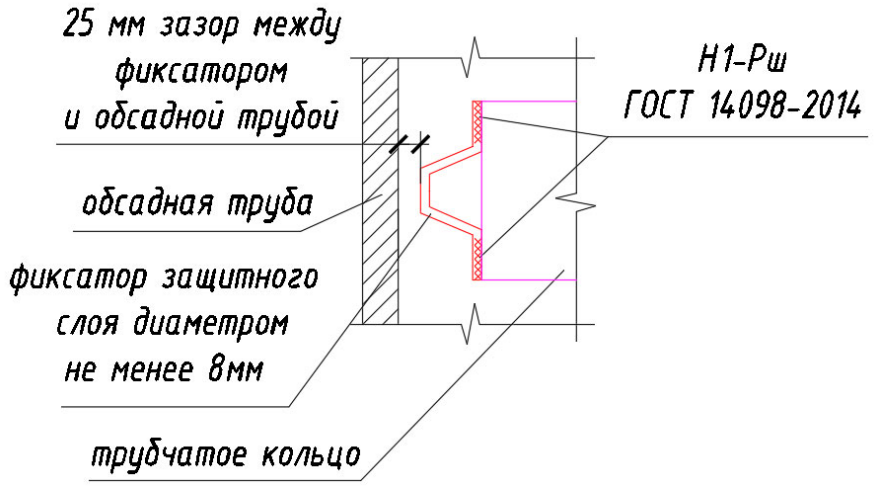


Фиксатор арматуры

Вариант приварки фиксатора к продольному армированию

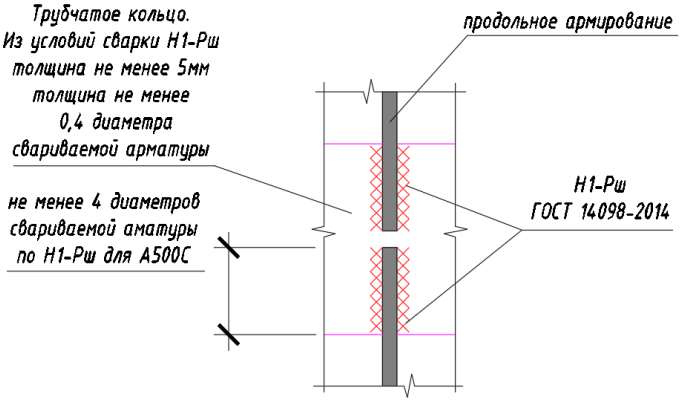


Вариант приварки фиксатора к трубчатому кольцу

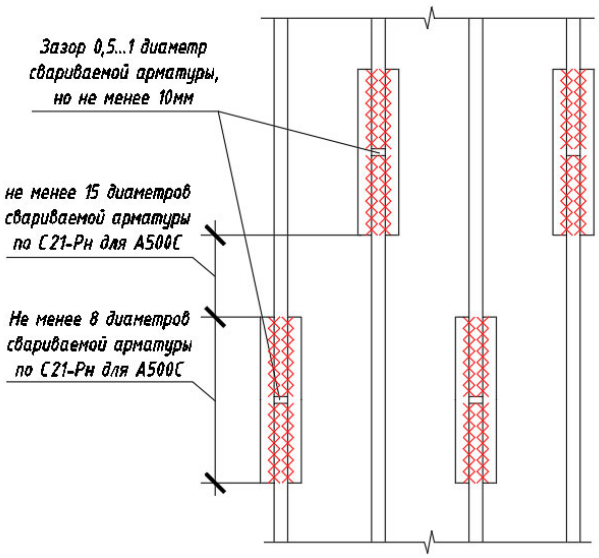


При длине каркаса более 11,7м производят стыковку стержней.

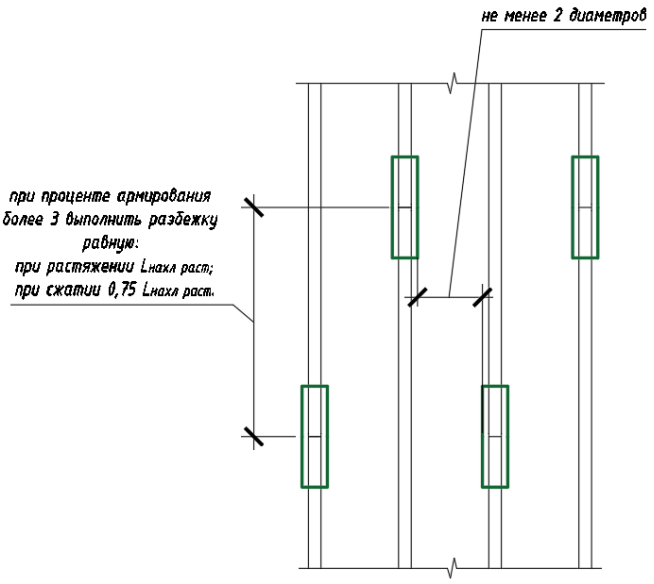
Стык на сварке через трубчатое кольцо.



Стык на сварке без трубчатого кольца.



Стык на муфтах

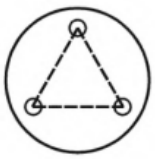


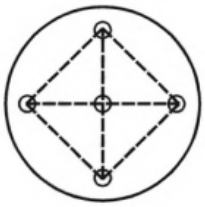
Справочная таблица 14. Характерные сечения элементов буронабивной сваи.

<table>
<tr><th>Элемент</th><th>Параметр</th></tr>
<tr><td>Фиксатор защитного слоя (Красный)</td><td>Диаметр (р.з.а) не менее 12мм</td></tr>
<tr><td>Контрольные трубки (Зеленый)</td><td>Испытания сплошности бетона по ГОСТ 71039-2023.

Рекомендуемое количество трубок
определяется путем деления диаметра сваи на 350мм с округлением в большую сторону, но не менее 3. (п. 6.3 ГОСТ 71039)

Рекомендованное значение внутреннего диаметра контрольных трубок
40-55мм. (п. 6.2 ГОСТ 71039).

 
Свая ∅ < 1000 мм

 
Свая ∅1000 – 1500 мм

Рекомендованная схема расположения труб доступа и профилей измерений (Рисунок 6.1 ГОСТ 71039-2023)</td></tr>
<tr><td>Треугольник/крест жесткости (Оранжевый)</td><td>Треугольник используется в случае контрольных трубок, расставленных по треугольнику.

Крест, используется в случае нахождения контрольной трубки в центре.

<table>
<tr><td>Диаметр сваи, мм</td><td>Сечения (р.з.а)</td></tr>
<tr><td>800…1000</td><td>Стержневая арматура не менее диаметра 25мм.
При толщине трубчатого кольца 10мм и более допустимо не устанавливать.</td></tr>
<tr><td>1000… 1300</td><td>Стержневая арматура не менее диаметра 25мм.
или
Уголок 50х50х5</td></tr>
<tr><td>Более 1300</td><td>Уголок 50х50х5</td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>Трубчатые кольца (Фиолетовый)</td><td>Изготавливаются из пластин путем гибки или путем резки колец из труб по ГОСТ 10704-91
Шаг:
1) более чем 2м
2) не более 5 диаметров каркаса сваи.

Толщина:
1) Из условий сварки Н1-Рш ГОСТ 14098-2014:
- Не менее 0,4d;
- не менее 5мм.
d – диаметр арматуры.

2) Конструктивно для диаметров каркаса (р.з.а):
<table>
<tr><td>Диаметр сваи, мм</td><td>Толщина кольца, мм</td></tr>
<tr><td>До 500</td><td>Не менее 5</td></tr>
<tr><td>От 500…800</td><td>Не менее 8</td></tr>
<tr><td>От 800 до 1100</td><td>Не менее 10</td></tr>
<tr><td>Более 1100</td><td>Не менее 12</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>Элемент</th><th>Параметр</th></tr>
<tr><td>Спираль/поперечное армирование (Синий)</td><td>
Шаг спиралей
По вертикали при проценте продольного армирования у одной грани $\mu_s < 1{,}5\%$:
– в зоне вне стыков не более $\mathbf{15}\boldsymbol{d}$ и не более 500мм. (п. 10.3.14 СП 63)
– в зоне стыков на нахлестке не более $\mathbf{10}\boldsymbol{d}$ (п. 7.9 СП 430) и не более 300мм (р.з.а).

По вертикали при проценте продольного армирования у одной грани $\mu_s \geq 1{,}5\%$:
– в зоне вне стыков не более $\mathbf{10}\boldsymbol{d}$ и не более 300мм. (п. 10.3.14 СП 63).
– в зоне стыков на нахлестке не более $\mathbf{10}\boldsymbol{d}$ (п. 7.9 СП 430) и не более 300мм (р.з.а).

По горизонтали (дополнительные шпильки).
При малом диаметре колонны (обычно до 1,5м) видно, что круглая форма поперечного армирования не позволит стержню продольной арматуры выпучится, поэтому промежуточные удерживающие стержни допустимо не устанавливать.
При диаметре более 1,5м рекомендовано руководствоваться указаниями для прямоугольных колонн. Возможно применение системы двухрядного армирования.
</td></tr>
<tr><td>Опорные пластины (Оранжевый)</td><td>
Опорные пластины могут располагаться как в перекрещенном виде, так и параллельно.
Опорные пластины привариваются к самому нижнему трубчатому кольцу.

<table>
<tr><td>Диаметр сваи, мм</td><td>Сечения, не менее (р.з.а)</td></tr>
<tr><td>До 800мм</td><td>8х100мм</td></tr>
<tr><td>800…1000</td><td>10х120мм</td></tr>
<tr><td>1000… 1300</td><td>12х150мм</td></tr>
<tr><td>1300…1500</td><td>14х180мм</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

После бетонирования свай производят проверку на наличие дефектов бетонирования с помощью ультразвукового метода.

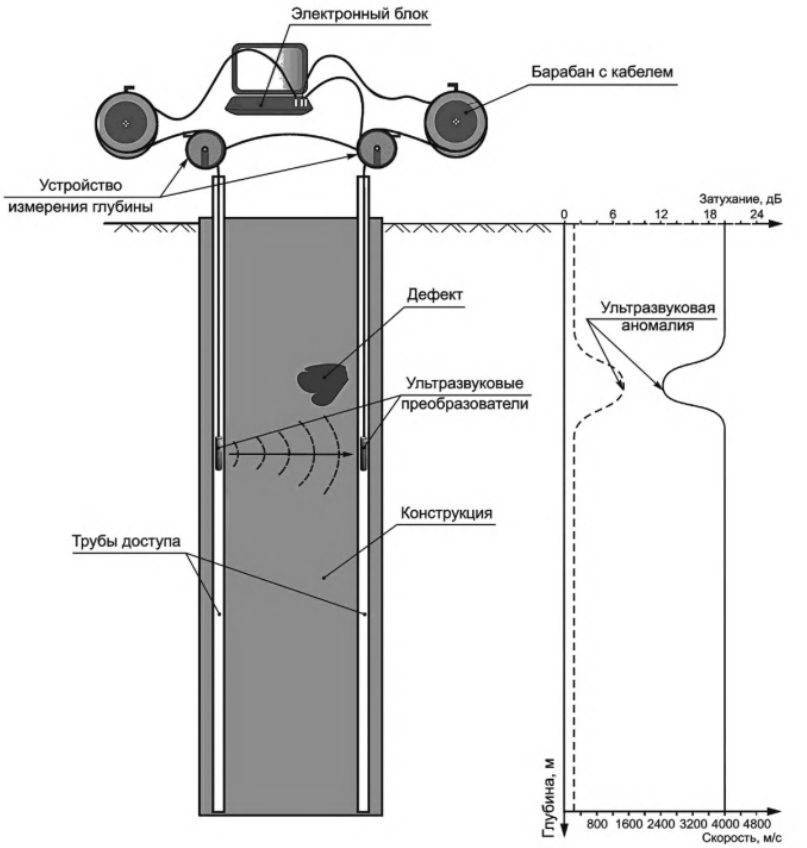


Схема проведения испытаний сплошности межскважинным ультразвуковым методом (Рисунок 4.1 ГОСТ 71039-2023)

6.1. Конструирование свай с цементацией известняков

Цель цементации: увеличить несущую способность трещиноватой породы (известняка) у пяты сваи.

После цементации проводят статические испытания свай.

Цементация под пятой производится после набора прочности сваей не менее 50% от проектной. Для цементации используются трубы (101,3) 90х4,5.

Возможные параметры цементации (требуют уточнения процессе производства работ):

1)Цементация осуществляется цементным раствором М500 (рекомендуется В/Ц 1,0);

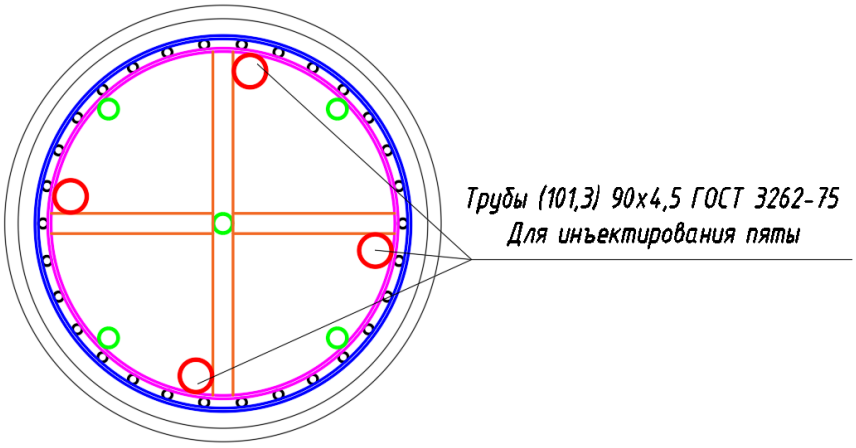
2) Нагнетание раствора делится на первичное и стабилизационное.

Первичное нагнетание раствора производится с давлением на поверхности 3 атм. в течении 20 минут.

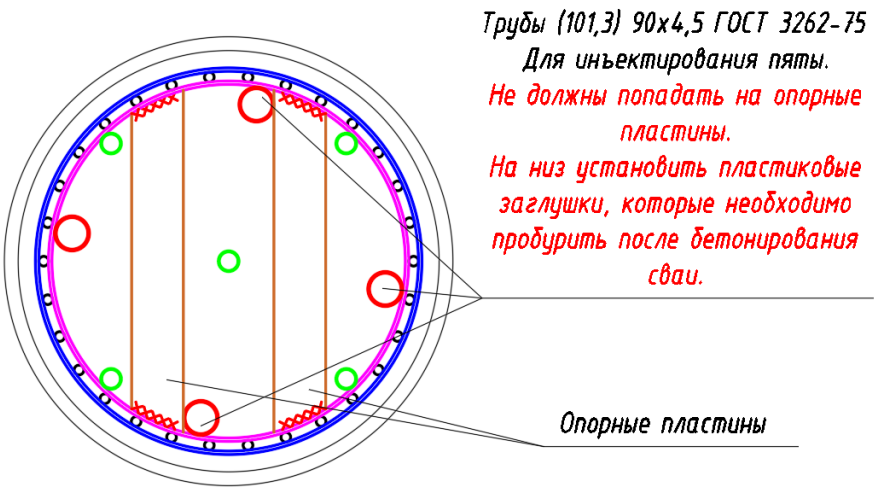
Стабилизационное нагнетание с давлением на поверхности 2,5 атм. Давление выдерживается в течении часа, после чего производится долив цементного раствора. За «отказ» цементации следует принять производительность нагнетания менее 5 л/мин в течении 10 минут.

После производства работ по цементации после 12-24 часов проверяют уровень раствора в трубках и при необходимости выполняют его доливку.

Сечение сваи



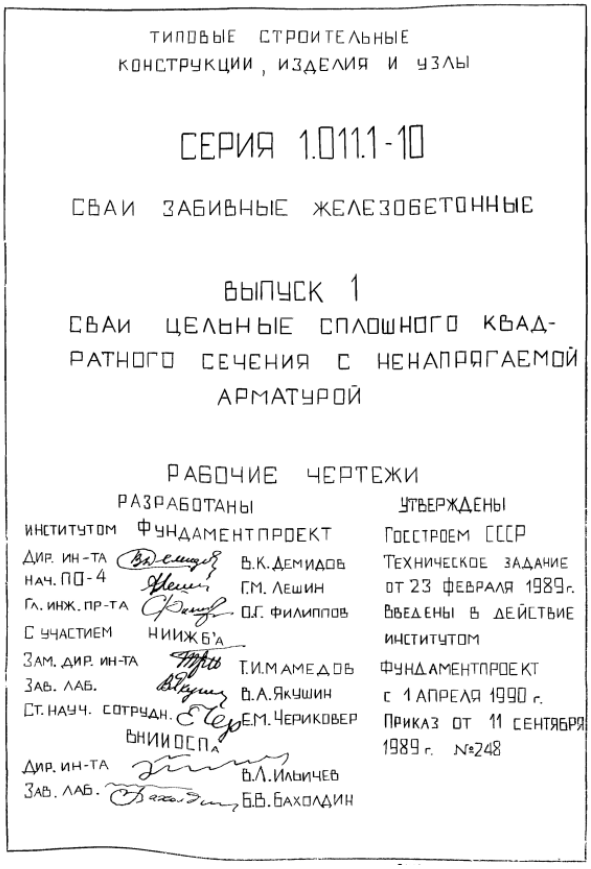
Низ сваи



7. Подбор сборных свай

Сборные сваи уже сконструированы. Проектировать их заново не нужно. Однако иногда конструктора самостоятельно актуализируют данные серии с учетом арматуры А500С требований по защитным слоям и пр.

Обычно осуществляется подбор по Серии 1.011.1-10 Выпуск 1. или по Серии 1.011.1-10 Выпуск 8.



ТИПОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ИЗДЕЛИЯ И УЗЛЫ

СЕРИЯ 1.011.1-10

СВАИ ЗАБИВНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ

ВЫПУСК 1

СВАИ ЦЕЛЬНЫЕ СПЛОШНОГО КВАДРАТНОГО СЕЧЕНИЯ С НЕНАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРОЙ

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

РАЗРАБОТАНЫ

ИНСТИТУТОМ ФУНДАМЕНТПРОЕКТ

Дир. ин-та В.К.Демидов

Нач. ПО-4 Г.М. Лешин

Гл. инж. пр-та О.Г. Филиппов

С УЧАСТИЕМ НИИЖБ'А

Зам. дир. ин-та Т.И.Мамедов

Зав. лаб. В.А.Якушин

Ст. науч. сотрудн. Е.М. Черниковер

ВНИИОСП'А

Дир. ин-та В.Л. Ильичев

Зав. лаб. Б.В. Бахолдин

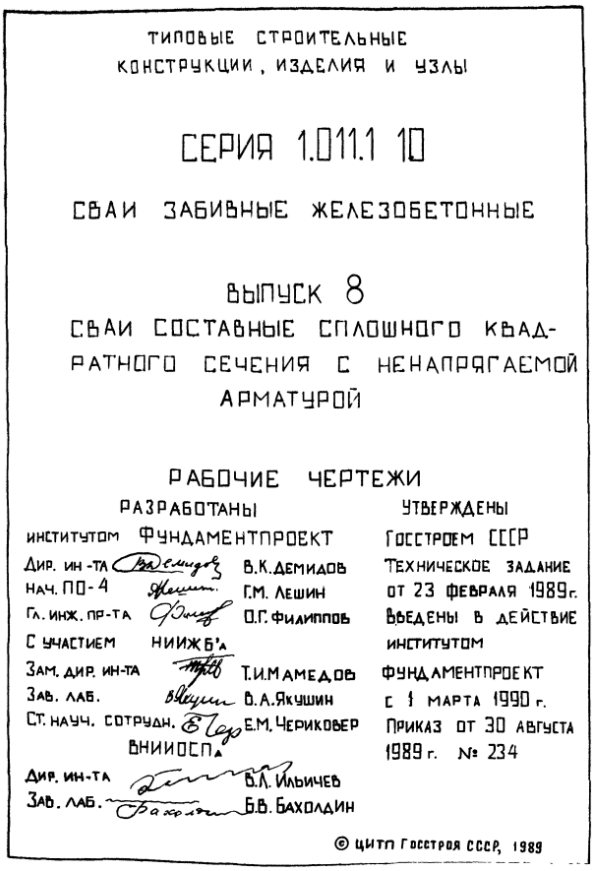
УТВЕРЖДЕНЫ

Госстроем СССР

Техническое задание от 23 февраля 1989г.

Введены в действие институтом ФУНДАМЕНТПРОЕКТ с 1 апреля 1990 г.

Приказ от 11 сентября 1989 г. №248



ТИПОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ИЗДЕЛИЯ И УЗЛЫ

СЕРИЯ 1.011.1 10

СВАИ ЗАБИВНЫЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ

ВЫПУСК 8

СВАИ СОСТАВНЫЕ СПЛОШНОГО КВАДРАТНОГО СЕЧЕНИЯ С НЕНАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРОЙ

РАБОЧИЕ ЧЕРТЕЖИ

РАЗРАБОТАНЫ

ИНСТИТУТОМ ФУНДАМЕНТПРОЕКТ

Дир. ин-та В.К.Демидов

Нач. ПО-4 Г.М. Лешин

Гл. инж. пр-та О.Г. Филиппов

С УЧАСТИЕМ НИИЖБ'А

Зам. дир. ин-та Т.И.Мамедов

Зав. лаб. В.А.Якушин

Ст. науч. сотрудн. Е.М. Черниковер

ВНИИОСП'А

Дир. ин-та В.Л. Ильичев

Зав. лаб. Б.В. Бахолдин

УТВЕРЖДЕНЫ

Госстроем СССР

Техническое задание от 23 февраля 1989г.

Введены в действие институтом ФУНДАМЕНТПРОЕКТ с 1 марта 1990 г.

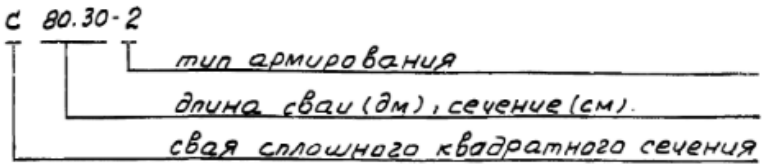
Приказ от 30 августа 1989 г. № 234

© ЦИТП Госстроя СССР, 1989

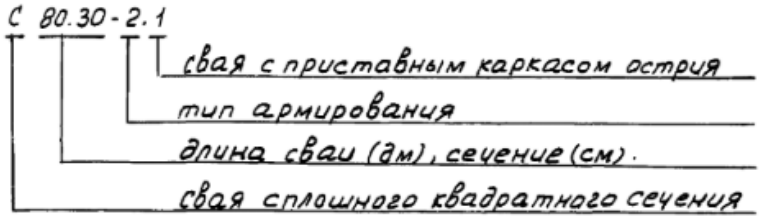
Примеры маркировки свай в серии.

Примеры маркировки:

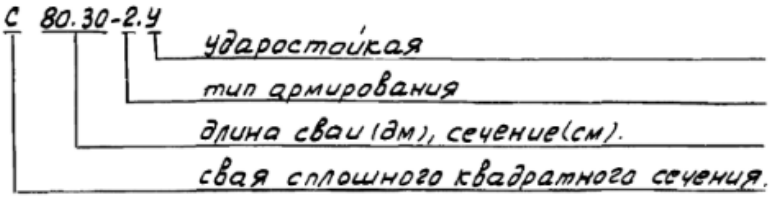
1. Свая обычной ударостойкости



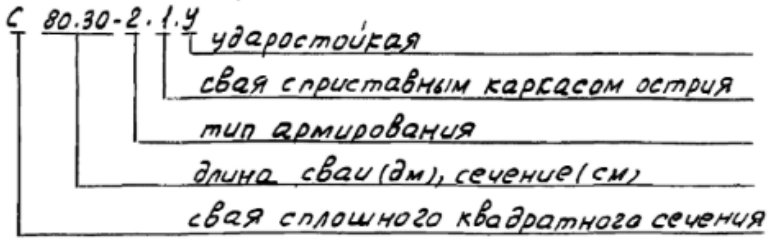
2. Свая обычной ударостойкости с приставным каркасом острия.



3. Свая повышенной ударостойкости.



4. Свая повышенной ударостойкости с приставным каркасом острия.



3.2 Условное обозначение армирования свай, принятое в настоящем выпуске

Условное обозначение армирования	Диаметр и класс продольной арматуры	Условное обозначение армирования	Диаметр и класс продольной арматуры
1	10 A I	7	14 A II
2	10 A II	8	14 A III
3	10 A III	9	16 A III
4	12 A I	10	18 A III
5	12 A II	11	20 A III
6	12 A III	12	22 A III
		13	25 A III

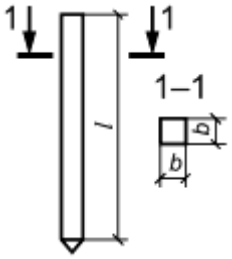
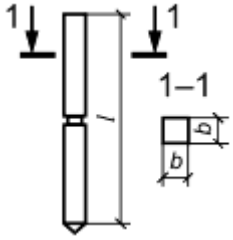
3.2 Условное обозначение армирования свай, принятое в настоящем выпуске

Условное обозначение армирования	Диаметр и класс продольной арматуры	Условное обозначение армирования	Диаметр и класс продольной арматуры
1	10A I	7	14A II
2	10A II	8	14A III
3	10A III	9	16A III
4	12A I	10	18A III
5	12A II	11	20A III
6	12A III	12	22A III
		13	25A III

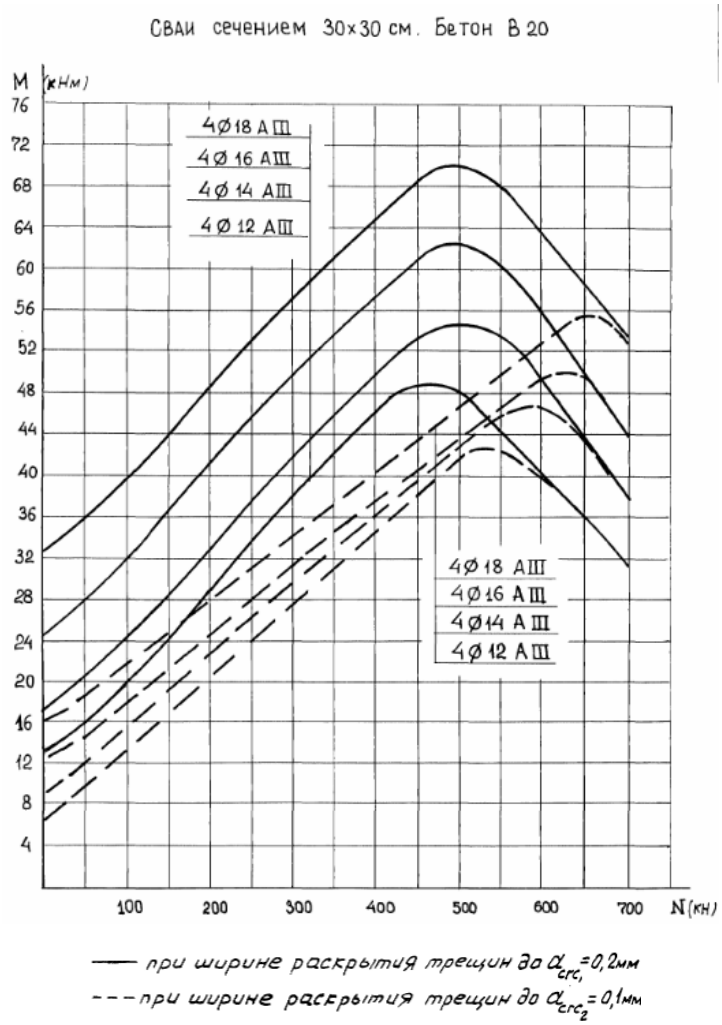
К Серии 1.011.1-10 есть Дополнение с арматурой А500С и А500СП, но в свободном доступе данного дополнения не найти. Владельцы/авторы могут предоставить ее только за деньги/заказ свай.

В ГОСТе 190804-2021 несколько был уменьшен перечень серийных свай, в частности были исключены сваи 200х200 и 350х250мм

Справочная таблица 15. Типовые размеры забивных свай (фрагмент Таблицы 1 ГОСТ 190804-2021)

Тип и характеристика сваи	Эскиз сваи	Основные размеры сваи, мм	
		b* или *d	***l***
Тип С. Свая квадратного сплошного сечения цельная с ненапрягаемой арматурой		300	3000-12000
		350	4000-16000
		400	4000-18000
Тип С. Свая квадратного сплошного сечения цельная с напрягаемой арматурой		300	3000-15000
		350	8000-20000
		400	13000-20000
Тип С. Свая квадратного сплошного сечения составная с ненапрягаемой арматурой		300	14000-24000
		350	14000-28000

В серии приведены графики предельных усилий. Данные графики построены в предположении расчетной длины сваи равной 0, что **не позволяет использовать их как окончательные.** Также необходимо отметить, что в сваях действует 2 изгибающих момента, чего также нет на данных графиках.



Для понимания влияния расчетной длины выполнен расчет сваи сечением 30х30см с учетом и без учета расчетной длины. Результаты представлены в таблице ниже для варианта предельной ширины раскрытия трещин 0,2мм. с армированием 4Ø18 AIII.

Расчетная длина, м	Расчетная продольная сила **N**, кН	Изгибающий момент **M**, кНм	Снижение предельного момента **M** в процентах за счет учета расчетной длины
0 (по Серии)	450	69	0
1	450	69	0
2	450	69	0
3	450	65	-6%
4	450	59	-14%
5	450	52	-25%
6	450	44	-36%
7	450	35	-39%
8	450	27	-61%

Расчетная длина, м	Расчетная продольная сила **N**, кН	Изгибающий момент **M**, кНм	Снижение предельной продольной силы **N** за счет учета расчетной длины
0 (по Серии)	1250	0	0
1	1250	0	0
2	1240	0	-1%
3	1210	0	-3%
4	1170	0	-7%
5	1090	0	-13%
6	955	0	-24%
7	800	0	-36%
8	655	0	-48%

8. Выбор жесткого или шарнирного стыка сваи и ростверка

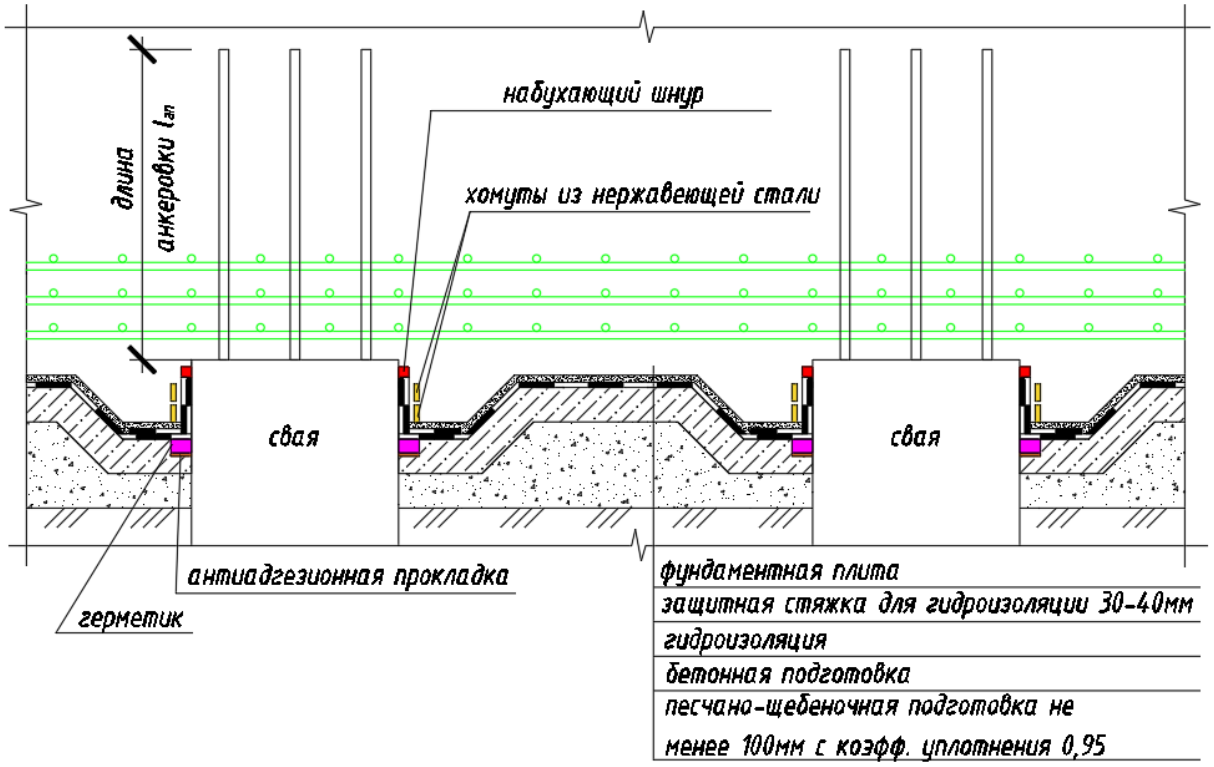
П. 8.8 СП 24. регламентирует в каких случаях принимается жесткое и шарнирное сопряжение.

Справочная таблица 16. Случаи шарнирного и жесткого сопряжения свай с фундаментом.

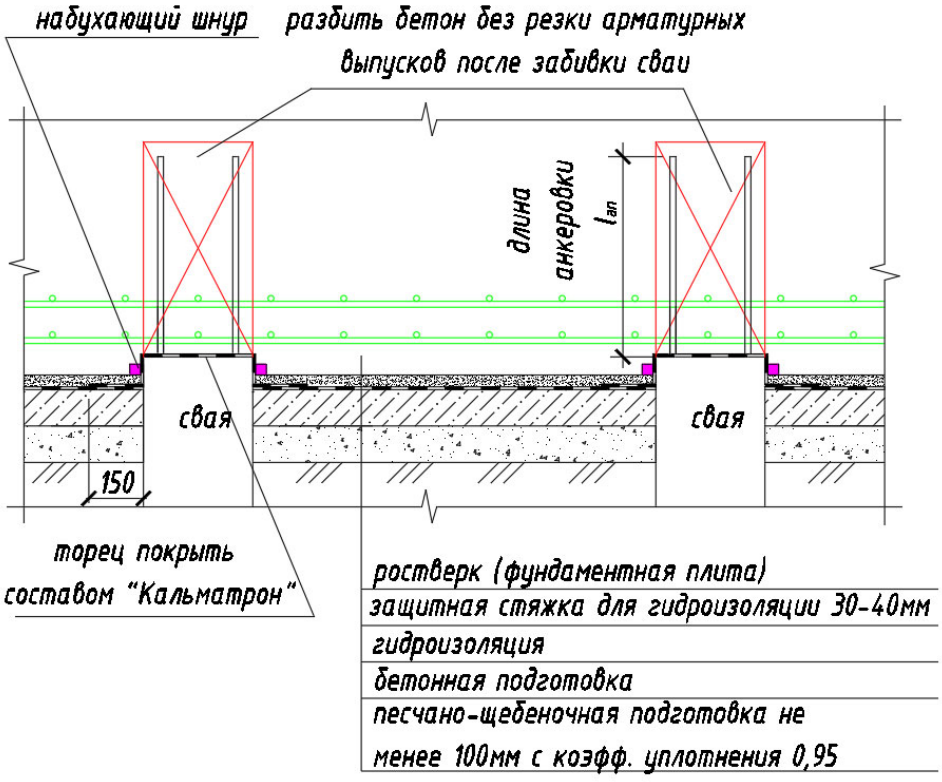
Шарнирное опирание	Жесткое опирание
Условия применения	
С конструктивной точки зрения это более простое решение в основном с учетом простоты гидроизоляции. Всегда предпочтение отдают именно этому варианту, если не требуется жесткая заделка по конкретным условиям.	**А)** стволы свай располагаются в слабых грунтах (рыхлых песках, глинистых грунтах текучей консистенции, илах, торфах и т.п.); **б)** в месте сопряжения сжимающая нагрузка, передаваемая на сваю, приложена к ней с эксцентриситетом, выходящим за пределы ее ядра сечения *От автора: требование очень неоднозначно – в расчетном плане считается что свая опирается центрально, в действительности такого нет ни в одной свае, потому как нет центрирующих элементов. Для рассматриваемых в справочнике зданий данное требование игнорируется;* **в)** на сваю действуют горизонтальные нагрузки, значения перемещений от которых при свободном опирании оказываются более предельных для проектируемого сооружения **г)** в фундаменте имеются наклонные или вертикальные составные сваи; **д)** сваи работают на выдергивающие нагрузки.
Конструктивное исполнение	
Вариант №1 Заделка головы сваи в ростверк на величину 5-10 см. **Вариант №2** Создание двойного ростверка и заделка головы свай в нижний ростверк.	**Вариант №1** **Заделка арматуры сваи в ростверк (фундаментную плиту) на глубину анкеровки.** **Вариант №2** **Заделка головы сваи в ростверк (фундаментную плиту)** *От автора: используется крайне редко, поскольку сплошное тело сваи мешает арматуре ростверка.*
Гидроизоляция	
Вариант №1 Сплошная обклейка головы свай. Довольно сложный узел гидроизоляции, много стыков. **Вариант №2** Гидроизоляция клеится сплошным ковром на растверк, в который заделываются сваи (на нижний ростверк). **Вариант №3** Устройство «белой ванны» без гидроизоляции. Использование только гидрошпонок и набухающих шнуров.	**Вариант №1** Сплошная обклейка головы сваи. Довольно сложный узел гидроизоляции, много стыков. **Вариант №2** Частичная обклейка головы сваи. Без обклейки головы сваи. Довольно сложный узел гидроизоляции, много стыков. **Вариант №2**

9. Жесткие стыки

Жесткое сопряжение ростверка с буронабивными (круглыми) сваями

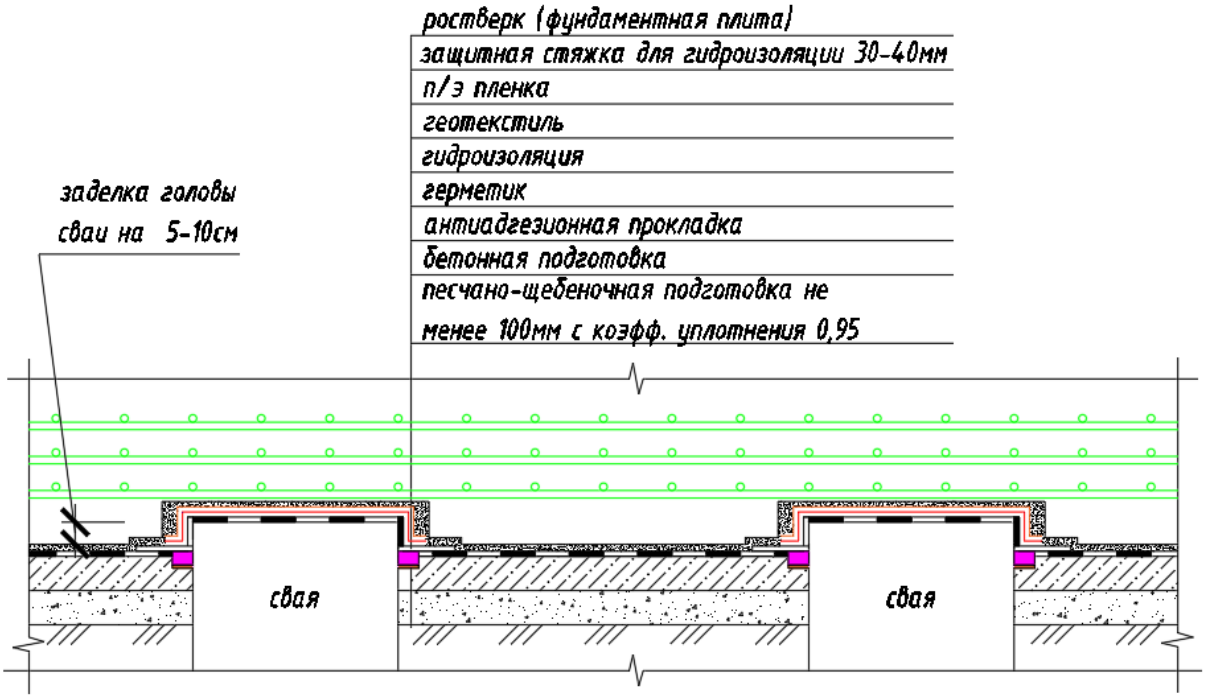


Жесткое сопряжение ростверка с забивными (квадратными) сваями

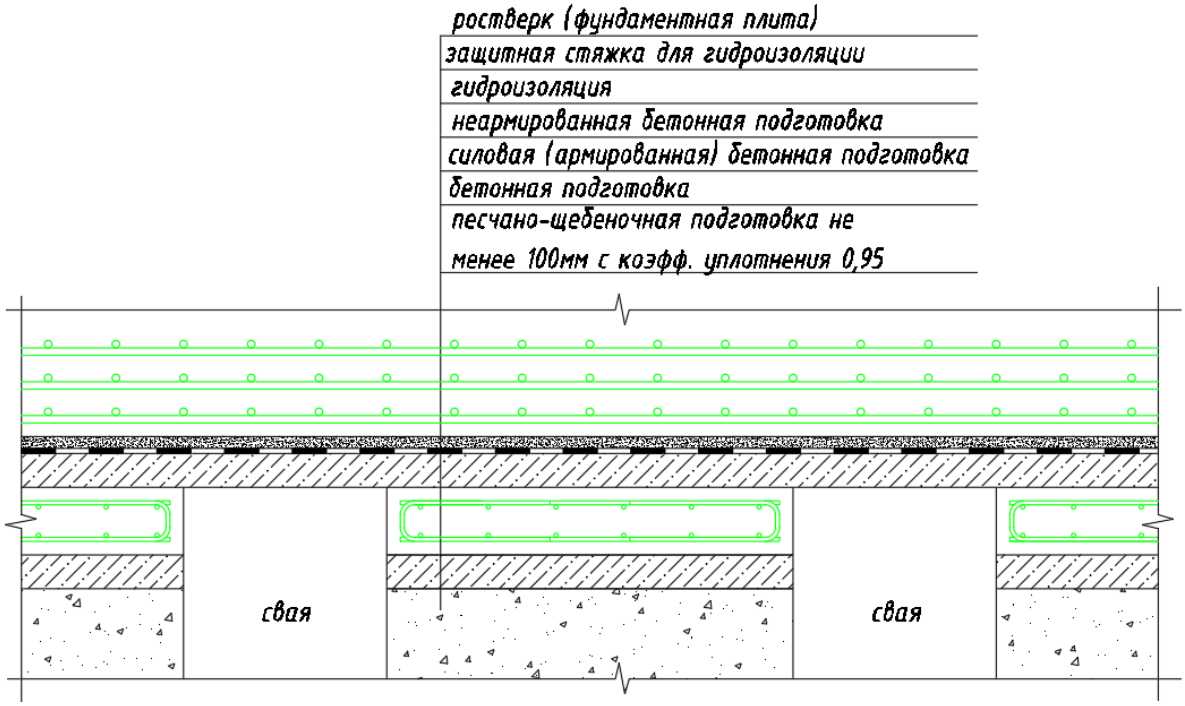


10. Шарнирные стыки

Шарнирное сопряжение ростверка со сваями. Вариант №1.



Шарнирное сопряжение ростверка со сваями. Вариант №2.



11. Испытания свай статической нагрузкой

В соответствии с п. 7.3.1 СП 24 Несущая способность свай в полевых условиях может быть **определена следующими методами**:

-статическими (ГОСТ 5686) – **наиболее частый метод испытания**

-динамическими (ГОСТ 5686)

-испытаниями эталонной сваей (ГОСТ 5686)

-испытаниями грунтов статическим зондированием. (ГОСТ 19912)

Количество испытаний свай определяется проектом в зависимости от сложности грунтовых условий, величины нагрузок, передаваемых на основание и числа типоразмеров свай. Для определения несущей способности свай по результатам полевых испытаний для каждого объекта строительства сооружений класса КС-3 и КС-2 рекомендуется проводить:

- **статические испытания** свай и свай-штампов – до 1% общего числа свай на объекте, но не менее **трех** для сооружений класса **КС-2** и **четырех** – для сооружений класса **КС-3**;

- **динамические испытания** свай – **до 2%** общего числа свай на объекте, но не менее **шести** для сооружений класса **КС-2** и **девяти** – для сооружений класса КС-3;

- **испытания грунтов статическим зондированием** – в соответствии с СП 446.1325800.

Сваи, которые используются в **статических испытаниях** в большинстве случаев являются **рабочими**, т.е. после испытаний данные сваи будут использованы в составе фундамента.

Рабочие сваи подразделяются на:

- анкерные;

- испытуемые.

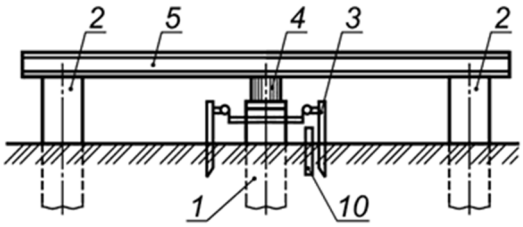


Рисунок Б.1. (а) Установка с гидравлическим домкратом, системой балок и анкерными сваями (приложение Б ГОСТ 5686)

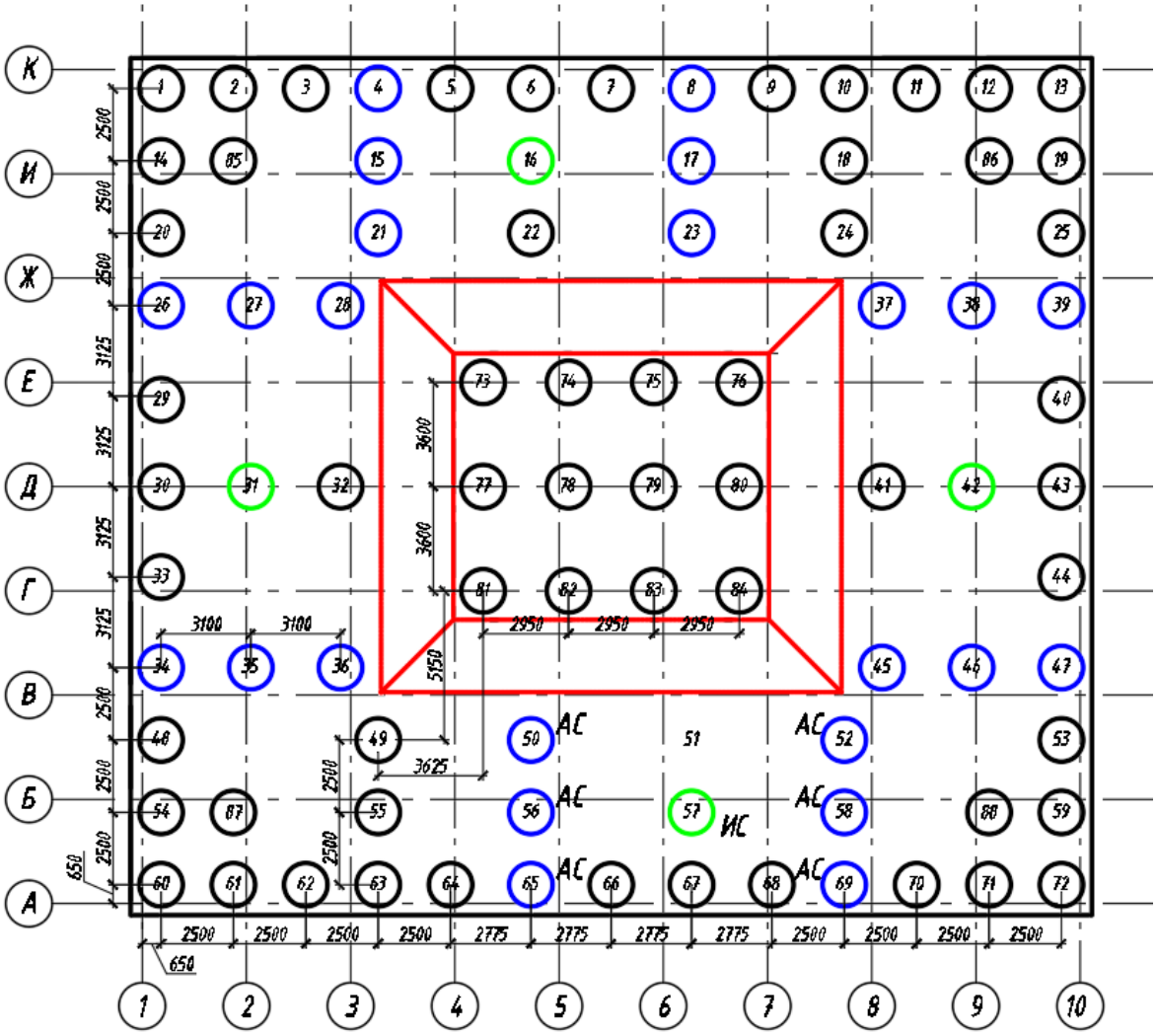
1 – испытуемая свая; *2* – анкерная свая; *3* – реперная система с прогибомерами; *4* – домкрат с манометром; *5* – система упоров, балок; *10* – термометрическое устройство (при необходимости);

Для испытания свай с небольшой нагрузкой (в основном для сборных железобетонных свай до 300т) могут использоваться сваевдавливающие установки или прямое загружение нагрузкой. При этом анкерные сваи не требуются.

Справочная таблица 17. Фрагмент таблицы 5.1 ГОСТ 5686 – Требуемые минимальные расстояния в свету между испытуемой натурной сваей и анкерной сваей или до ближайшей опоры грузовой платформы и/или опоры сваевдавливающей машины, а также до опор реперной установки при проведении испытаний грунтов сваями статическими вдавливающими нагрузками.

Наименование испытаний	Для забивных железо-бетонных свай квадратного сечения	Для круглых буронабивных сплошных, забивных железо-бетонных и металлических трубчатых свай	Требуемые минимальные расстояния в свету между испытуемой натурной сваей и анкерной сваей или до ближайшей опоры грузовой платформы и/или опоры сваевдавливающей машины, а также до опор реперной установки в свету
При проведении инженерных изысканий	30×30	–	1,35 м
	35×35, 40×40		1,8 м
	20×20		1,0 м
	–	Диаметром d до 800 мм	3 d, но не менее 2 м
	–	Диаметром d более 800 м до 1,5 м	2 d, но не менее 2 м
	–	Диаметром более 1,5 м	От автора: ГОСТ предлагает определять расчетом расстояние при котором влияние на испытуемые сваи отсутствует. Р.з.а. 2 d, но не менее 4м
При проведении контрольных испытаний	20×20 см	–	1 м
	30×30 см		1,5 м
	35×35, 40×40 см		1,5 м
	–	Диаметром d до 800 мм	3 d, но не менее 1,5 м
	–	Диаметром d более 800 м до 1,5 м	2 d
	–	Диаметром более 1,5 м	От автора: ГОСТ предлагает определять расчетом расстояние при котором влияние на испытуемые сваи отсутствует. Р.з.а. 2 d, но не менее 4м

Пример расположения свай для сооружения КС-3



АС – анкерная свая(синим), **ИС** – испытуемая свая(зеленым).

Обязательность проведения испытаний свай.

Не во всех случаях испытания являются обязательными. В большинстве случаев испытания не требуются, поскольку расчетные значения несущей способности, полученные в соответствии с СП 24.1330 являются достаточным обоснованием. Все расчеты, которые выполнены для определения несущей способности уже содержат в себе следующие испытания: испытания для написания самого СП и испытания, проведенные в ИГИ.

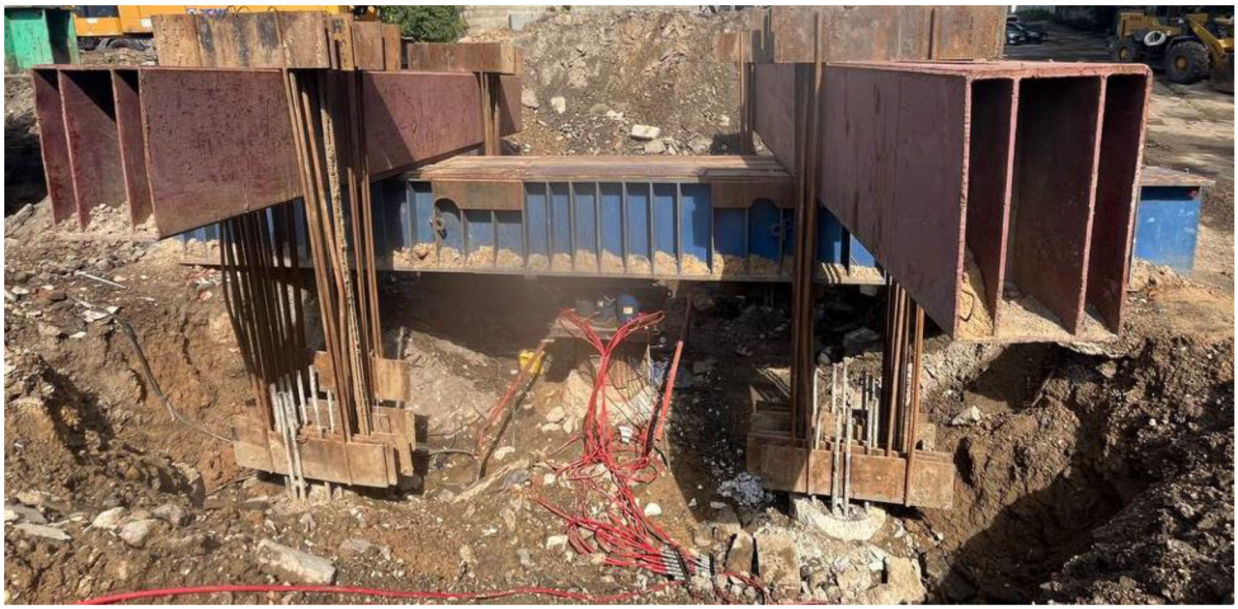
Однако испытания проводят практически на каждом объекте. С чем это связано проиллюстрировано в таблице ниже.

Справочная таблица 18. Случаи необходимости испытаний свай.

№ п/п	Случаи необходимости испытаний	Цель
1	Удостовериться в правильности расчетов и корректности результатов ИГИ. Требование может предъявляться как проектировщиком, так и заказчиком. Проектировщик вправе, независимо от желания заказчика назначать испытания.	Минимизация риска ошибки. Ошибки при проектировании не редкость, а усилить свайное основание после возведения здания стоит чрезмерно дорого. Поэтому провести статические испытания является страховкой от дальнейших неприятностей.
2	Здание высотное, более 100м (КС-3) и согласно СП 267 требуется провести испытание: 8.1.2.17 При применении свайных и комбинированных свайно-плитных фундаментов следует выполнять испытания свай статическими нагрузками в объеме, зависящем от их общего числа и неоднородности основания, но не менее четырех испытаний сваями на фундамент высотного здания.	Подтверждение несущей способности для объекта КС-3.
3	Необходимо уточнить жесткость свай/ механические характеристики грунта для точного формирования НДС здания. Для высотных зданий, высотой более 100м (КС-3) согласно СП 267 имеется пункт: 8.1.2.19 При проведении испытаний грунта сваями механические характеристики грунта уточняются путем обратных расчетов. Для этого сваи должны быть снабжены системой датчиков, позволяющих фиксировать распределение усилий и перемещений вдоль конструкции сваи. Их число и расстояние между ними выбирается исходя из размеров свайного фундамента (поперечные размеры и длина), нагрузок и грунтовых условий таким образом, чтобы можно было определить сопротивление по боковой поверхности сваи и нижнему концу, а также выполнить обратный расчет для определения уточнения механических характеристик грунта.	Для проведения более точных расчетов для минимизации дефектов, связанных с расчетными характеристиками основания.
4	Область СП 24 не описывает рассматриваемый случай. Например, длина сваи превышает область коэффициентов таблиц СП.	Для уточнения неопределенных случаев.
5	Требование СП 24 и СП 45 об испытании. Список из СП 24 (не полный):	Для уточнения неопределенных случаев.

№ п/п	Случаи необходимости испытаний	Цель
	7.2.3 Для расчетов оснований сооружений классов КС-3 и КС-2, а также оснований, сложенных выветрелыми, размягчаемыми, со слабыми прослойками скальными грунтами, несущую способность сваи-стойки F_d следует принимать по результатам испытаний свай статической нагрузкой. 7.2.5 Опирание нижних концов забивных и вдавливаемых свай на рыхлые пески или на глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0{,}6$, не рекомендуется. В случае, если принимается такое техническое решение, несущую способность F_d , кН, следует подтверждать результатами контрольных статических испытаний свай в соответствии с ГОСТ 5686. 7.2.14 Для набивных и буровых свай и свай-оболочек, погружаемых с выемкой грунта и заполняемых бетоном, опирающихся нижним концом на глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0{,}6$, несущую способность следует определять по результатам статических испытаний свай в соответствии с ГОСТ 5686. 7.2.17 Несущая способность свай из стальных труб, погружаемых с открытым нижним концом, работающих на вдавливающую нагрузку, должна определяться по результатам статических испытаний. 7.2.26 Несущая способность комбинированных свай должна определяться на основании статических испытаний. Список из СП 45 (не полный): 12.1.11 Сваи с отказом больше расчетного следует подвергать контрольной добивке после их «отдыха» в грунте в соответствии с ГОСТ 5686. В том случае, если отказ при контрольной добивке превышает расчетный, проектная организация должна установить необходимость контрольных испытаний свай статической нагрузкой и корректировки РД.	
6.	Получение более высокой несущей способности по результатам испытаний. В некоторых случаях можно получить несущую способность большую, чем при расчете до двух раз.	Сокращение количества свай (оптимизация свайного поля).

Фото испытательной установки (испытываются буронабивные сваи)



Участок испытаний



Домкраты



Насосная станция (создает давление в домкратах)



Индикаторы часового типа (измеряют вертикальные перемещения в свае)



Датчик (тензометр), для измерения напряжений в свае. Свариваются с арматурой сваи. Обычно используются только при испытаниях свай на объектах повышенного уровня ответственности.

Датчики для определения усилий в бетоне (тензометры) устанавливаются исходя из следующих положений (данные положения составлены на основе опыта автора и могут быть уточнены для каждого конкретного случая):

1. Датчики крайне не надежны. Иногда при испытаниях выходит из строя минимум половина (50%) всех установленных. Исходя из этого количество датчиков на один уровень о сечение сваи всегда должно быть не менее 4 (четырех).

2. Первый и последний уровень всегда наверху и самом низу (на пяте и на оголовке).

3. Уровни установки обычно совпадают с уровнем верха ИГЭ (кроме случаев сложного напластования).

4. Уровни и шаг установки по высоте диктуются сложностью геологии (см. таблицу ниже).

5. Если расчетное сопротивление по боковой поверхности f_i для нескольких слоев различается не более чем в 1,3…1,5 раза, а мощности слоев небольшие – до 1,5м, то допустимо их условно объединять и использовать один уровень датчиков.

Справочная таблица 19. Случаи назначения уровней датчиков

Случаи ИГЭ	Положение датчиков и расстояние между датчиками по высоте (р.з.а)
Слои равномерные с малым уклоном.	Между датчиками: Не более 5м при дисперсных грунтах. Не более 8м при скальных грунтах. Уровень установки совпадает с уровнем верха ИГЭ.
Слои неравномерные с различными уклонами.	До проведения испытаний выполняется контрольное бурение в месте испытаний. Между датчиками: Не более 5м при дисперсных грунтах. Не более 8м при скальных грунтах.
Слои расположены так, что нет уверенности в четких границах. Большое количество переслоений.	До проведения испытаний выполняется контрольное бурение в месте испытаний. Между датчиками: Не более 3м при дисперсных грунтах. Не более 5м при скальных грунтах.

Испытание свай статической нагрузкой полностью описано в ГОСТ 5686. Ниже приведены основные моменты, на которые следует особо обращать внимание.

Количество ступеней нагружения

Согласно ГОСТ 5686 п.8.2.1 Нагружение испытуемой сваи (натурной, эталонной или сваи-зонда) проводят равномерно, без ударов, ступенями нагрузки, значение которых устанавливается программой испытаний, но принимается **не более 1/10** заданной в программе **наибольшей нагрузки на сваю.** При заглублении нижних концов натурных свай в крупнообломочные грунты, гравелистые и плотные пески, а также в глинистые грунты твердой консистенции допускается первые три ступени нагрузки принимать равными 1/5 наибольшей нагрузки.

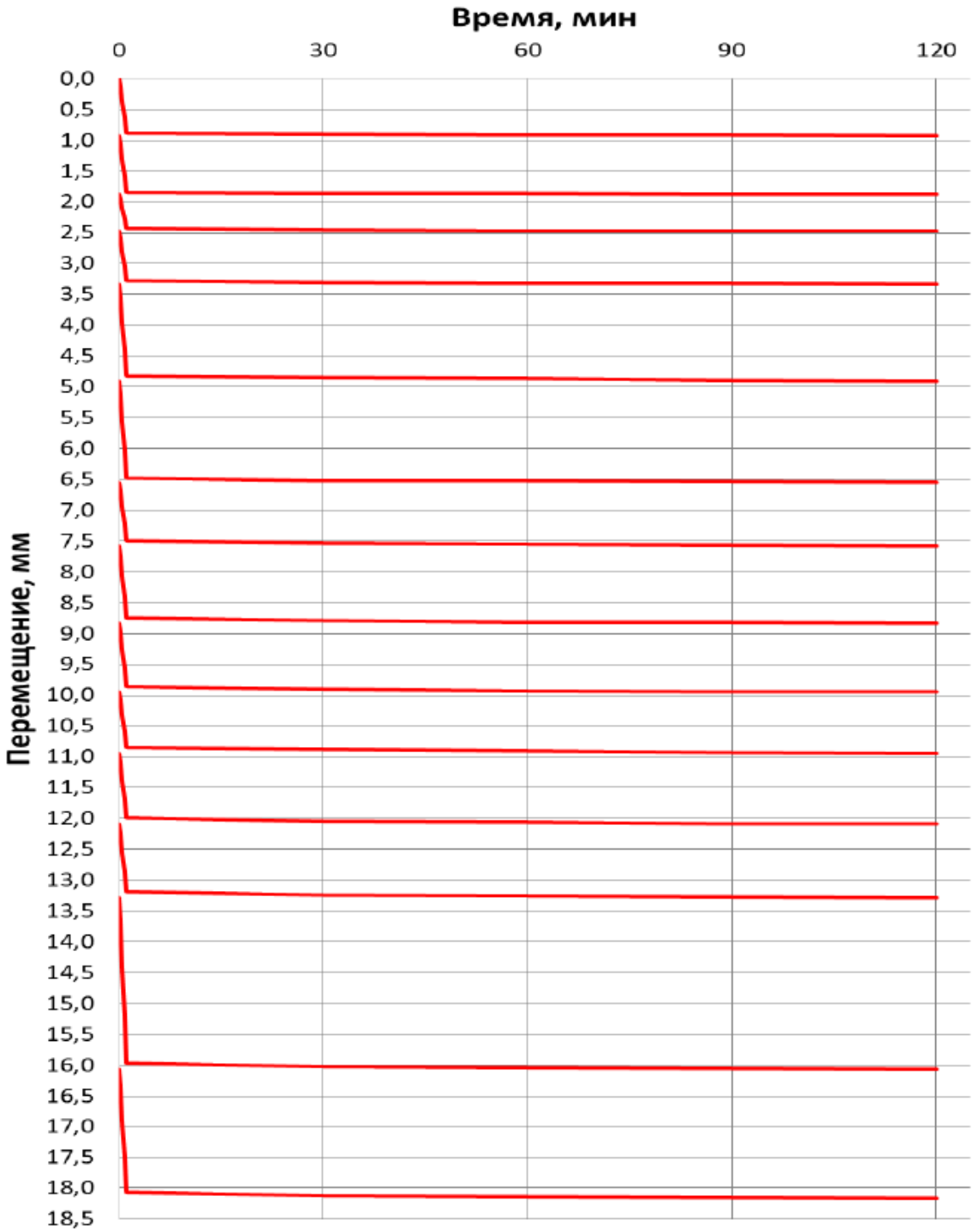
Стабилизация и время нагружения

Согласно ГОСТ 5686 п.8.2.3 За критерий условной стабилизации деформации при испытании натурной сваей принимают осадку сваи на данной ступени нагружения, не превышающую 0,1 мм за последние 60 мин наблюдений, если под нижним концом сваи залегают песчаные грунты или глинистые грунты от твердой до туго-пластичной консистенции, или за 2 ч наблюдений, если под нижним концом сваи залегают глинистые грунты от мягкопластичной до текучей консистенции.

Если стабилизация не наступает на новой ступени нагружения, а осадка возрастает и превышает предельно допустимое значение (см. ее значение дальше), то несущая способность принимается по предыдущей ступени нагружения.

По графику «время-перемещение» (приведен ниже) оценивают стабилизацию по изменению деформаций на участке графика, близком к горизонтальному.

График «время-перемещение»



Справочная таблица 20. Предельно допустимая осадка сваи, на которой испытания следует прекратить, а несущую способность $F_{u,n}$ принять по предыдущей ступени нагружения. (п.7.3.5 СП 24).

№ п/п	Грунты под их нижним концом сваи	Стабилизация	ζ	Предельное значение осадки $s_{u,mt}$ по Приложению Е СП 22.13330.2016	Предельное значение осадки $s = \zeta s_{u,mt}$ но в любом случае не более 40мм
1	Песчаные или глинистые грунты с консистенцией от твердой до тугопластичной	Осадка **менее** 0,1 мм за 1 ч	0,2	Здания высотой до 75м: для бескаркасного монолитного железобетонного здания принимается 180мм	$0{,}2x180 = 36$мм
2	Глинистые грунты от мягкопластичной до текучей консистенции	Осадка **менее** 0,1 мм за 2 ч		Здания высотой до 75м: для каркасного монолитного железобетонного здания 150мм	$0{,}2x150 = 30$мм
				Здания высотой 75-200м: 200мм	$0{,}2x200 = 40$мм
				Здания высотой 75-200м: 100мм	$0{,}2x100 = 20$мм
3	Песчаные или глинистые грунты с консистенцией от твердой до тугопластичной	Осадка **более** 0,1 мм за 1 ч	-	Не зависит	Принимается **20**мм
4	Глинистые грунты от мягкопластичной до текучей консистенции	Осадка **более** 0,1 мм за 2 ч			

Определение несущей способности

Допускаемую нагрузку на сваю $\frac{F_d}{\gamma_{c,g}}$ в составе фундамента или одиночную сваю следует определять **по грунту** исходя из условия (п. 7.1.11 СП 24):

$$\gamma_n N \le \frac{F_d}{\gamma_{c,g}} \quad \text{или в таком виде} \quad N \le \frac{F_d}{\gamma_n \gamma_{c,g}}$$

N - **расчетная** нагрузка, передаваемая на сваю от наиболее невыгодного сочетания нагрузок;

γ_n – коэффициент надежности по ответственности;

$\gamma_{c,g}$ – коэффициент надежности по грунту, принимаемый равным:

1,2 – если несущая способность сваи определена по результатам **полевых испытаний статической нагрузкой**;

F_d – предельное сопротивление грунта основания одиночной сваи (рассчитывается по таблицам ниже или определяется на основании испытаний);

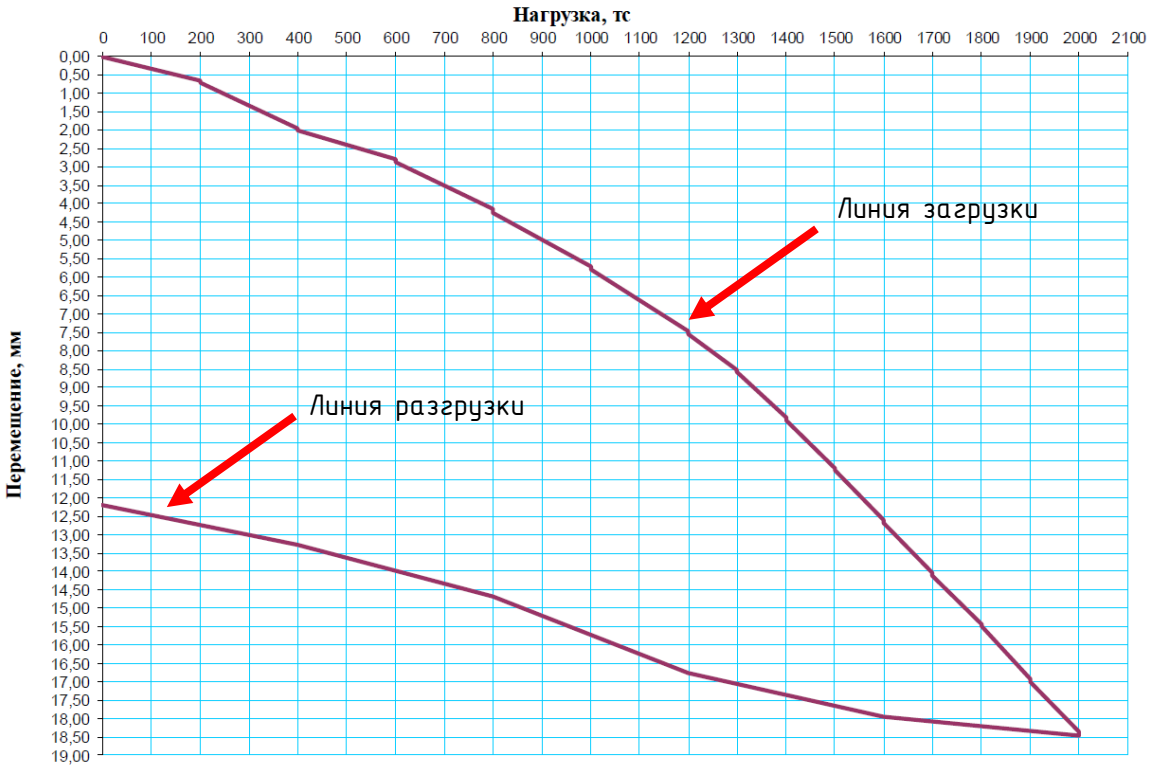
П. 7.3.3 – 7.3.4.

$$F_d = \gamma_c \frac{F_{u,n}}{\gamma_{c,g1}}$$

$\gamma_c = 1$ при вдавливающих или горизонтальных нагрузках.

$\gamma_{c,g1}$ и $F_{u,n}$	
При количестве испытаний менее 6	**При количестве испытаний 6 и более** (на практике встречается очень редко)
$F_{u,n}$ принимается по наименьшей несущей способности из всех испытанных свай. $\gamma_{c,g1} = 1$	$F_{u,n}$ и $\gamma_{c,g1}$ принимается по статистической обработке согласно п. 7.3.4. СП 24.

График «нагрузка-перемещение»



Ошибочно принимать жесткость всех свай свайного поля по графику «нагрузка-перемещение». В жесткости одиночной испытуемой сваи нет учета взаимного влияния свай. Поэтому применив в расчете жесткость одиночной сваи по указанному графику и не учтя взаимное влияние получим заниженную осадку (как правило, в 3-5 раз).

При использовании вышеупомянутых датчиков (тензометров) строят два графика приведенных ниже.

График «Нормальное усилие N в свае по ее высоте на каждой ступени нагружения»

Точки на графике соответствуют положению датчиков (тензометров).

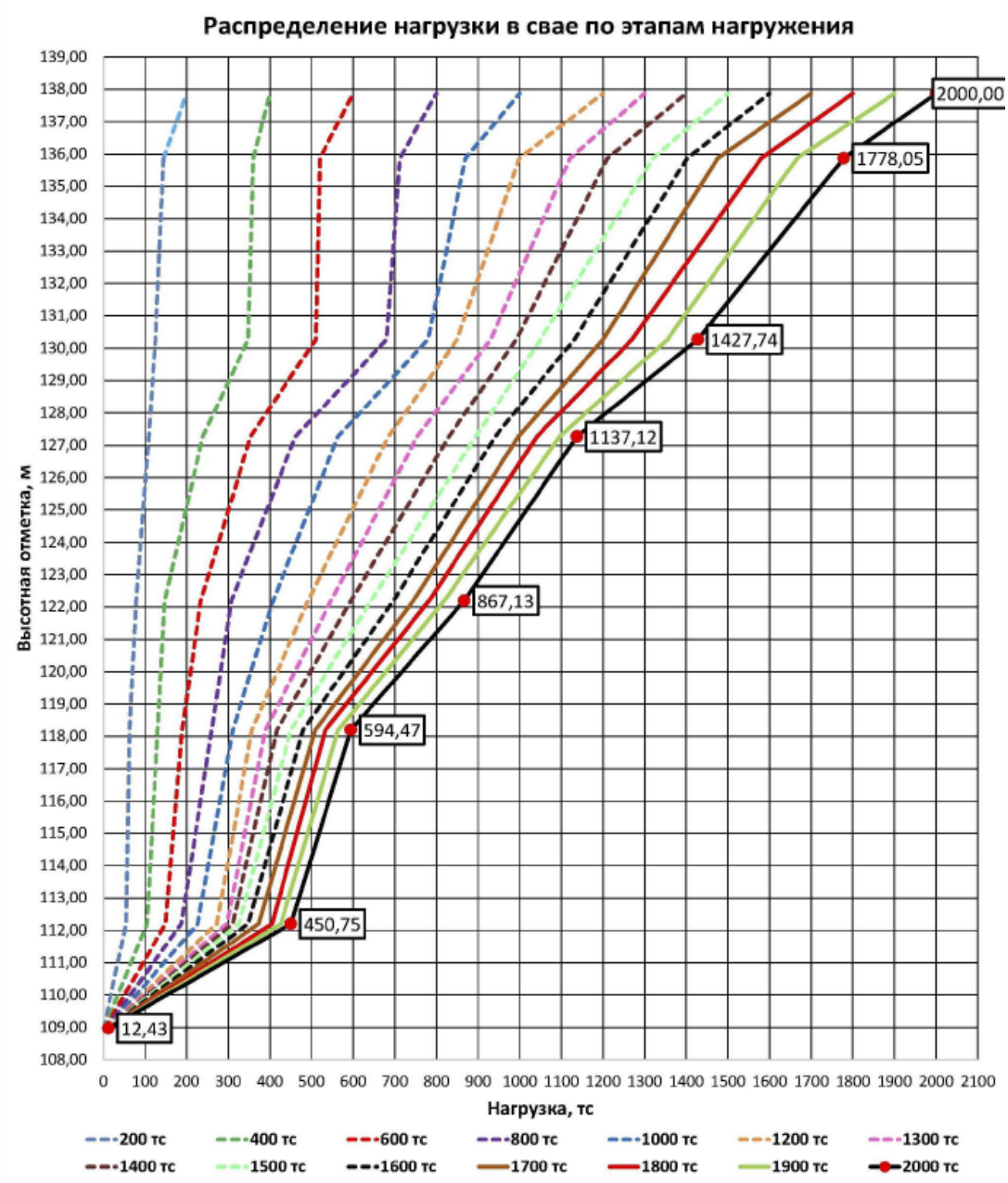
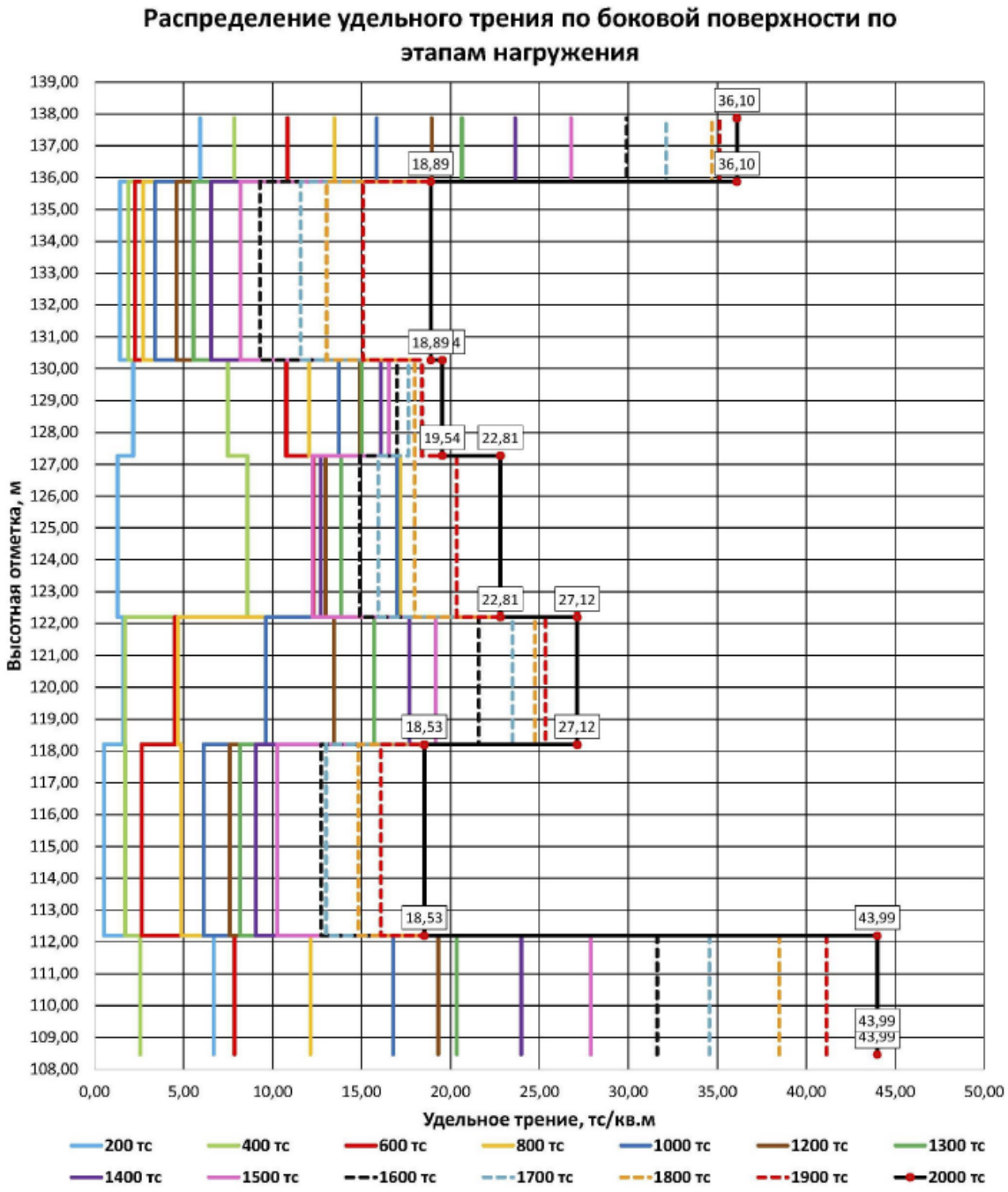


График «Удельное трение по боковой поверхности сваи по ее высоте на каждой ступени нагружения»

Точки на графике соответствуют положению датчиков (тензометров).

Данный график строится исходя из предыдущего графика «Нормальное усилие N в свае по ее высоте на каждой ступени нагружения».

По сути данный график является уточнением сопротивления по боковой поверхности f_i , который приведен в таблице 7.3 СП 24.



12. Требования по заделке нижних концов свай в грунт

Справочная таблица 21. Требования по заделке нижних концов свай

<table>
<tr><td colspan="2">Висячие сваи</td></tr>
<tr><td>Висячие забивные, вдавливаемые всех видов и железобетонные сваи-оболочки, погружаемые без выемки грунта (забивные сваи трения)</td><td>Висячие набивные, буровые и сваи-оболочки, погружаемые с выемкой грунта и заполняемые бетоном (сваи трения)</td></tr>
<tr><td>Не нормировано</td><td>– Для свай набивных вытеснительных и набивных виброштампованных.
Не нормировано.

– Для свай, у которых глинистый грунт в основании.
Не нормировано.

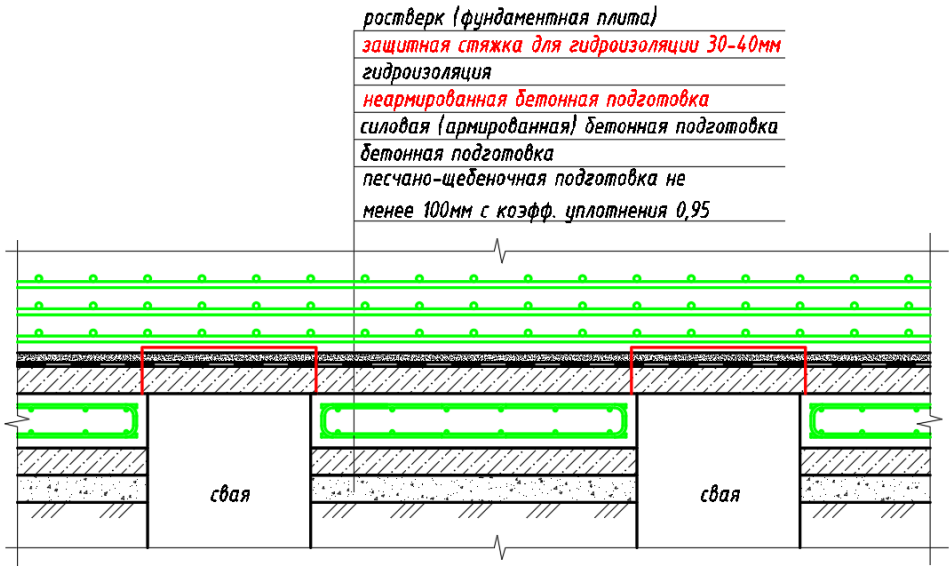
– Для набивной и буровой свай с уширением и без уширения, сваи-оболочки, погружаемой с полным удалением грунтового ядра, у которых крупнообломочный грунт с песчаным заполнителем и песков в основании.
Не менее чем на 2 м.

– Для сваи-оболочки, погружаемой с сохранением грунтового ядра из указанных грунтов на высоту 0,5 м с песчаным заполнителем и песков в основании.
Не менее чем на 2 м.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Сваи-стойки и сваи работающие по боковой поверхности при взаимодействии со скальными грунтами</td></tr>
<tr><td colspan="2">Не нормировано</td></tr>
</table>

13. Расчет смятия в узлах

Зачастую в высотных зданиях класс бетона буронабивных свай принимают В40 и выше, армируют на 2-4%. При этом стяжку и бетонную подготовку ошибочно делают с малыми классами бетона (конструктивно В15).

При передаче нагрузки с ростверка (фундаментной плиты) на сваю промежуточные слои бетонной подготовки и стяжки также будут участвовать в силовой работе. И Поскольку они участвуют в силовой работе, то их необходимо проверить на смятие.



Проверка смятия, согласно СП 63.13330.

Предельно допустимое усилие:

$$N = \psi R_{b,loc} A_{b,loc}$$

ψ – коэффициент, принимаемый равным **0,75** при неравномерном распределении местной нагрузки (от автора: она всегда неравномерная)

$A_{b,loc}$ – площадь приложения сжимающей силы

$A_{b,max}$ – максимальная расчетная площадь, определяемая по рисунку 8.9 СП 63.13330.

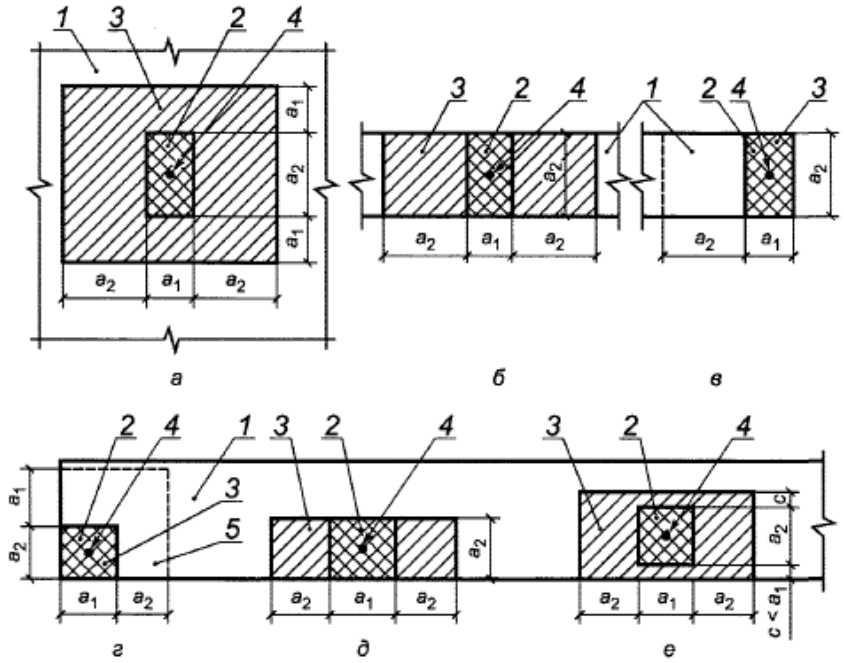
$$R_{b,loc} = \varphi_b R_b$$

R_b – расчетное сопротивление бетона сжатию

$$\varphi_b = 0,8 \sqrt{\frac{A_{b,max}}{A_{b,loc}}}$$

Справочная таблица 22. $A_{b,loc}$ и $A_{b,max}$

№ п/п	Круглая свая d – диаметр сваи, м		Квадратная свая a – сторона сваи, м	
	$A_{b,loc}$	$A_{b,max}$	$A_{b,loc}$	$A_{b,max}$
Центральная свая	$\frac{\pi d^2}{4}$	$\frac{9\pi d^2}{4}$	a^2	$9a^2$
Краевая свая (худший случай у самого края плиты)		$\frac{9\pi d^2}{4} - \left(\frac{d}{2}\right)^2 * \left(\frac{\pi \alpha}{180^0} - sin\alpha\right)$ $\alpha = 141^0$		$3a^2$
Угловая свая (худший случай у самого края плиты)		$\frac{\pi d^2}{4}$		a^2



а – вдали от краев элемента; *б* – по всей ширине элемента; *в* – у края (торца) элемента по всей его ширине; *г* – на углу элемента; *д* – у одного края элемента; *е* – вблизи одного края элемента;

1 – элемент, на который действует местная нагрузка; *2* – площадь смятия $A_{b,loc}$; *3* – максимальная расчетная площадь $A_{b,max}$; *4* – центр тяжести площадей $A_{b,loc}$ и $A_{b,max}$; *5* – минимальная зона армирования сетками, при которой косвенное армирование учитывается в расчете

Рисунок 8.9 СП 63.13330. – Схемы для расчета элементов на местное сжатие при расположении местной нагрузки

От автора. Сугубо по мнению автора проверка по СП, учитывающая увеличение прочности является не совсем корректной для проверки стяжки и подбетонки. В СП нет упоминаний и учета толщины конструкций подвергающейся смятию и соотношения толщины конструкции к площади смятия, а эти факторы очень сильно влияют на результат. В связи с этим автор рекомендует вместо $R_{b,loc}$ принимать R_b.

Из практики был случай, когда расчет был выполнен и коэффициент использования по подбетонке был равен 0,95 (близкий к предельному). При мониторинге здания по датчикам часть свай были сильно разгружены, а часть перегружены, что сильно не соответствовало расчетам. Объяснений этому явлению нашлось немного, в т.ч. высказывалось мнение о раздроблении подбетонки. Впрочем подтвердить или опровергнуть это невозможно, поскольку никто не стал подкапывать под здание и смотреть. А то здание так и стоит до сих пор (более 5 лет).

Библиография

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

14. СП 22.13330.2016 Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83* (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5) : свод правил : дата введения 2017-07-01 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ - Изд. официальное. - Москва: Стандартинформ, 2017;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Приложение А. Принципы анкеровки и нахлестки

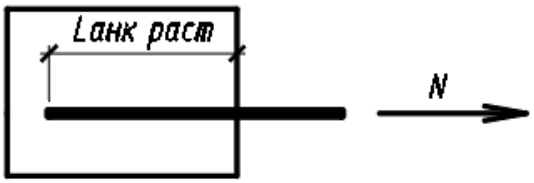
Все значения анкеровки и нахлестки **для растянутой** арматуры уже посчитаны и находятся ниже по тексту.

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

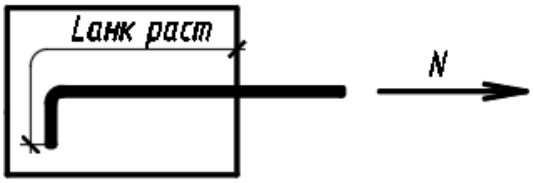
Принципы анкеровки продольной арматуры

Случай для растянутых стержней

Прямая анкеровка

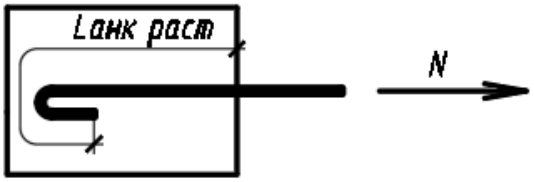


Анкеровка с лапкой



Lанк можно уменьшить на 30%

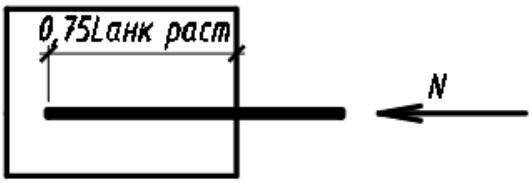
Анкеровка с крюком



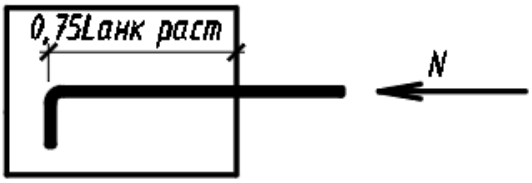
Lанк можно уменьшить на 30%

Случай для сжатых стержней

Прямая анкеровка

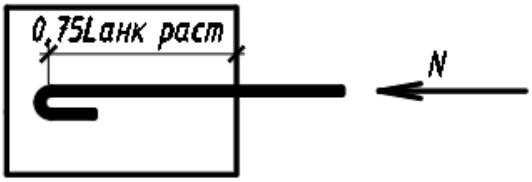


Анкеровка с лапкой



Длина лапки в Lанк не учитывается

Анкеровка с крюком



Длина крюка в Lанк не учитывается

Анкеровка и нахлестка для арматуры класса A500 в случае растяжения

по СП 63.13330.2018.

а – анкеровка

н – нахлестка

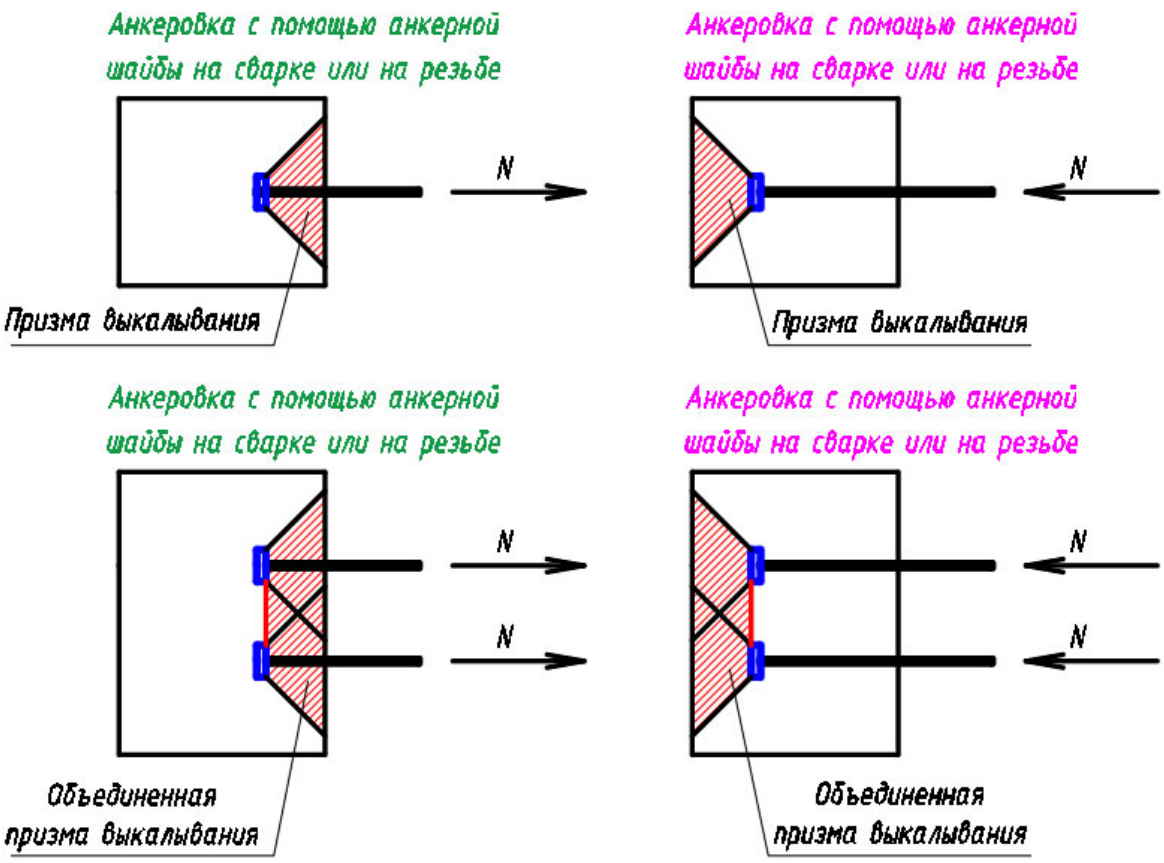
значение вне скобок – значение при работе арматуры на полное расчетное сопротивление R_s

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

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

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

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



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

Расчет анкеровки (п.10.3.24 СП 62.13330.2018)

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

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

R_s – расчетное сопротивление арматуры;

A_s – площадь поперечного сечения;

u_s – периметр поперечного сечения.

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

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

η_1 – коэффициент, учитывающий влияние вида поверхности арматуры, принимаемый равным:
для ненапрягаемой арматуры:
1,5 – для гладкой арматуры;
2,0 – для холоднодеформированной арматуры периодического профиля;
2,5 – для горячекатаной и термомеханически обработанной арматуры периодического профиля;
для напрягаемой арматуры:
η_2 – коэффициент, учитывающий влияние размера диаметра арматуры, принимаемый равным для ненапрягаемой арматуры:

1,0 – при диаметре арматуры до 32 мм включительно;
0,9 – при диаметре арматуры 36 и 40 мм.

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

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

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

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

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

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

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

В случае растяжения:

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

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

$$N_2 = R_{bt} u_{\text{вык}} h$$

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

В случае сжатия:

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

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

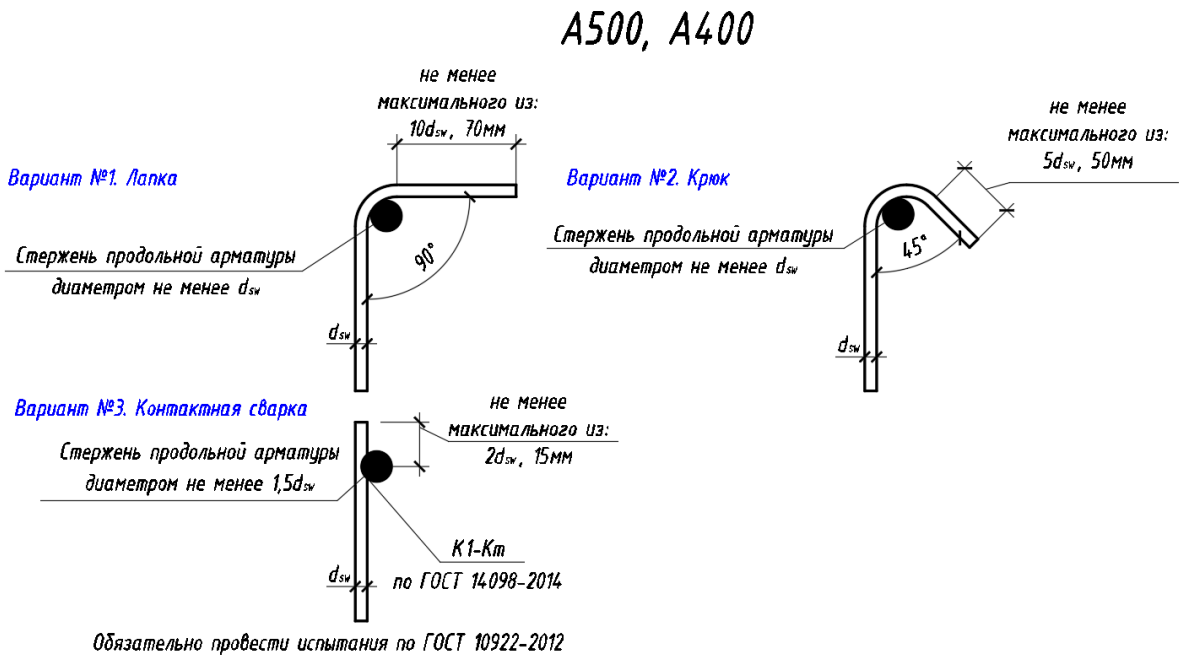
$$N_2 = 0,75 \text{x} R_s A_s \frac{l_s}{l_{0,an}} n + R_{bt} u_{\text{вык}} h$$

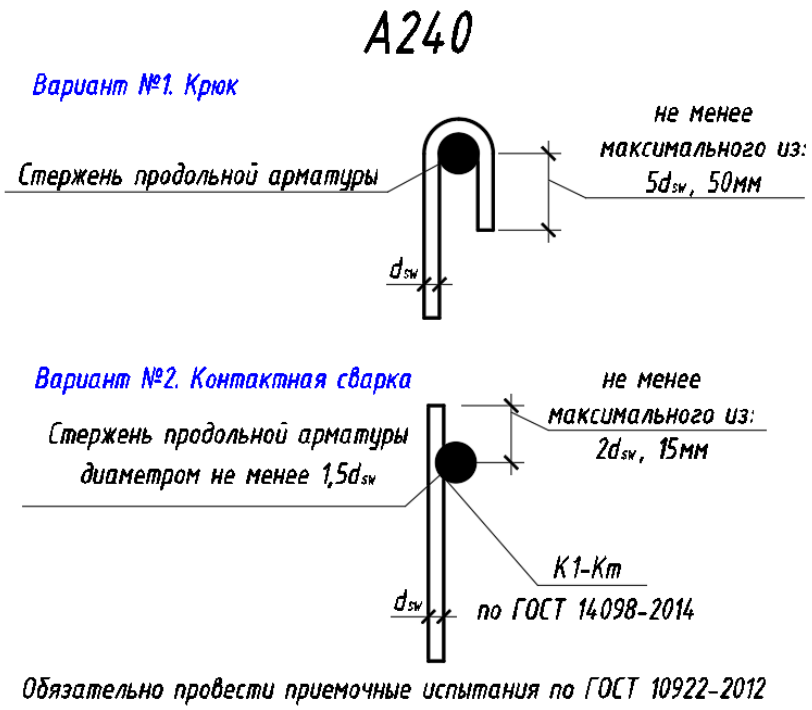
R_{bt} – расчетное сопротивление бетона на растяжение;
$u_{\text{вык}}$ – периметр контура выкалывания (подробнее см. расчеты на продавливание);
h – высота призмы выкалывания.

Принципы анкеровки поперечной арматуры

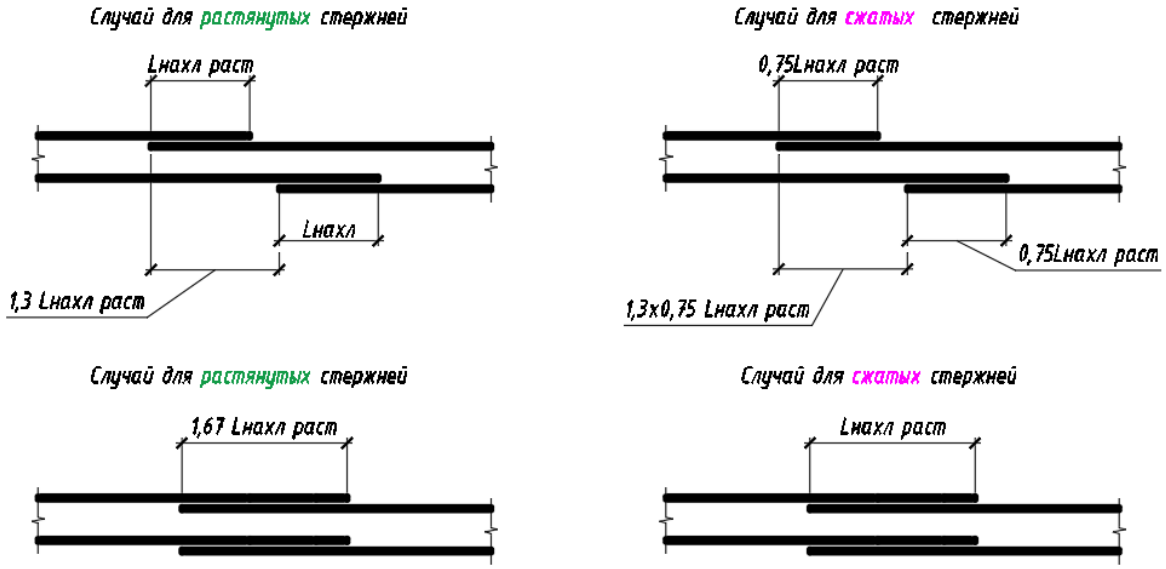
В анкеровке поперечной арматуры используются подходы, основанные на загибах стержней вокруг продольной арматуры. Также широко используется контактная сварка к перпендикулярно идущим стержням.

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





Принципы нахлестки



Расчет нахлестки (п.10.3.24 СП 62.13330.2018)

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

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

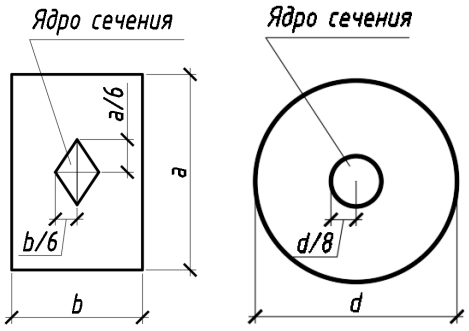
При соединении арматуры периодического профиля с прямыми концами, а также гладких стержней с крюками или петлями без дополнительных анкерующих устройств

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

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

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

Справочная таблица. Определение сжатых и растянутых арматурных стержней

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

Приложение Б. Сварные соединения

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

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

- диаметры для которых соединение применимо.

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

Частые вопросы:

1. Нужна ли разбежка в сварных соединениях?

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

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

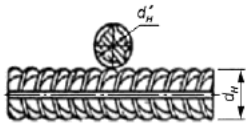
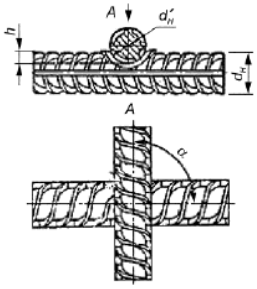
Таблица Б.1 – Оценка эксплуатационных качеств сварных соединений при статической нагрузке (Таблица А.1 ГОСТ 14098-2014).

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

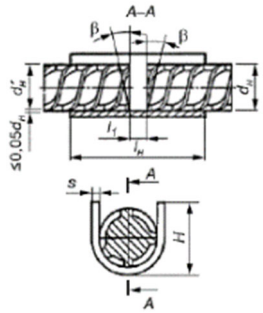
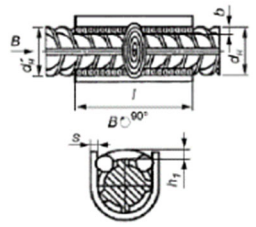
Сварные соединения арматуры между собой

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						

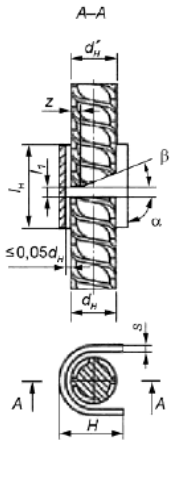
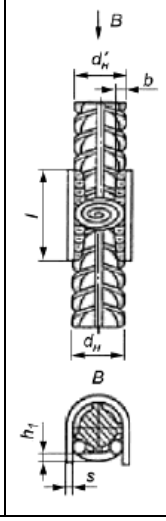
Примечание – Значения $d'_н/d_н$, не совпадающие с приведенными, следует округлять до ближайшего значения, указанного в настоящей таблице.

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					$\geq 4d_н + l_1$			
		Ат500	20–32							
		А500С	20–40							
		А600С								

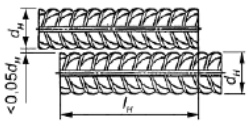
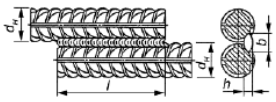
Примечание – Для $d_н = 20 - 25$мм $s = 6$мм, для $d_н = 28 - 40$мм $s = 8$мм.

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

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

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

С23-Рэ, С23-Мэ

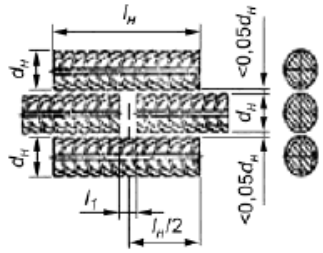
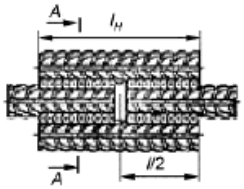
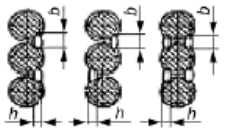
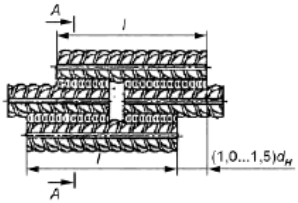
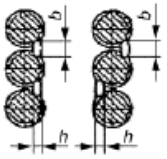
Соединение арматуры		Класс арматуры	$d_н$, мм	$l_н = l$, мм	b, мм	h, мм
до сварки	после сварки					
		А240	10–25	$\geq 6d_н$	$\geq 0,5d_н$, но > 8	$\geq 0,25d_н$, но ≥ 4
		А400		$\geq 8d_н$		
		А500С	10–25	$\geq 8d_н$		
		А600С		$\geq 10d_н$		
		В500С	10–12	$\geq 8d_н$		

Примечания

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

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

С21-Рн, С21-Мн

Соединение арматуры		Класс арматуры	$d_н$, мм	$l_н = l$, мм	$l_{1,}$, мм	b, мм	h, мм
до сварки	после сварки						
 То же, но накладки смещены	Без смещения накладок  A–A   A–A 	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	$\geq 8d_н$			

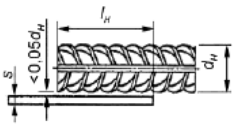
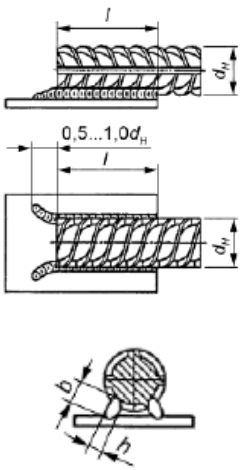
Примечания

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

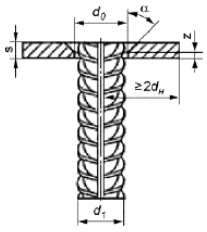
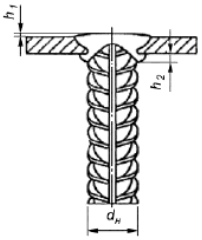
2 Допускаются двусторонние швы длиной $4\,d_н$ для соединений арматуры классов А240, А400С.

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

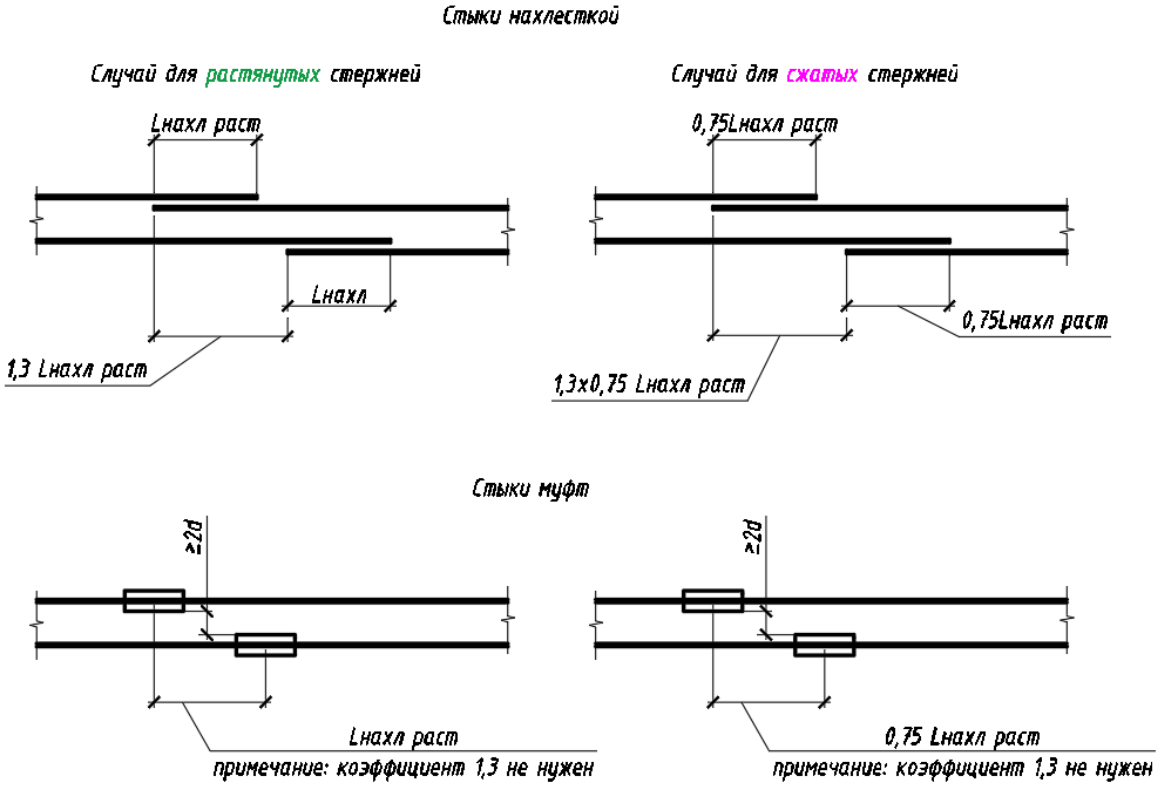
2 При использовании закладных деталей с анкерами из стали класса А600С следует руководствоваться указаниями 5.6.

Приложение В. Муфтовые соединения и изделия

Частые вопросы:

1. Нужна ли разбежка в муфтовых соединениях?

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



Муфтовые соединения подразделятся на:

- резьбовые и обжимные.

Резьбовые муфты

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

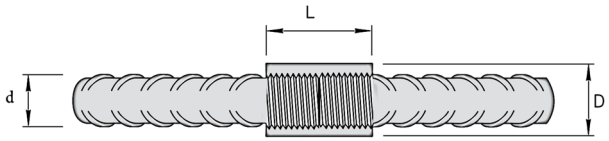
Наиболее часто используют с цилиндрической резьбой, поскольку они прощают некоторые ошибки при производстве работ.

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

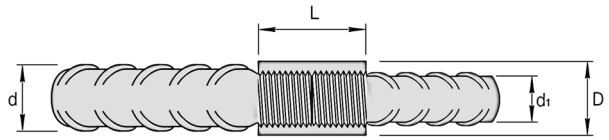
Справочная таблица. Типы резьбовых цилиндрических муфт

Тип А

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

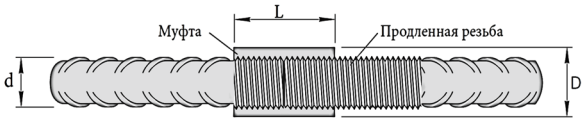


Имеются муфты с переходом с диаметра.

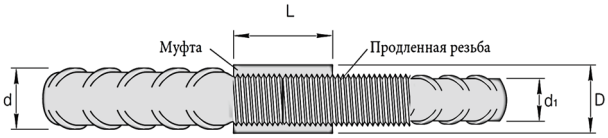


Тип Б

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

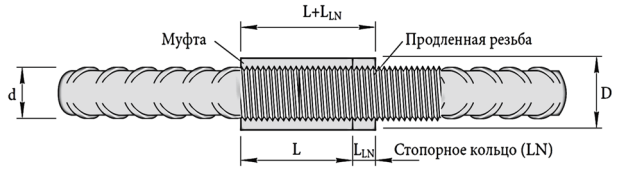


Имеются муфты с переходом с диаметра.

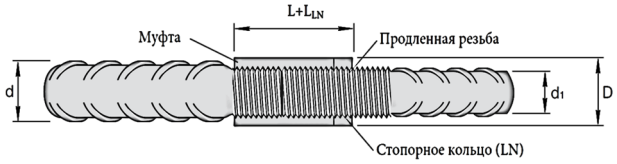


Тип В

При отсутствии возможности вращения обоих стержней.

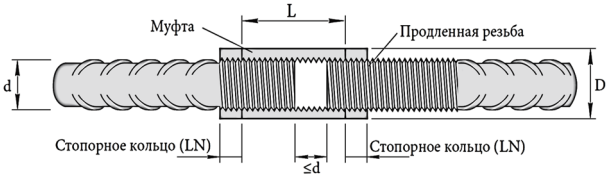


Имеются муфты с переходом с диаметра.



Тип Г

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

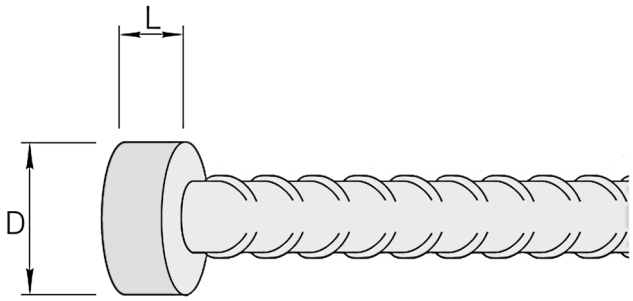
Справочная таблица. Размеры цилиндрических муфт. Тип В. Накатанная резьба.

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

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

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

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



Справочная таблица. Анкерные муфты. Нарезанная резьба.

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

Справочная таблица. Анкерные муфты. Накатанная резьба.

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

Затяжка производится с помощью ключа





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

Обжимные муфты

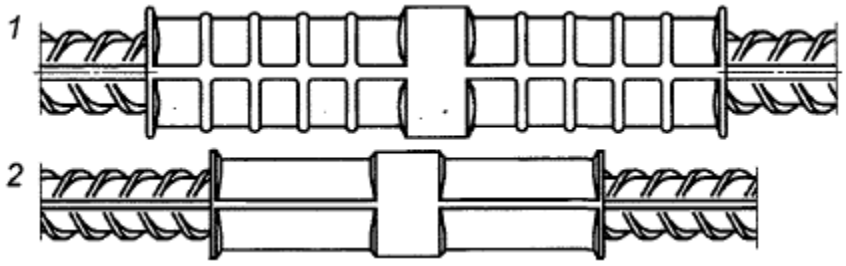


Рисунок. *1* - с промежутками; *2* - без промежутков (рисунок из приложения СП 63.13330.2018).

Большинство муфт прессуются с промежутками на мобильном оборудовании.

Справочная таблица. Размеры муфт из Ст20

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

Справочная таблица. Размеры переходных муфт из Ст20

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

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

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





Рисунок. Оборудование для опрессовки

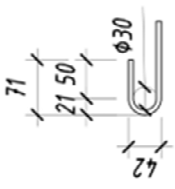
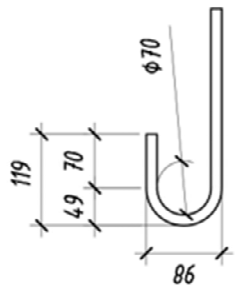
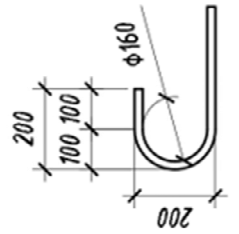
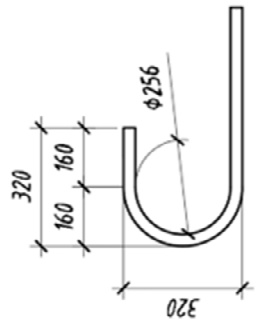
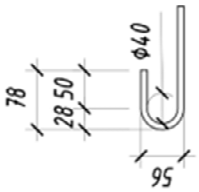
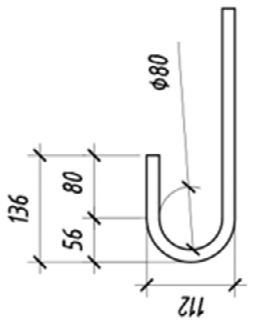
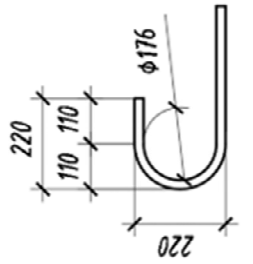
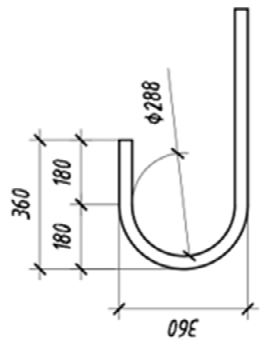
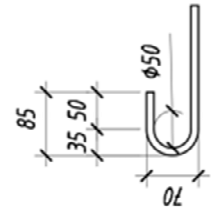
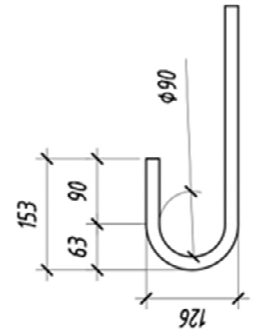
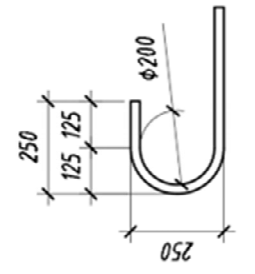
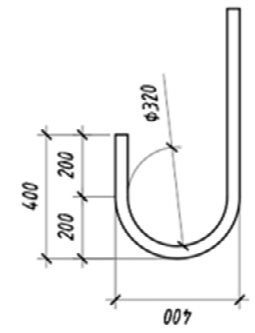
Приложение Г. Площадь арматуры

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

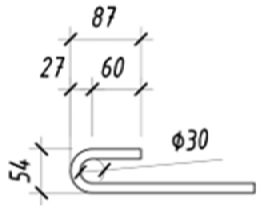
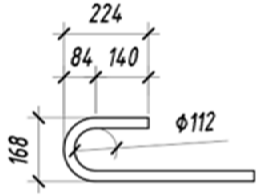
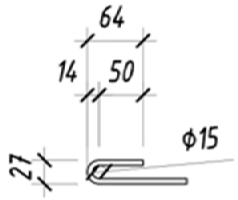
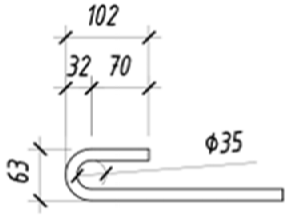
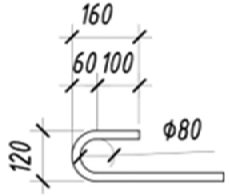
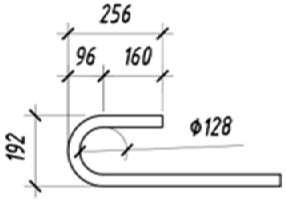
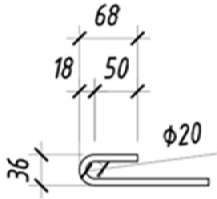
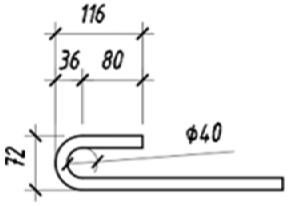
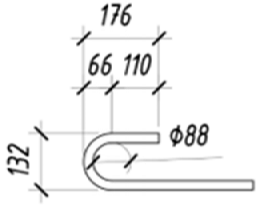
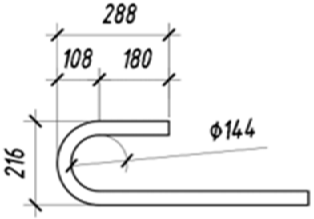
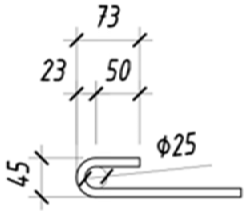
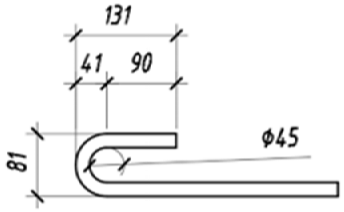
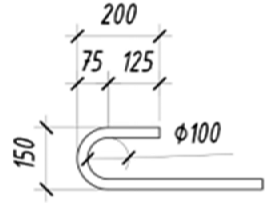
Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, см² в зависимости от шага стержней арматуры, мм													
	50	75	83	100	125	150	175	200	250	300	350	400	450	500
3	1,41	0,94	0,85	0,71	0,57	0,47	0,40	0,35	0,28	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14
4	2,51	1,67	1,51	1,26	1,00	0,84	0,72	0,63	0,50	0,42	0,36	0,31	0,28	0,25
5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

Приложение Д. Минимальная оправка(загиб) арматуры

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

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

Арматура с гладким профилем (A240)

$d_{on}=2,5d_s$ 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	