С.В. Шокот

СПРАВОЧНИК КОНСТРУКТОРА

с примерами и разъяснениями

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ

ЧАСТЬ 2

УСИЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

ISBN 978-5-6054300-2-5

© 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 усиления: [в 10 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 978-5-6054300-8-6

Ч.2.: Усиление вертикальных элементов. –2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-2-5 (ч.2)

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: 15.08.2026

Издатель С.В. Шокот.

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

Справочник конструктора с примерами и разъяснениями. Расчет и конструирование усиления: [в 10 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 978-5-6054300-8-6

Дата выпуска первой редакции: 15.08.2026

Ч.1.: Разгрузка напрягаемыми стойками. – 2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-1-8 (ч.1)

Ч.2.: Усиление вертикальных элементов. – 2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-2-5 (ч.2)

Ч.3.: Усиление плит перекрытия и фундаментных плит – 2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-3-2 (ч.3)

Ч.4.: Усиление углекомпозитными материалами – 2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-4-9 (ч.4)

Ч.5.: Усиление при прорезке и заделке отверстий – 2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-5-6 (ч.5)

Ч.6.: Усиление грунтов основания – 2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-6-3 (ч.6)

Ч.7.: Замена участков плит перекрытия в здании – 2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-7-0 (ч.7)

Ч.8. Противоаварийные мероприятия до выполнения работ по усилению – 2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-8-7 (ч.8)

Ч.9.: Усиление рабочих швов бетонирования – 2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054300-9-4 (ч.9)

Ч.10.: Усиление узлов при нарушении конструктивных требований – 2026 – Текст : электронный.

ISBN 978-5-6054301-0-0 (ч.10)

Содержание

		Стр.
	Термины и определения	6
1.	Нормативное регулирование	7
2.	Усиление железобетонной обоймой	13
2.1.	Суть метода и особенности конструирования	13
2.2.	Моделирование в программе	60
2.3.	Ручные расчеты	66
3.	Усиление стальной обоймой	76
3.1.	Суть метода и особенности конструирования	76
3.2.	Моделирование в программе	94
3.3.	Ручные расчеты	98
	Библиография	117
	Приложение А. Фотографии с объектов	120

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.

1. Нормативное регулирование

Начиная усиливать какую-либо конструкцию всегда требуется выполнить два главных условия:

1) Включение в работу конструкции усиления.

СП 349.1325800.2017 регламентирует следующие положения:

- расчет ведется по методике расчета как для обычного единомоментно созданного и единомоментно нагруженного суммарного сечения (сечение существующей конструкции + сечение усиления).

- П. 7.1.6: При проектировании усиливаемых конструкций следует, как правило, предусматривать, чтобы нагрузка во время усиления не превышала 65% расчетного значения несущей способности. При сложности или невозможности достижения требуемой степени разгрузки допускается выполнять усиление под большей нагрузкой. В этом случае расчетные характеристики бетона и арматуры усиления следует умножать на коэффициенты условий работы бетона $\gamma_{br1} = 0,9$, арматуры $\gamma_{sr1} = 0,9$.

В СП 164.1325800.2014 в п. 6.1.5 дублируется положения п.7.1.6.

От автора:

65%, указанные в нормах – это, как правило, собственный вес несущих конструкций из железобетона.

СП создавался на основе старых советских «Рекомендаций по усилению…», которые преследовали цель максимально экономить. Экономия происходила за счет изначально заложенного запаса прочности в конструкции, поэтому все продолжает стоять.

Автор с методиками СП не согласен. Подтверждением данной позиции служит любой программный расчет в «монтаже», который показывает несостоятельность значений коэффициентов СП (см. выше) равных $0,9$. Теория единомоментно созданного сечения справедлива практически при полной разгрузке конструкций. Существующая усиляемая конструкция при таких коэффициентах(особенно изгибаемая) должна существенно «протрещать» и перейти в пластичность (или даже вовсе разрушится), чтобы передать усилие на конструкцию усиления. Расчетным путем в программе всегда будет получаться требуемое усиление больше, чем рассчитанное по СП.

2) Совместная силовая работа конструкции усиления и существующей конструкции

Конструкции усиления должны снимать усилие с существующих конструкций и передавать их на конструкции усиления.

Для железобетонных обойм это достигается путем создания надежной «связки» через адгезию к бетону конструкции усиления к существующему бетону и вклейкой арматурных шпилек, работающих на сдвиг.

Для стальных обойм это надежные анкерные детали и упоры, которые обладают малой податливостью.

Реальный опыт расчетов

Из реального опыта сложилась следующая практика усиления, описанная ниже в справочной таблице 1.

Критерием усиления на передачу полного усилия с усиливаемой конструкции на конструкцию усиления не всегда является аварийное состояние (см. термины в ГОСТ 31937-2024). Зачастую ограниченно-работоспособное состояние (иногда даже без дефектов) требует полной передачи нагрузок на конструкцию усиления. Это связано в первую очередь с развитием процессов коррозии, а также с ограниченностью возможностей расчета. Ограничение возможности расчета – это проблема недописанных и недоработанных норм, а не проблема проектировщика, поэтому при отсутствии методики расчета всегда принимается наихудший вариант работы и расчета конструкции.

Справочная таблица 1. Случаи переопирания при различных дефектах железобетонных конструкций.

№ п/п	Случаи усиления По всем нормам	Полная передача нагрузки на конструкции усиления	Возможно частичное восприятие нагрузки существующей конструкцией
1	Для сильно поврежденных конструкций при разрушении 50% и более сечения бетона или 50% и более площади сечения рабочей арматуры (П 12.4.2. СП 63)	+	–
2	При классе бетона менее В15 конструкция перестает быть железобетонной (П.6.1.6. сп 63)	+	–
3	Р.З.А. При сплошной поверхностной коррозии всей арматуры в конструкции при потере защитных свойств бетона(карбонизация бетона). Трещины вдоль арматуры могут отсутствовать.	Р.З.А. +	–

№ п/п	Случаи усиления По всем нормам	Полная передача нагрузки на конструкции усиления	Возможно частичное восприятие нагрузки существующей конструкцией
	Обычно встречается в конструкциях со сроком эксплуатации более 50 лет во влажных условиях.		
4	Силовые трещины величиной более 1мм, перпендикулярные арматуре.	Р.З.А. +	–
5	Коэффициент использования сечения на полную нагрузку больше чем $K_{\text{исп}} = 1,5$ *, при этом конструкция фактически нагружена более чем на **60%** от полной расчетной нагрузки. *Про коэффициент 1,5 см. обоснования ниже.	+	**Только при разгрузке домкратами**
6	1.1.Волосяные трещины вдоль арматуры, следы ржавчины на поверхности бетона. (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024)	Р.З.А. При величине длины участка с трещиной больше чем двойная длина анкеровки	Р.З.А. При величине длины участка с трещиной меньше чем двойная длина анкеровки
7	1.2 Сколы бетона в сжатой зоне (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024)	Р.З.А. При сколах больше чем 25% сжатой зоны. Для плит принимается наименьшая ширина сжатой зоны из двух величин: 1 погонный метр или 5 толщин плиты	Р.З.А. При сколах меньше чем 25% сжатой зоны Для плит принимается наименьшая ширина сжатой зоны из двух величин: 1 погонный метр или 5 толщин плиты
8	1.3 Промасливание бетона (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024)	Р.З.А. При промасливании больше чем 25% сжатой зоны	Р.З.А. При промасливании меньше чем 25% сжатой зоны
9	1.4 Трещины вдоль арматурных стержней не более 3 мм (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024)	Р.З.А. При величине длины участка с таким дефектом больше чем двойная длина анкеровки	Р.З.А. При величине длины участка с таким дефектом меньше чем двойная длина анкеровки
10	1.5 Отслоение защитного слоя бетона (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024)	Р.З.А. При величине длины участка с отслоением больше чем двойная длина анкеровки	Р.З.А. При величине длины участка с отслоением меньше чем двойная длина анкеровки
11	1.6 Нормальные трещины в изгибаемых конструкциях и	Р.З.А.	Р.З.А.

№ п/п	Случаи усиления По всем нормам	Полная передача нагрузки на конструкции усиления	Возможно частичное восприятие нагрузки существующей конструкцией
	растянутых элементах конструкций шириной раскрытия для стали классов: А240 – более 0,5 мм; А300, А400, А500, А600 – более 0,4 мм; в остальных случаях – более 0,3 мм (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024)	Если арматура устанавливалась по критерию прочности (т.е. нет запаса на коррозию)	Если арматура устанавливалась по критерию трещиностойкости
12	1.7 Нормальные трещины **с разветвленными концами** в изгибаемых конструкциях и растянутых элементах конструкций шириной раскрытия для стали классов: А240 – более 0,5 мм; А300, А400, А500, А600 – более 0,4 мм; в остальных случаях – более 0,3 мм (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024)	+	–
13	1.8 Наклонные трещины со смещением участков бетона относительно друг друга и наклонные трещины, пересекающие арматуру (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024)	+	–
14	1.9 Относительные прогибы, превышающие: – для преднапряженных стропильных ферм – 1/700; – преднапряженных стропильных балок – 1/300; – плит перекрытий и покрытий – 1/150 (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024)	**Р.З.А.** Должен быть анализ других дефектов. В монолитных конструкциях иногда встречается эффект отклонений по опалубке, поэтому за прогиб может быть ошибочно принято непроектное положение опалубки.	

№ п/п	Случаи усиления По всем нормам	Полная передача нагрузки на конструкции усиления	Возможно частичное восприятие нагрузки существующей конструкцией
15	1.10 Повреждение арматуры и закладных деталей (надрезы, вырывы и т.п.) (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024)	+	–
16	1.11 Выпучивание сжатой арматуры, продольные трещины в сжатой зоне, шелушение бетона сжатой зоны (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024) От автора: при наличии любого фактора в отдельности, а не в сумме	+	–
17	1.12 Уменьшение площадок опирания конструкций по сравнению с проектными (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024)	Р.З.А. Если по результатам расчета прочность опирания не обеспечена, то выполняется полное переопирание	–
18	1.13 Разрывы или смещения поперечной арматуры в зоне наклонных трещин (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024)	+	–
19	1.14 Отрыв анкеров от пластин закладных деталей, деформации соединительных элементов, расстройство стыков (Таблица В.1. ГОСТ 31937-2024)	+	–

*Пояснение к коэффициенту использования $K_{\text{исп}} = \mathbf{1,5}$ при котором требуется усиление на полную нагрузку (или разгрузка домкратом) при текущем загружении на 60%.

60% обычно это несущий каркас и небольшая нагрузка, которую не удалось исключить при усилении.

Граница жесткости при которой делается усиление на полную нагрузку очевидно должна быть практически соответствовать существующей конструкции:

$$E_{\text{сущ}}A_{\text{сущ}} = E_{\text{усил}}A_{\text{усил}}$$

$$E_{\text{сущ}}I_{\text{сущ}} = E_{\text{усил}}I_{\text{усил}}$$

Если жесткость усиления будет больше, чем жесткость существующей конструкции, то такая конструкция не будет нуждаться в работе существующей.

При загружении конструкции на 70%: нагрузка распределяется следующим образом

$$N = (0{,}6N + 0{,}4N\frac{E_{\text{сущ}}A_{\text{сущ}}}{E_{\text{усил}}A_{\text{усил}} + E_{\text{усил}}A_{\text{усил}}}) + 0{,}4N\frac{E_{\text{усил}}A_{\text{усил}}}{E_{\text{усил}}A_{\text{усил}} + E_{\text{усил}}A_{\text{усил}}}$$

N – полная эксплуатационная нагрузка

$0{,}4N\frac{E_{\text{усил}}A_{\text{усил}}}{E_{\text{усил}}A_{\text{усил}}+E_{\text{усил}}A_{\text{усил}}}$ – часть нагрузки, которую воспринимает усиление

$(0{,}6N + 0{,}4N\frac{E_{\text{сущ}}A_{\text{сущ}}}{E_{\text{усил}}A_{\text{усил}}+E_{\text{усил}}A_{\text{усил}}})$- та часть нагрузки, которую воспринимает существующая конструкция при усилении

Упругий коэффициент использования при равенстве жесткостей и без учета пластической работы железобетонной конструкции при предельном напряжении:

$$K_{\text{исп\_упругий}} = \frac{1}{0{,}6 + 0{,}2} = 1{,}25$$

Коэффициент использования при пластической работе железобетонной конструкции с учетом $\boldsymbol{P_{pl} = 1,2}$ (средневзвешенный коэффициент по опыту расчетов) при предельном напряжении:

$$\boldsymbol{K}_{\text{исп}} = 1{,}25\text{x}1{,}2 = \mathbf{1,5}$$

Естественно, можно обосновать и иные коэффициенты сделав детальный расчет с учетом физической и геометрической нелинейности. $\boldsymbol{K}_{\text{исп}} = \mathbf{1,5}$ должен быть ориентиром для первичной экспертной оценки.

2. Усиление железобетонной обоймой

2.1. Суть метода и особенности конструирования

Автор различает следующие случаи усиления:

Случай №1. Работа обоймы и на сжатие с изгибом с полной передачей нагрузки на обойму.

Обойма включается в работу в момент потери несущей способности усиляемой конструкции. Данная расчетная предпосылка идет в запас. Безусловно какой-то процент нагрузки существующая конструкция будет воспринимать, но при невозможности учесть все факторы влияния дефектов расчет необходимо вести именно так.

Случай №2. Работа обоймы на сжатие с изгибом с частичной передачей нагрузки на обойму.

В этом случае не произошло дефектов существенно снизивших несущую способность конструкции.

Случай №3. Работа обоймы только на сжатие с дополнительным включением ее в работу домкратом.

Конструирование домкрата приведенного в Справочнике таково, что включение его возможно только на сжатие.

Справочная таблица 2. Материалы изготовления железобетонных обойм

Параметр	Ремонтные смеси	Торкрет-бетон	Товарный мелкозернистый бетон
Толщина минимальная (р.з.а)	Не менее 80мм.	Не менее 80мм. Нанесение производится слоями по 30…100мм.	Не менее 150мм. Нанесение производится слоями по 30…100мм.
Толщина максимальная (р.з.а)	Не более 250мм (включительно)	Максимальная величина не ограничивается. Нанесение производится слоями по 30…100мм.	Максимальная величина не ограничивается. Нанесение производится слоями по 30…100мм.
Класс бетона	Обычно В40 и выше	Обычно В40 и выше	Любой класс бетона
Преимущества	1. На все ремонтные смеси в паспорте прописана гарантированная адгезия к основанию 2. Инъекционные смеси заполняют все трещины и щели. 3. Инъекционные смеси не требуют вибрирования (заливаются как вода)	1. Нет затрат на опалубку	1. Контроль смеси осуществляет завод-изготовитель. 2. На опалубку действует меньшее горизонтальное давление, чем при использовании инъекционных ремонтных смесей.
Недостатки	1. Опалубку зачастую выдавливает (сдвигает), поскольку смеси самоукладывающиеся и создают большое горизонтальное давление. 2. Для большинства инъекционных смесей при перерывах даже на 20-30минут происходит образование РШБ с характерным слоем расслаивающего налета. 3. Долить смесь до потолка возможно только при наличии отверстий в перекрытии. Обычно такие отверстия устраиваются диаметром 150 с шагом до 1,5м. Если отверстия отсутствуют, то требуется зачеканка 100мм на стыке с перекрытием. 4. Только дорогостоящие ремонтные смеси не будут иметь отсутствие усадочных трещин и расслоений.	1. Все что находится вблизи усиления загрязняется (и практически не оттмывается) от летящих частиц торкрет-бетона. Требуется укрытие фанерой толщиной не менее 12мм. 2. Требует наличие торкрет-установки.	1. Проблемы с транспортировкой смеси к месту укладки от миксера к конструкции. 2. Проблемы с дороговизной заказа малой партии. 3. В городских условиях проблема точного расчета времени доставки. 4. Проблемы с подбором состава из-за необходимости обеспечения адгезии.
Необходимость контроля адгезии (прочность сцепления с основанием) по ГОСТ 28574-2014.	На усмотрение заказчика и проектировщика.	На усмотрение заказчика и проектировщика.	Обязательна всегда. Зачастую требуется корректировать состав смеси.
Оценка конструкционной надежности автором	Средняя надежность из-за усадочных трещин и расслоений.	Самая надежная технология.	Надежность очень сильно зависит от адгезии.
Стоимость материала	Примерно равна торкрету	Примерно равна ремонтной смеси	Дешевле примерно в 4 раза ремонтных смесей.
Метод изготовления и транспортировки до места	Смесь поставляется в мешках. Замешивание происходит на месте в бетономешалке/ бетоносмесителе.	Смесь поставляется в мешках. Замешивание происходит на месте в торкрет-установке.	Смесь доставляется с завода в миксере. Для транспортировки используются бетононасос. Иногда приходится переносить смесь в ведрах (при небольших толщинах).

Справочная таблица 3. Особенности армирования.

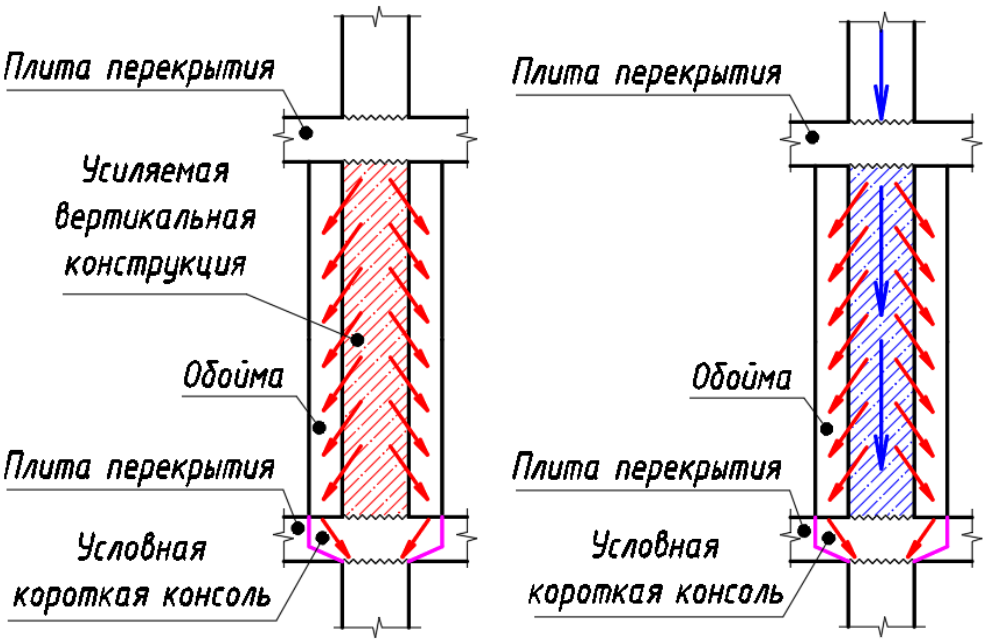
Конструкция усиления	Рекомендации автора по минимальным диаметрам арматуры	Рекомендации автора по рядам продольного армирования
Четырехсторонняя обойма колонн/пилонов	Не менее 20мм	Один ряд при наименьшем габарите сечения до 600мм. Два ряда при наименьшем габарите сечения более 600мм.
Трехсторонняя обойма колонн/пилонов		Один или два ряда
Двухсторонних обойма стен	Не менее 16мм	Один ряд при толщине стены до 800мм. Два ряда при толщине стены более 800мм.
Односторонняя обойма стен		Всегда два ряда

Справочная таблица 4. Передача нагрузки по боковой поверхности

	Передача нагрузки через шпильки	Передача нагрузки по боковой поверхности
Схема работы	Шпильки работают на срез (пример расчета приведен далее)	Нагрузка передается за в основном за счет зацепа и адгезии
Особенности устройства узла	Шпильки, как правило вклеиваются на хим. анкер. Хим. анкер имеет подтвержденную прочность с протоколами испытаний. При проведении испытаний возможна замена хим. анкера на ремонтный состав. Это очень актуально, поскольку При классе бетона конструкции менее В15 испытания обязательны всегда (и при хим. анкере и при ремонтном составе)	Устраивается шероховатая поверхность. Чем больше шероховатость, тем больше расчетное сопротивление. **Малая шероховатость:** Поверхность бетона зачищена «черепашкой». **Нормальная шероховатость:** Поверхность бетона зачищена «черепашкой» плюс насечка диаметром 10мм глубиной 5-10мм с шагом 30х30мм или имеются пропилы штроборезом глубиной 4-5мм со средним шагом 30х30мм **Шпонки.** Шпонки прорезают под прямым углом на глубину не менее 15мм. Длина шпонки принимается обычно в районе 50мм. Если имеют место отслоения бетона, то допустимо удалить деструктивный бетон для увеличения сцепления существующего бетона с новым.

Передача нагрузки через перекрытия

На схемах ниже показан случай, когда обойма заканчивается на плите перекрытия, которая находится в уровне низа усиляемой конструкции. При таком окончании нагрузка передается на плиту. Плита при этом на коротком опорном участке воспринимает 2 нагрузки: нагрузки, действующие на плиту и вертикальную нагрузку от обоймы.



Химические (клеевые) анкера и анкера на ремонтном составе

Химический анкер это по сути клей, на который будет выполнять функцию зацепа с существующим бетоном.



Рисунок. Пример вклейки на хим. анкер

У каждого химического состава анкера своя несущая способность. На каждый анкер есть свой паспорт, где она записана.

На что следует ориентироваться?

Самый многократно проверенный хим. анкер с практически максимальной несущей способностью это HILTY HIT-RE500 V3 или V4, , поэтому можно скачивать его паспорт и смотреть свойства. Сейчас, конечно у него есть много более дешевых аналогов.

Основная проблематика.

1. Несущая способность на вырыв для продольного вертикальное армирования

Если посмотреть паспортные данные, то можно увидеть, что несущая способность гораздо выше (в 2-3 раза), чем при обычном расчете анкеровки стержня по СП 63.13330. Этот факт дает ошибочное представление о том, что химический анкер будет давать этакую «сказочную» несущую способность. НО не торопитесь! В паспорте всегда указывается несущая способность одного анкера! Когда рассчитывается группа анкеров, то возникает эффект взаимного влияния на бетон. Подробные расчеты можно посмотреть СП 513.1325800, есть также бесплатная расчетная программа анкеров FIXPERIENCE.

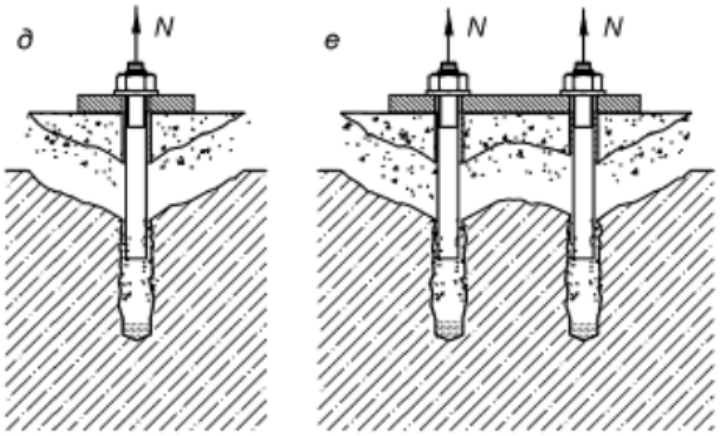


Рисунок из СП 513.1325800., демонстрирующий эффект взаимного влияния.

Данные по паспорту одного из хим. анкеров при классе бетона В25 и арматуре класса А500С:

Глубина установки и толщина основания

Арматура		Данные ETA-16/0143										Технические данные Hilti	
		ϕ8	ϕ10	ϕ12	ϕ14	ϕ16	ϕ20	ϕ25	ϕ28	ϕ30	ϕ32	ϕ36	ϕ40
Глубина установки	[мм]	80	90	110	125	125	170	210	270	285	300	330	360
Толщина основания	[мм]	110	120	140	161	165	220	274	340	359	380	420	470

Расчетное сопротивление

Арматура			Расчёт по СТО 36554501-048-2016*										Технические данные Hilti	
			ϕ8	ϕ10	ϕ12	ϕ14	ϕ16	ϕ20	ϕ25	ϕ28	ϕ30	ϕ32	ϕ36	ϕ40
Бетон без трещин														
Растяжение N_{Rd}	A500C	[кН]	13,4	25,1	36,2	47,3	47,3	75,0	103,0	150,1	162,8	175,8	168,2	191,6
Сдвиг V_{Rd}	A500C	[кН]	10,1	15,7	22,6	30,8	40,2	62,8	98,2	123,2	141,4	160,8	186,7	230,7
Бетон с трещинами														
Растяжение N_{Rd}	A500C	[кН]	6,7	16,0	26,3	33,7	33,7	53,4	73,3	106,9	115,9	125,2	-	-
Сдвиг V_{Rd}	A500C	[кН]	10,1	15,7	22,6	30,8	40,2	62,8	98,2	123,2	141,4	160,8	-	-

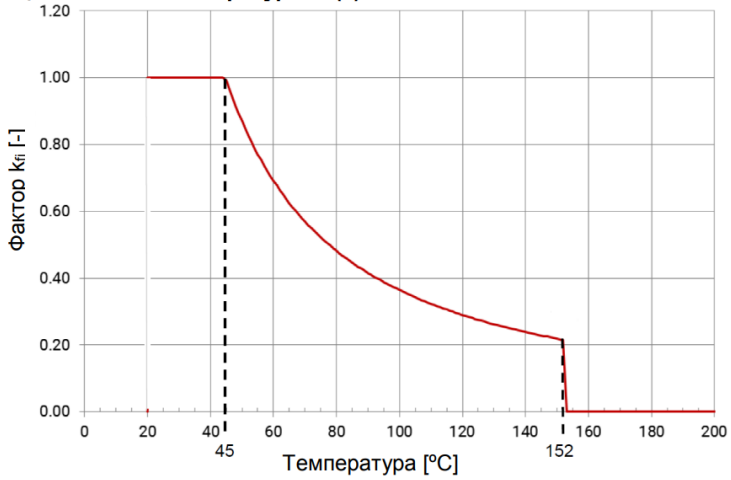
2. Несущая способность на сдвиг для работы в контактном шве обоймы старого бетона.

В контактном шве анкера преимущественно работают на срез. При работе на срез химический анкер использовать бывает дорого, поэтому можно рассматривать применение цементных ремонтных смесей класса прочность В60...В100. Однако в этом случае необходимо выполнить испытания на объекте на срез. Сначала испытания по ГОСТ Р 56731-2015, протоколы и обработка, потом включение в проект, именно в такой последовательности, а не наоборот. Если нет испытаний, то необходимо использовать хим. анкер.

3. Огнестойкость

Хим. анкер имеет очень малую огнестойкость. При 160 градусах он плавится, это можно увидеть из графика. Поэтому всегда нужно закладывать запас по длине анкеровки. С цементной ремонтной смесью такой проблемы нет.

Фактор, учитывающий влияние температуры $k_{fi}(\theta)$



4. Минимально допустимые межосевые расстояния между анкерами и минимально допустимые краевые расстояния.

Эти расстояния всегда необходимо соблюдать, поскольку при меньший расстояниях не гарантируется надежное крепление (появляются нерасчетные случаи разрушения, а также появляются трещины во время устройства отверстий для установки).

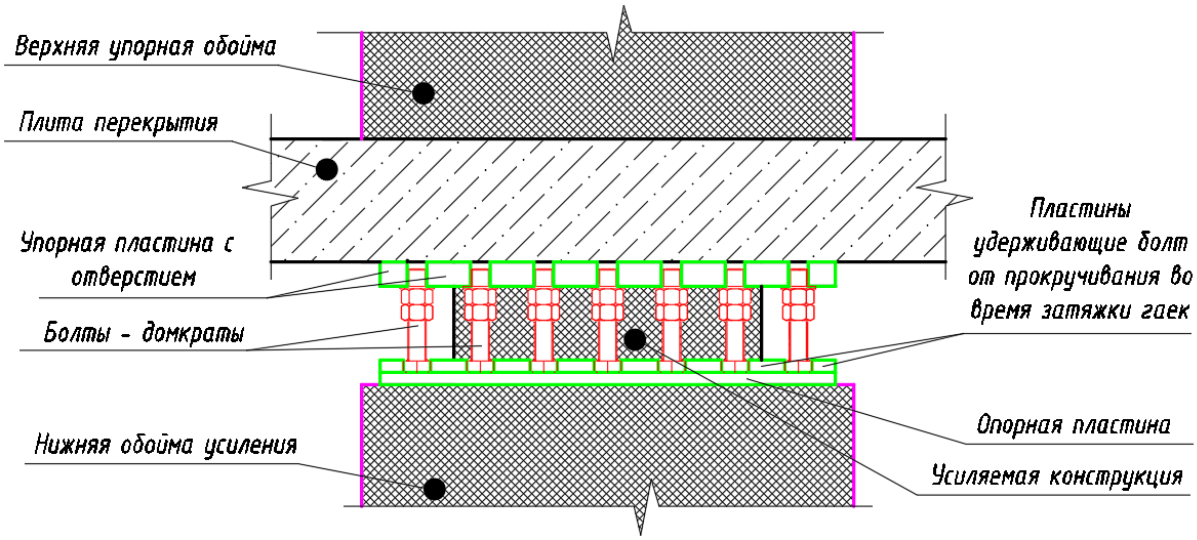
Установочные параметры

Арматура			Ø8	Ø10	Ø12		Ø14	Ø16	Ø20	Ø25	Ø28	Ø30	Ø32	Ø36	Ø40
Номинальный диаметр бура	d_0	[мм]	10 12 [a)]	12 14 [a)]	14 [a)]	16 [a)]	18	20	25	30 32 [a)]	35	37	40	45 [1)]	55 [1)]
Диапазон эффективной глубины анкеровки и глубины отверстия [b)]	$h_{ef,min}$	[мм]	60	60	70	70	75	80	90	100	112	120	128	144 [1)]	160 [1)]
	$h_{ef,max}$	[мм]	160	200	240	240	280	320	400	500	560	600	640	720 [1)]	800 [1)]
Минимальная толщина основания	h_{min}	[мм]	hef +30 мм ≥ 100 мм		h_{ef} + 2 d_0										
Минимальное межосевое расстояние	s_{min}	[мм]	40	50	60	60	70	80	100	125	140	150	160	180 [1)]	200 [1)]
Минимальное краевое расстояние	c_{min}	[мм]	40	45	45	45	50	50	65	70	75	80	80	180 [1)]	200 [1)]

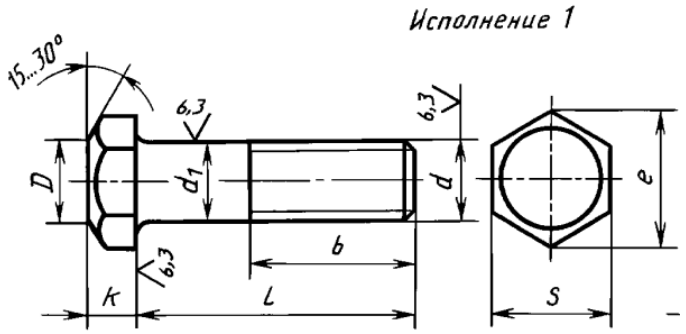
Домкраты

Домкраты в железобетонных обоймах работают только на разгрузку от сжатия. Болтовой домкрат устанавливается под перекрытие на обойму усиления. Чтобы не было разрушения плиты перекрытия во время затяжки над плитой устраивается верхняя упорная обойма.

Класс болтов принимается обычно 8.8. или 10.9.



Болты по ГОСТ 7798-70



Справочная таблица 5. Размеры болтов по ГОСТ 7798-70

Номинальный диаметр резьбы, *d*	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36	42	48
Шаг резьбы крупный	1	1,25	1,5	1,75	2		2,5			3		3,5	4	4,5	5
Диаметр стержня d_1	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
Размер «под ключ» *S*	10	13	16	18	21	24	27	30	34	36	41	46	55	65	75
Высота головки *k*	4,0	5,3	6,4	7,5	8,8	10,0	12,0	12,5	14,0	15,0	17,0	18,7	22,5	26,0	30,0
Диаметр описанной окружности *e*, не менее	10,9	14,2	17,6	19,9	22,8	26,2	29,6	33,0	37,3	39,6	45,2	50,9	60,8	71,3	82,6
d_w, не менее	8,7	11,5	14,5	16,5	19,2	22,0	24,8	27,7	31,4	33,2	38,0	42,7	51,1	59,9	69,4

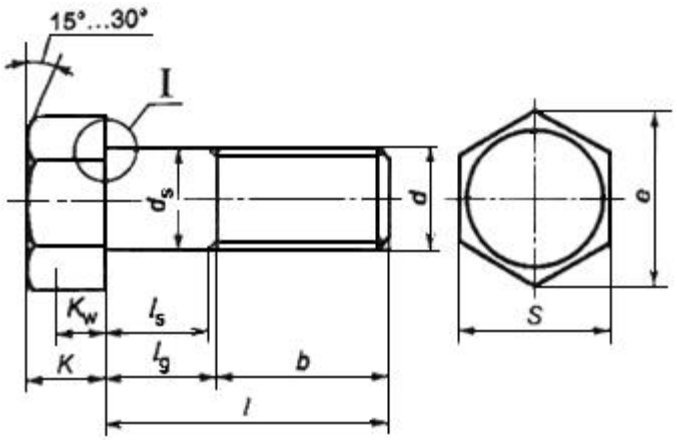
Справочная таблица 6. Размеры болтов по ГОСТ 7798-70

Длина болта *l*	Длина резьбы *b* при номинальном диаметре резьбы *d* (знаком × отмечены болты с резьбой на всей длине стержня)														
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
8	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
10	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
12	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
14	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
16	×	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
(18)	×	×	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–	–
20	×	×	×	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–
(22)	18	×	×	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–	–
25	18	×	×	×	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–	–
(28)	18	22	×	×	×	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–
30	18	22	×	×	×	×	×	×	×	–	–	–	–	–	–
(32)	18	22	26	×	×	×	×	×	×	×	–	–	–	–	–
35	18	22	26	30	×	×	×	×	×	×	×	–	–	–	–
(38)	18	22	26	30	×	×	×	×	×	×	×	–	–	–	–
40	18	22	26	30	34	×	×	×	×	×	×	×	–	–	–
45	18	22	26	30	34	38	×	×	×	×	×	×	–	–	–
50	18	22	26	30	34	38	42	×	×	×	×	×	×	–	–
55	18	22	26	30	34	38	42	46	×	×	×	×	×	×	–
60	18	22	26	30	34	38	42	46	50	×	×	×	×	×	–
65	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	×	×	×	×	–
70	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	×	×	×	×
75	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	×	×	×
80	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	×	×	×
(85)	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	×	×	×
90	18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	×	×
(95)	–	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	×	×
100	–	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	×	×
(105)	–	–	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	90	×
110	–	–	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	90	×
(115)	–	–	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	90	102
120	–	–	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	90	102

Длина болта *l*	Длина резьбы *b* при номинальном диаметре резьбы *d* (знаком × отмечены болты с резьбой на всей длине стержня)														
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
(125)	–	–	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	90	102
130	–	–	32	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96	108
140	–	–	32	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96	108
150	–	–	32	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96	108
160	–	–	32	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96	108
170	–	–	32	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96	108
180	–	–	32	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96	108
190	–	–	32	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96	108
200	–	–	32	36	40	44	48	52	56	60	66	72	84	96	108
220	–	–	–	49	57	57	61	65	69	73	79	85	97	109	121
240	–	–	–	49	57	57	61	65	69	73	79	85	97	109	121
260	–	–	–	49	57	57	61	65	69	73	79	85	97	109	121
280	–	–	–	–	57	57	61	65	69	73	79	85	97	109	121
300					57	57	61	65	69	73	79	85	97	109	121

Примечание: длина резьбы болтов может быть увеличена по индивидуальному заказу. Об увеличении необходимо прописывать в проекте.

Болты по ГОСТ Р 52644-2006



Справочная таблица 7. Размеры болтов по ГОСТ Р 52644-2006

d		M16	(M18)	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	M36	M42	M48
Шаг резьбы P	Номинальный	2,0	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Диаметр болта d_s	Номинальный	16	18	20	22	24	27	30	36	42	48
Размер «под ключ» S	Не более	27,0	30,0	34,0	36,0	41,0	46,0	50,0	60,0	65,0	75,0
	Не менее	26,16	29,16	33,0	35,0	40,0	45,0	49,0	58,8	63,1	73,1
Высота головки K	Номинальный	12	13	14	15	17	19	19	23	26	30
	Не более	12,35	13,35	14,35	15,35	17,35	19,42	19,42	23,42	26,42	30,42
	Не менее	11,65	12,65	13,65	14,65	16,65	18,58	18,58	22,58	25,58	29,58
Диаметр описанной окружности e	Не менее	29,6	33,0	37,3	39,6	45,2	50,9	55,4	66,4	71,3	82,6

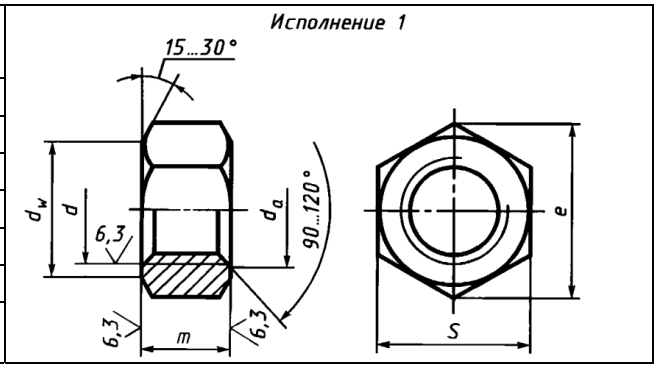
Справочная таблица 8. Размеры болтов по ГОСТ Р 52644-2006

Длина болта *l*	Длина резьбы *b* при номинальном диаметре резьбы *d* (знаком × отмечены болты с резьбой на всей длине стержня)									
	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36	42	48
40	14									
45	14	14								
50	14	14	17,5							
55	17	14	17,5	18,5						
60	22	18	17,5	18,5	21					
65	27	23	17,5	18,5	21					
70	32	28	24	18,5	21	22,5				
75	37	33	29	25	21	22,5	25,5			
80	42	38	34	30	26	22,5	25,5			
85	47	43	39	35	31	22,5	25,5			
90	52	48	44	40	36	30	25,5	30		
(95)	57	53	49	45	41	35	25,5	30		
100	62	58	54	50	46	40	34	30		
(105)	67	63	59	55	51	45	39	30	35	
110	72	68	64	60	56	50	44	30	35	
(115)	77	73	69	65	61	55	49	30	35	
120	82	78	74	70	66	60	54	42	35	40
(125)	87	83	79	75	71	65	59	47	35	40
130	92	88	84	80	76	70	64	52	40	40
140	102	98	94	90	86	80	74	62	50	40
150	112	108	104	100	96	90	84	72	60	48
160	116	112	108	104	100	94	88	76	64	52
170	126	122	118	114	110	104	98	86	74	62
180	136	132	128	124	120	114	108	96	84	72
190	146	142	138	134	130	124	118	106	94	82
200	166	152	148	144	140	134	128	116	104	92
220	176	172	168	164	160	164	148	136	124	112
240	196	192	188	184	180	174	168	156	144	132
260	216	212	208	204	200	194	188	176	164	152
280	236	232	228	224	220	214	208	196	184	172
300	256	252	248	244	240	234	228	216	204	192

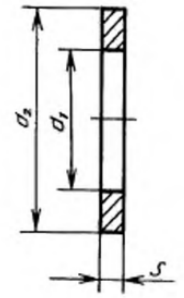
Примечание: длина резьбы болтов может быть увеличена по индивидуальному заказу. Об увеличении необходимо прописывать в проекте.

Справочная таблица 9. Размеры гаек класса по ГОСТ 5910-70

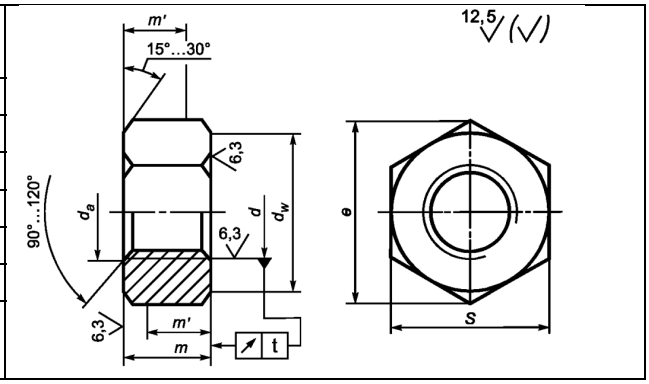
Диаметр резьбы, мм	m, мм	S, мм	e, мм
16	14,8	24	26,2
20	18	30	33
24	21,5	36	39,6
30	25,6	46	50,9
36	31	55	60,8
42	34	65	71,3
48	38	75	82,6



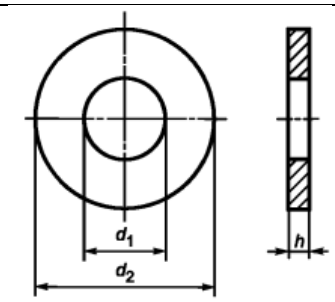
Справочная таблица 10. Размеры шайб по ГОСТ 11371-78

Диаметр резьбы, мм	d1, мм (класс точности С)	d2, мм	S, мм	
16	17,5	30	3	
20	22,0	37	3	
24	26,0	44	3	
30	33,0	56	4	
36	39,0	66	5	
42	45,0	78	7	
48	52,0	92	8	

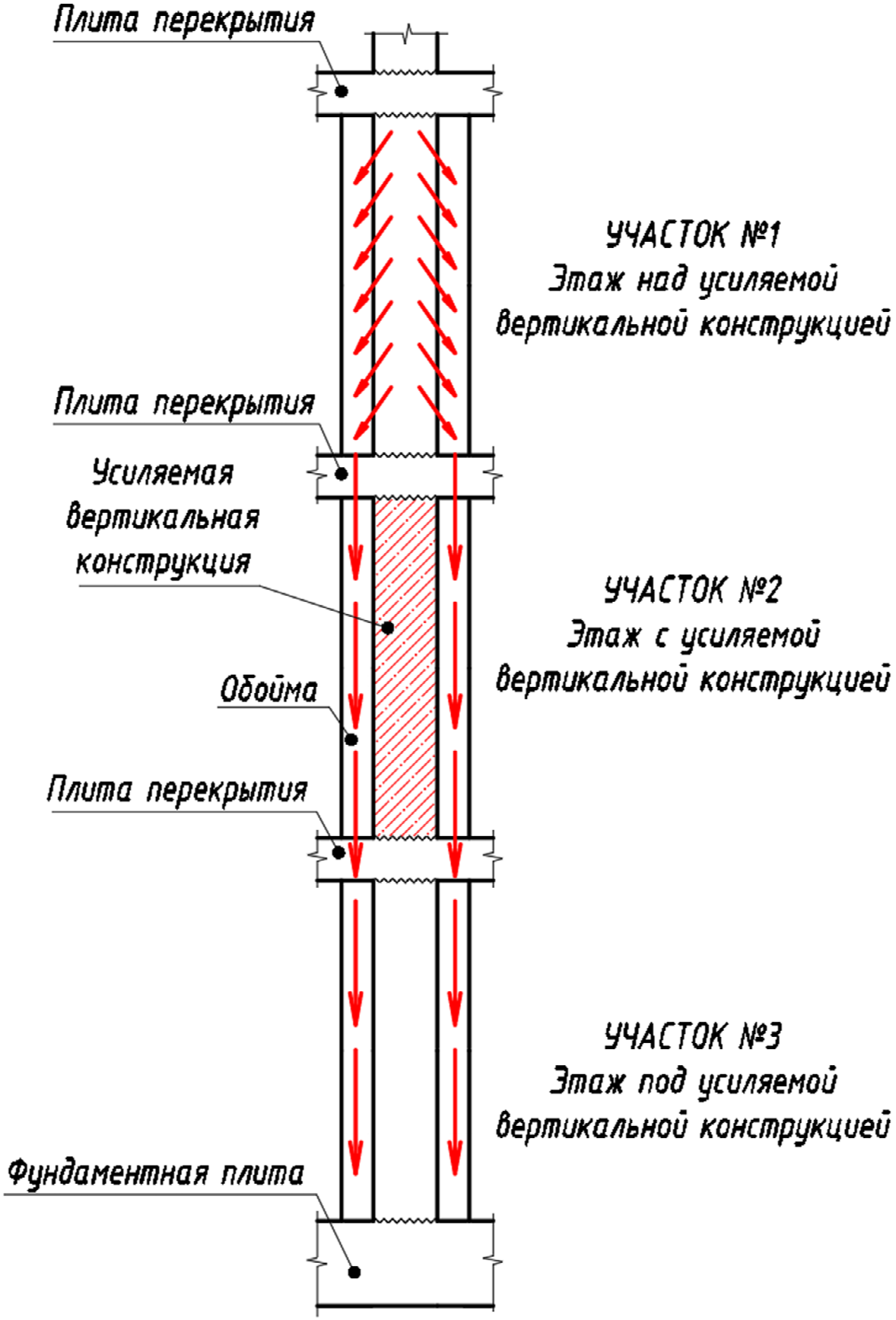
Справочная таблица 11. Размеры гаек по ГОСТ 52645-2006

Диаметр резьбы, мм	m, мм	S, мм	e, мм	
16	16,4...17,1	26,16...27	29,6	
20	19,4...20,7	33...34	37,29	
24	22,9...24,2	40...41	45,2	
30	29,1...30,7	49...50	55,37	
36	35,0...36,6	58,8...60	66,44	
42	40,4...42	63,1...65	72,1	
48	46,4...48	73,1...75	83,4	

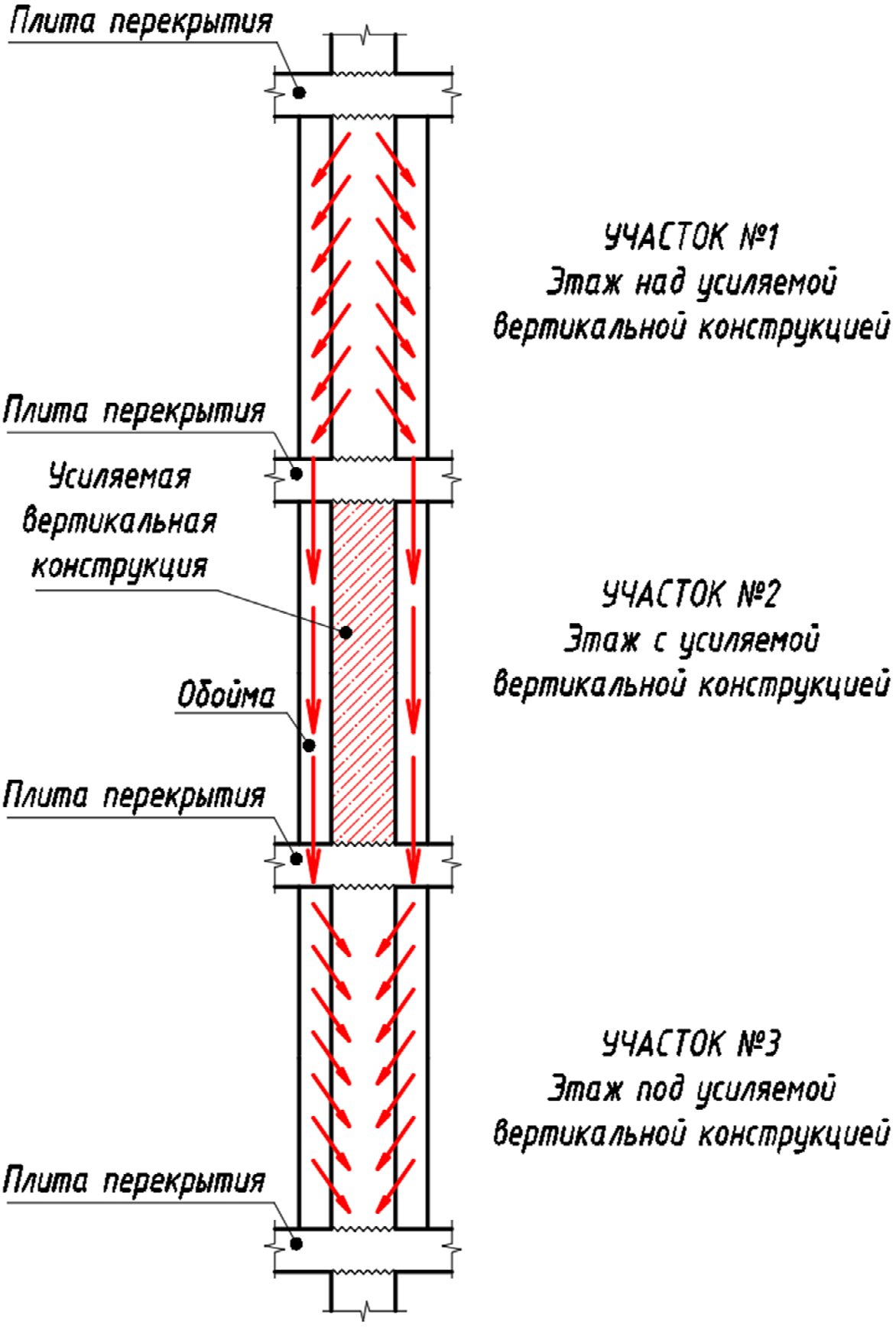
Справочная таблица 12. Размеры шайб по ГОСТ Р 52646-2006

Диаметр резьбы, мм	d1, мм	d2, мм	h, мм	
16	18...18,43	32,4...34	3,1...4,6	
20	22...22,52	40,4...42	3,1...4,6	
24	26...26,52	48,4...50	3,4...4,6	
30	33...33,62	58,1...60	3,4...4,6	
36	39...39,62	70,1...72	3,4...4,6	
42	46...46,62	82,1....84	3,4...4,6	
48	52...52,62	94,1...96	3,4...4,6	

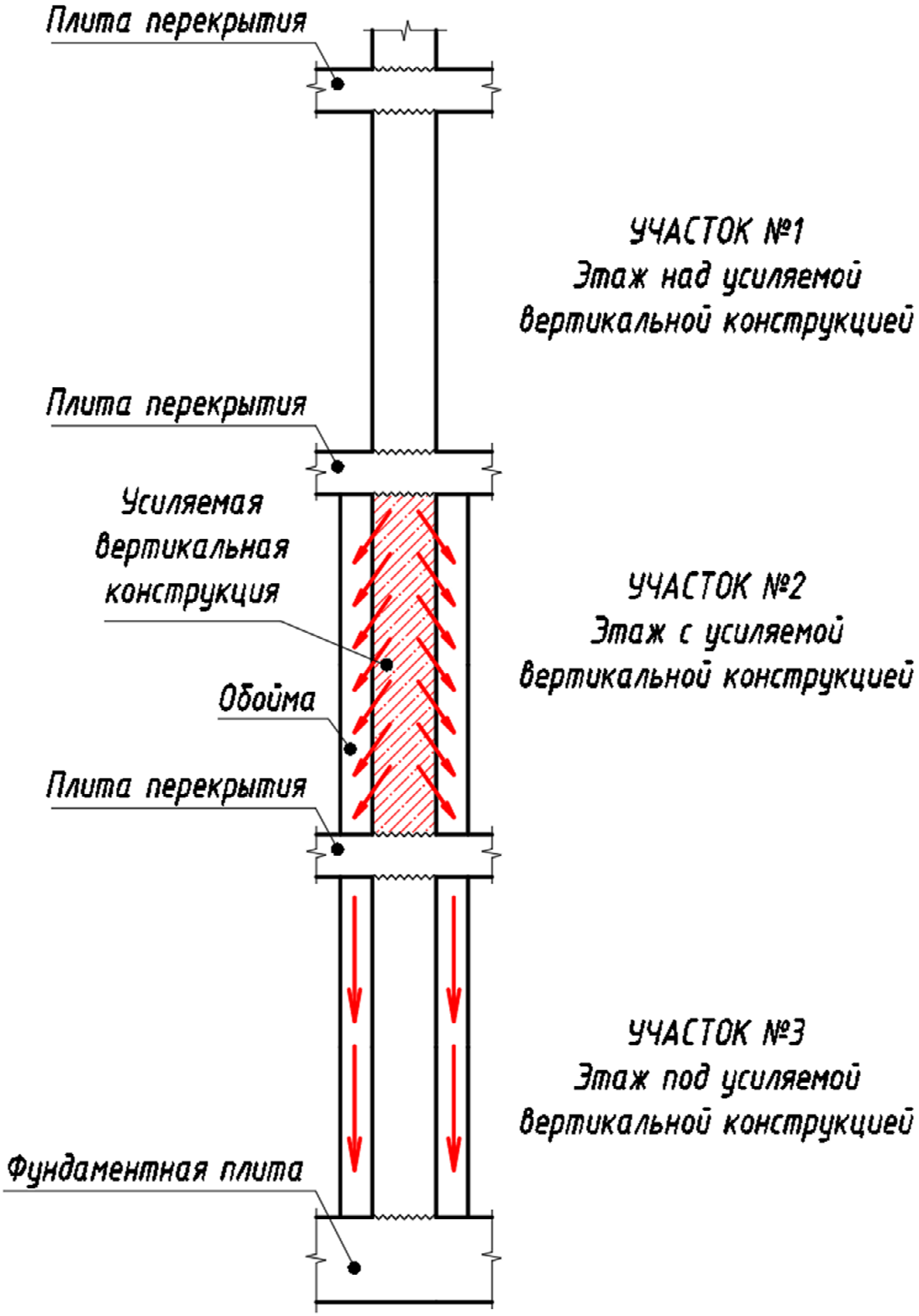
Случай №1. Вариант передачи нагрузки №1.



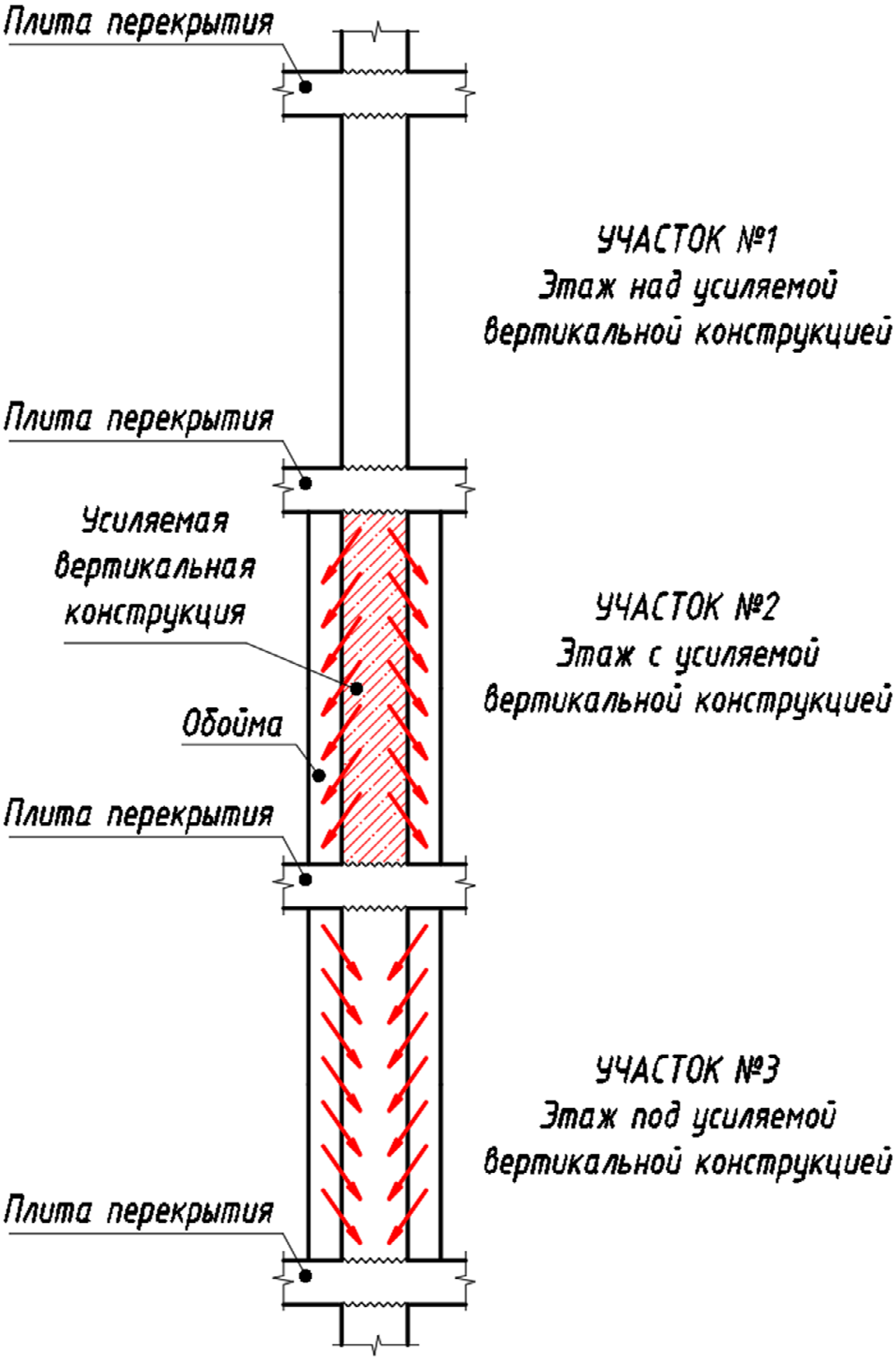
Случай №1. Вариант передачи нагрузки №2.



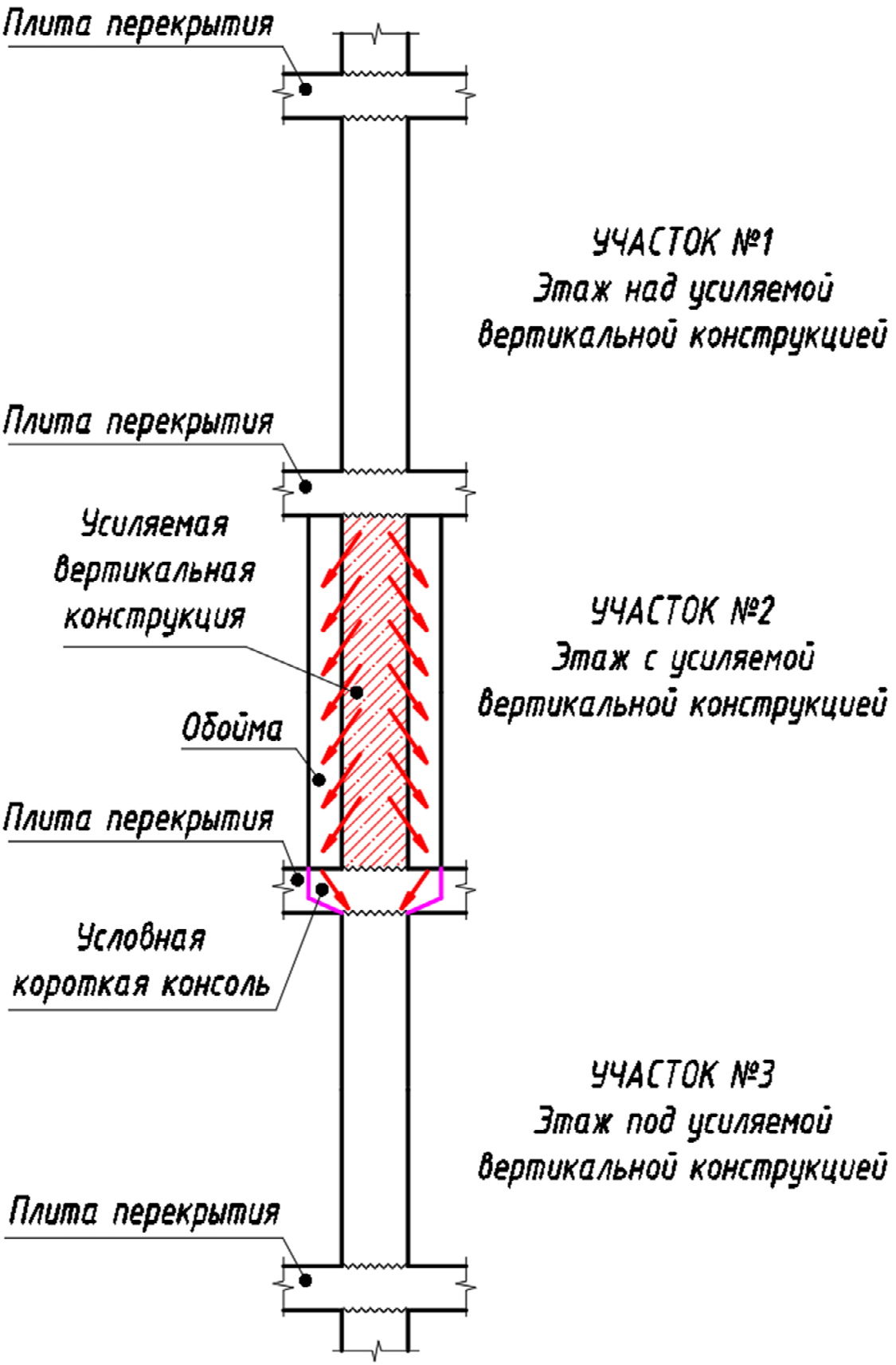
Случай №1. Вариант передачи нагрузки №3.



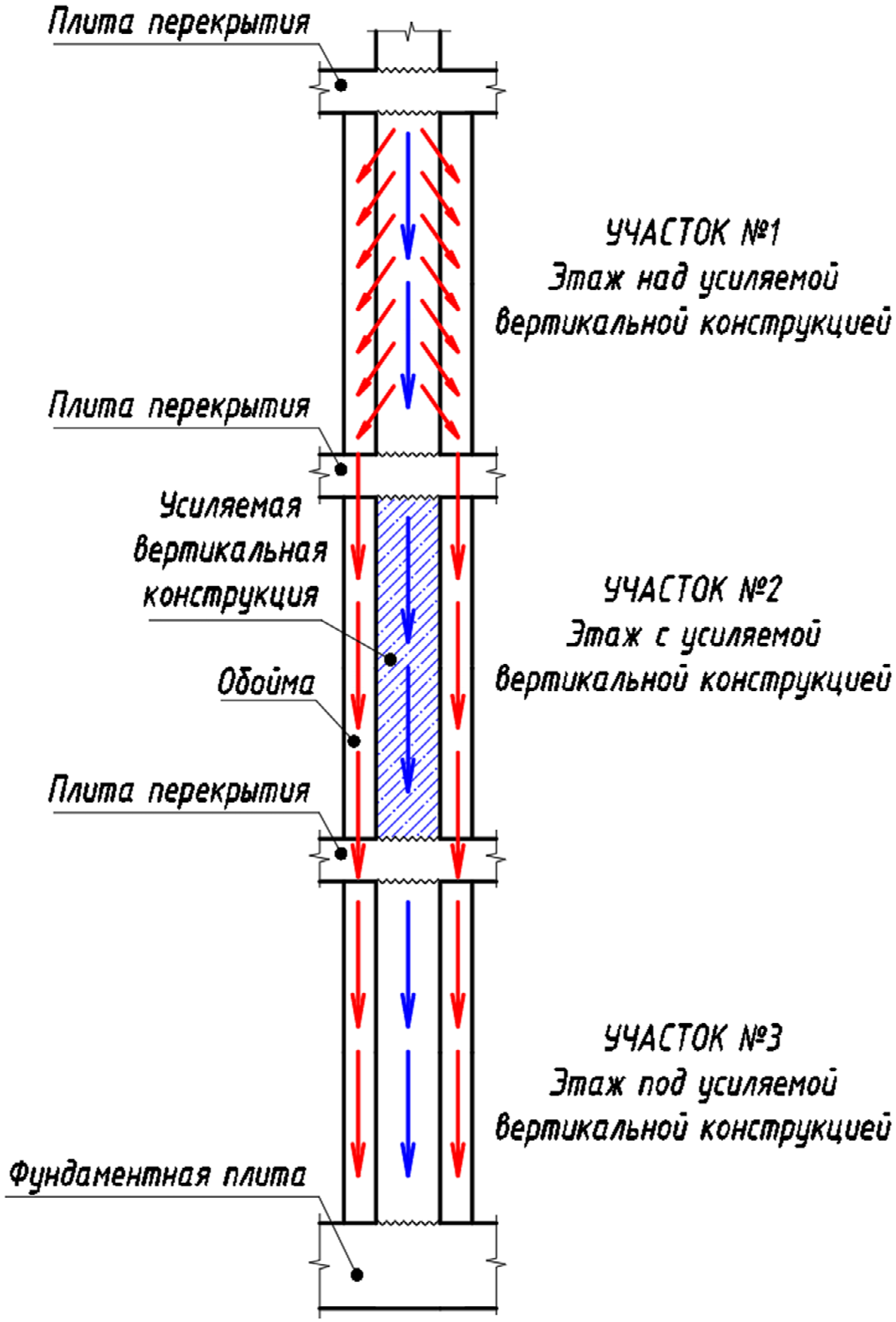
Случай №1. Вариант передачи нагрузки №4.



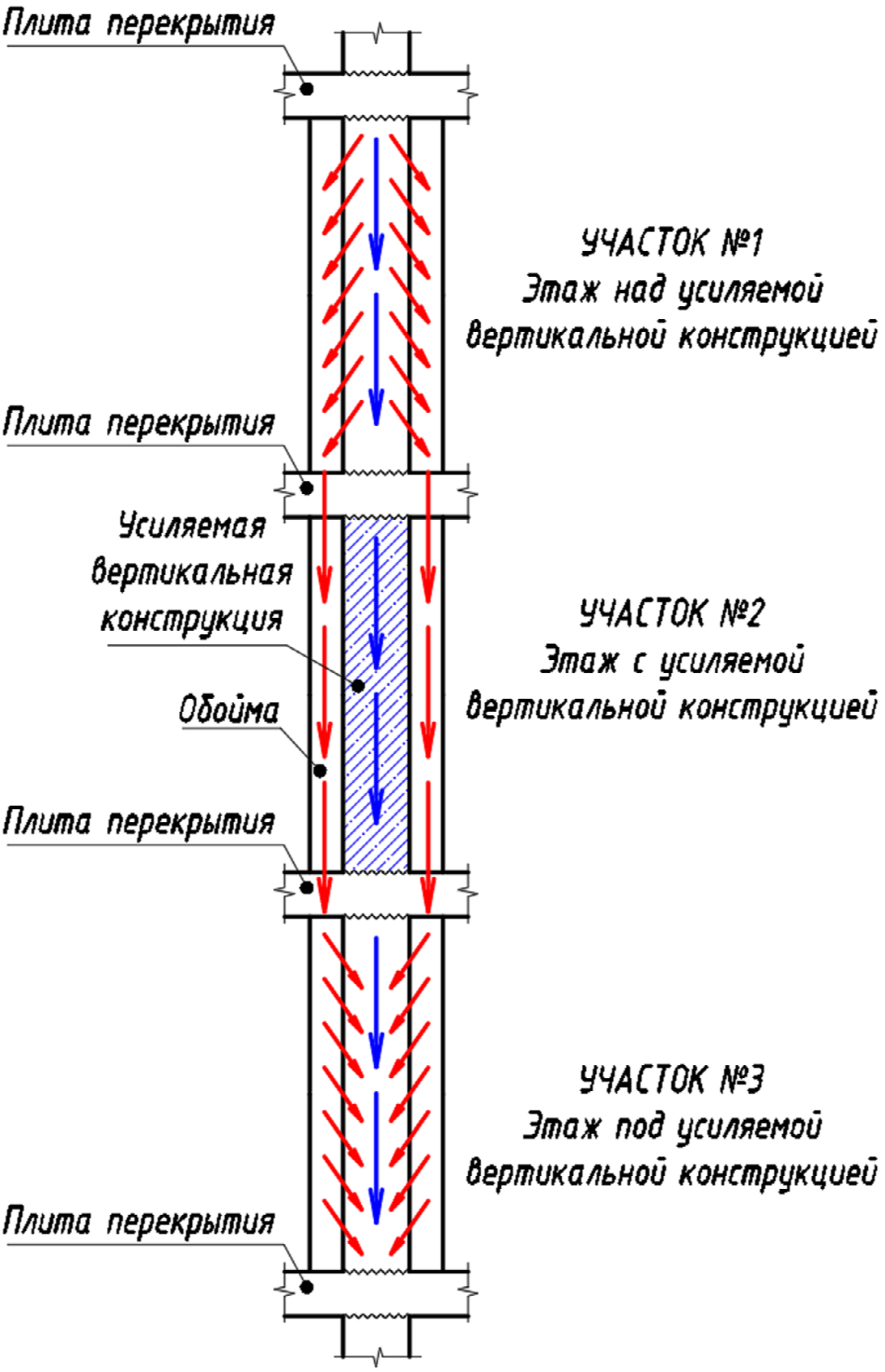
Случай №1. Вариант передачи нагрузки №5.



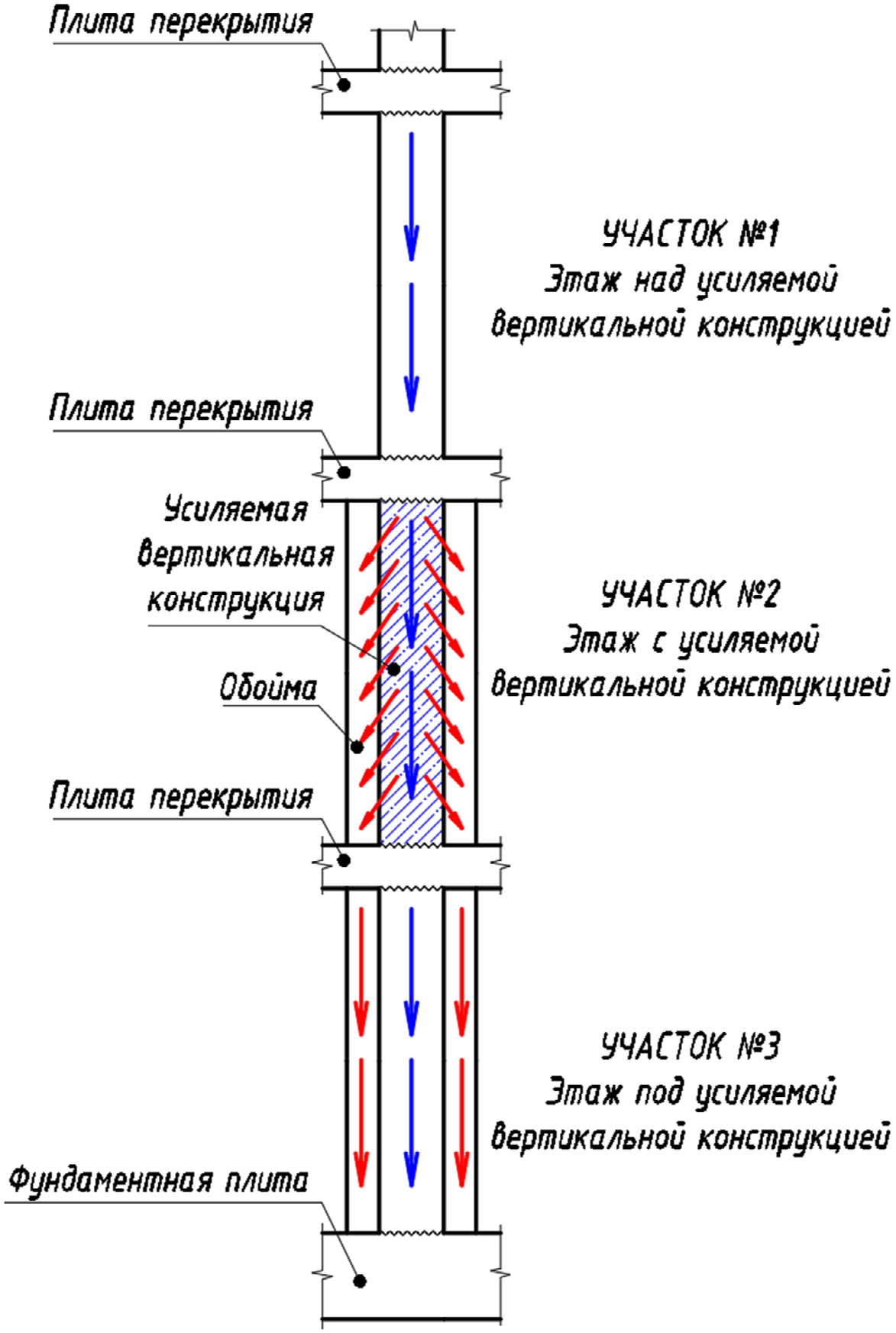
Случай №2 Вариант передачи нагрузки №1.



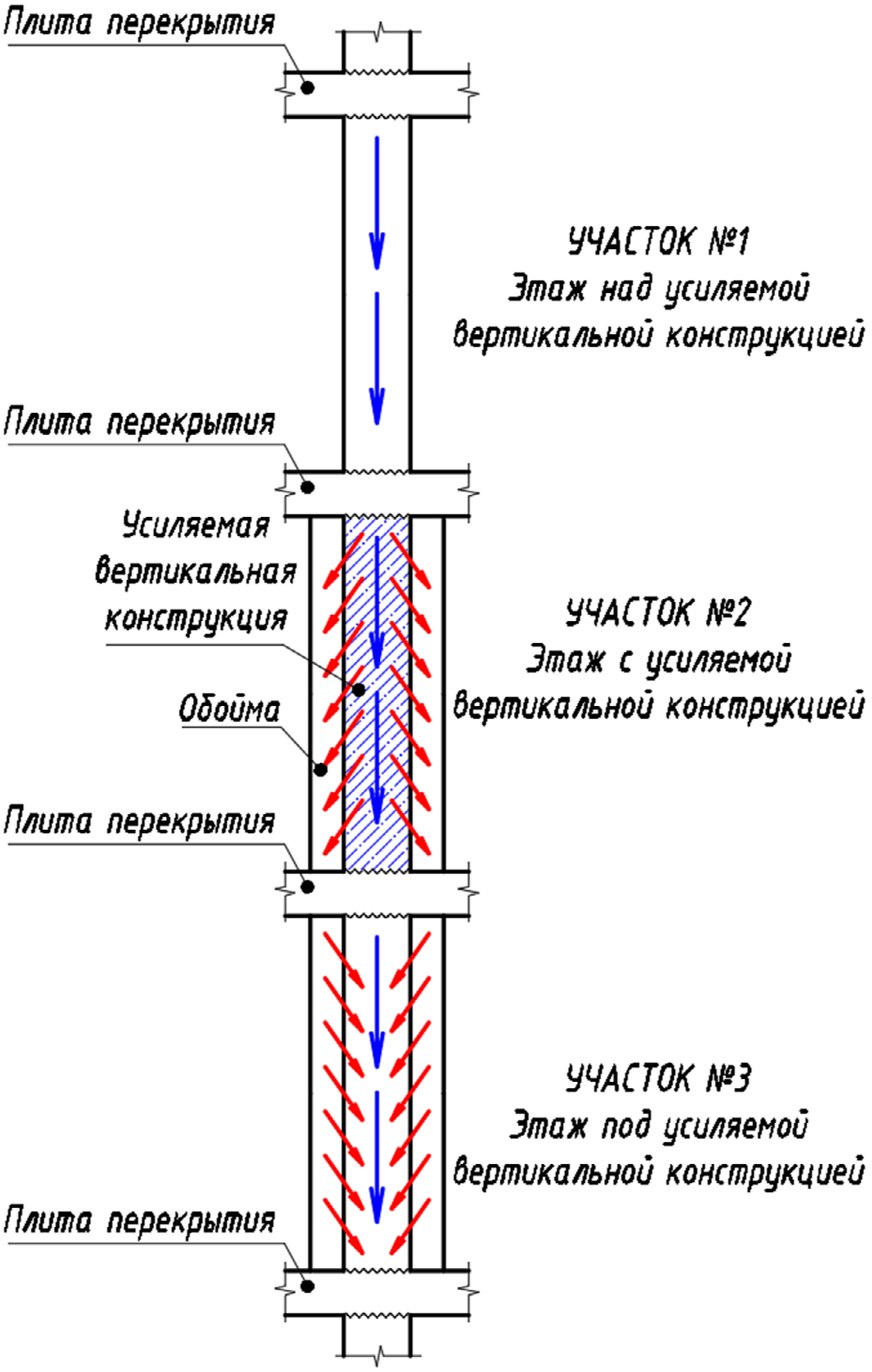
Случай №2. Вариант передачи нагрузки №2.



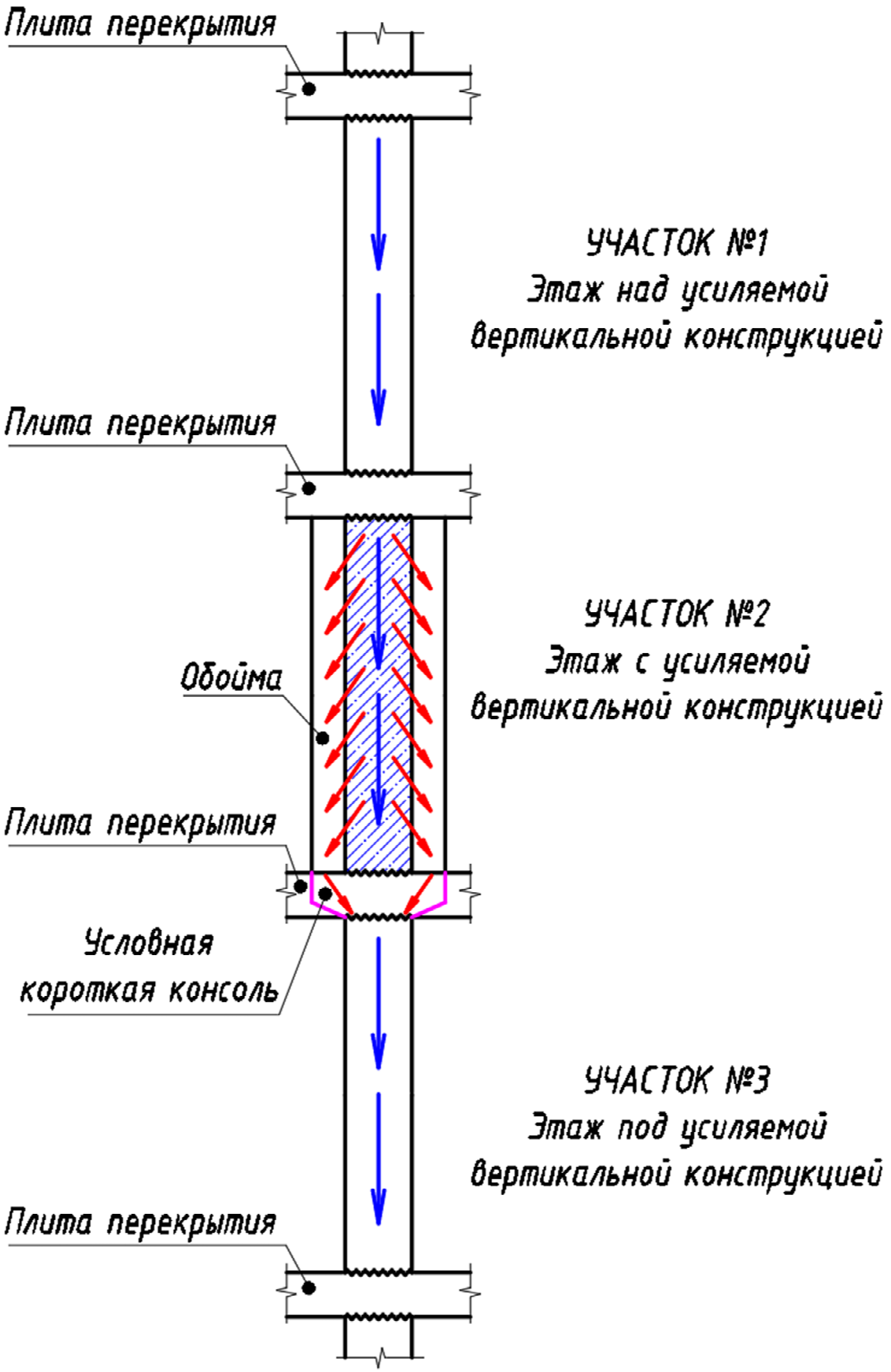
Случай №2. Вариант передачи нагрузки №3.



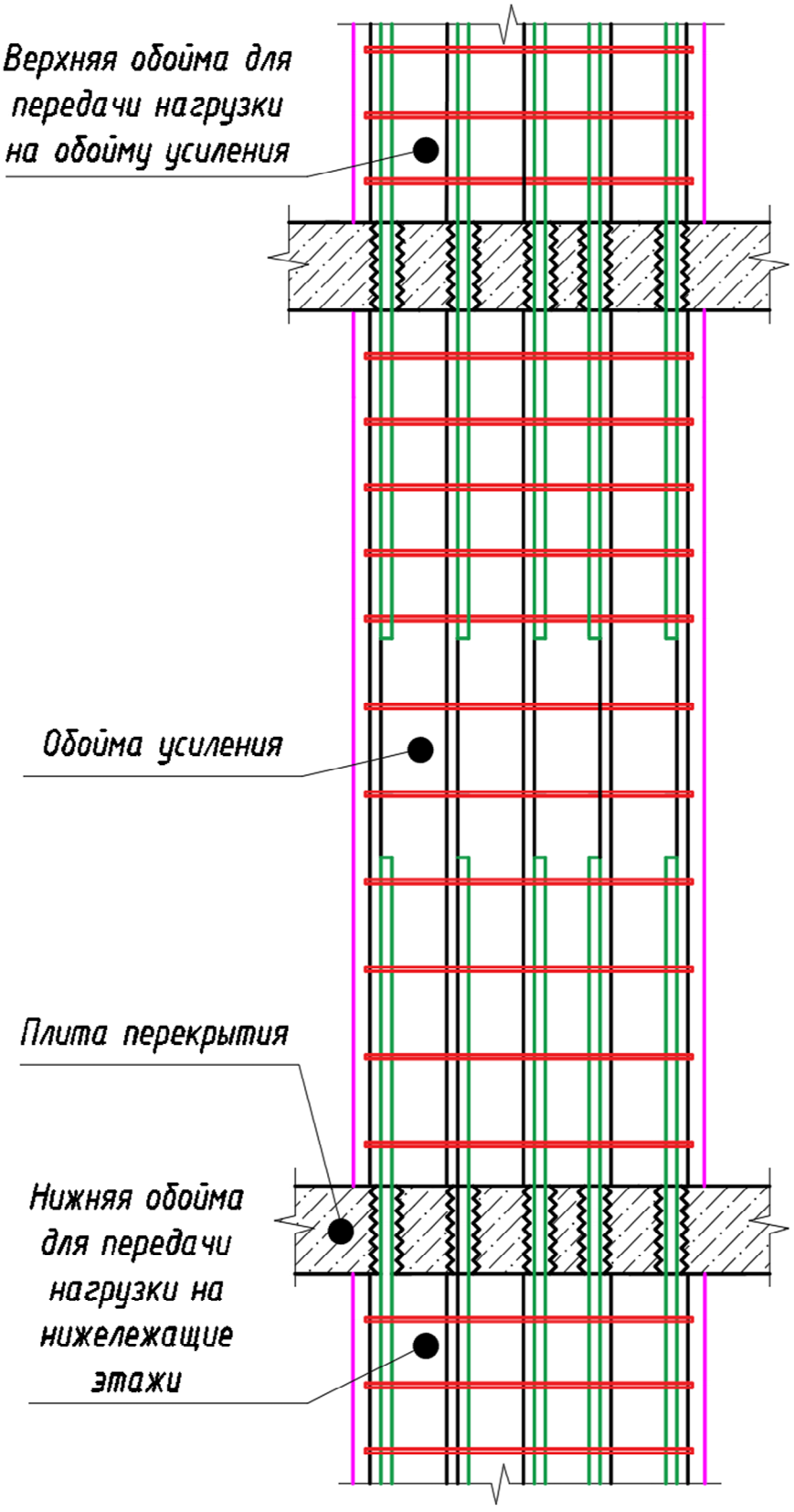
Случай №2. Вариант передачи нагрузки №4.



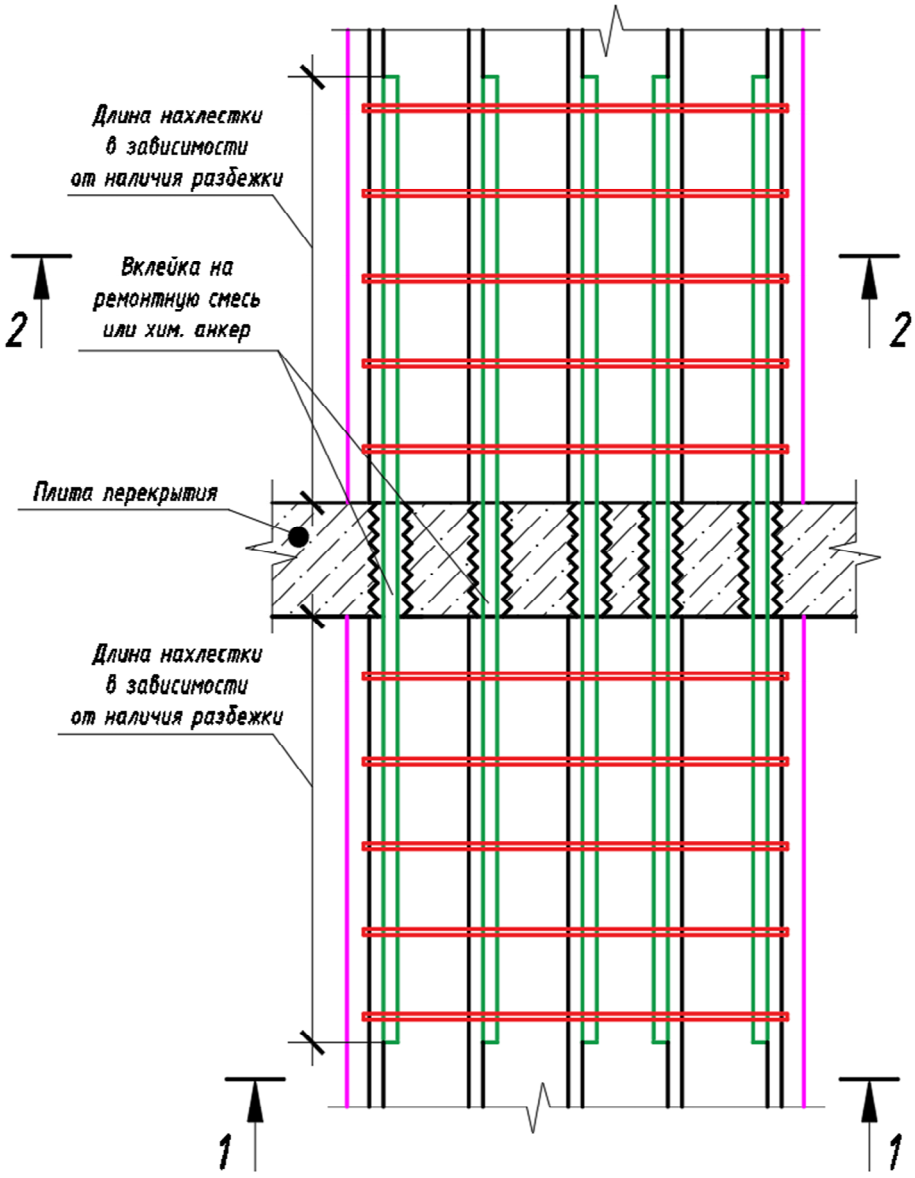
Случай №2. Вариант передачи нагрузки №5.



Вариант конструирования для случая №1 и случая №2

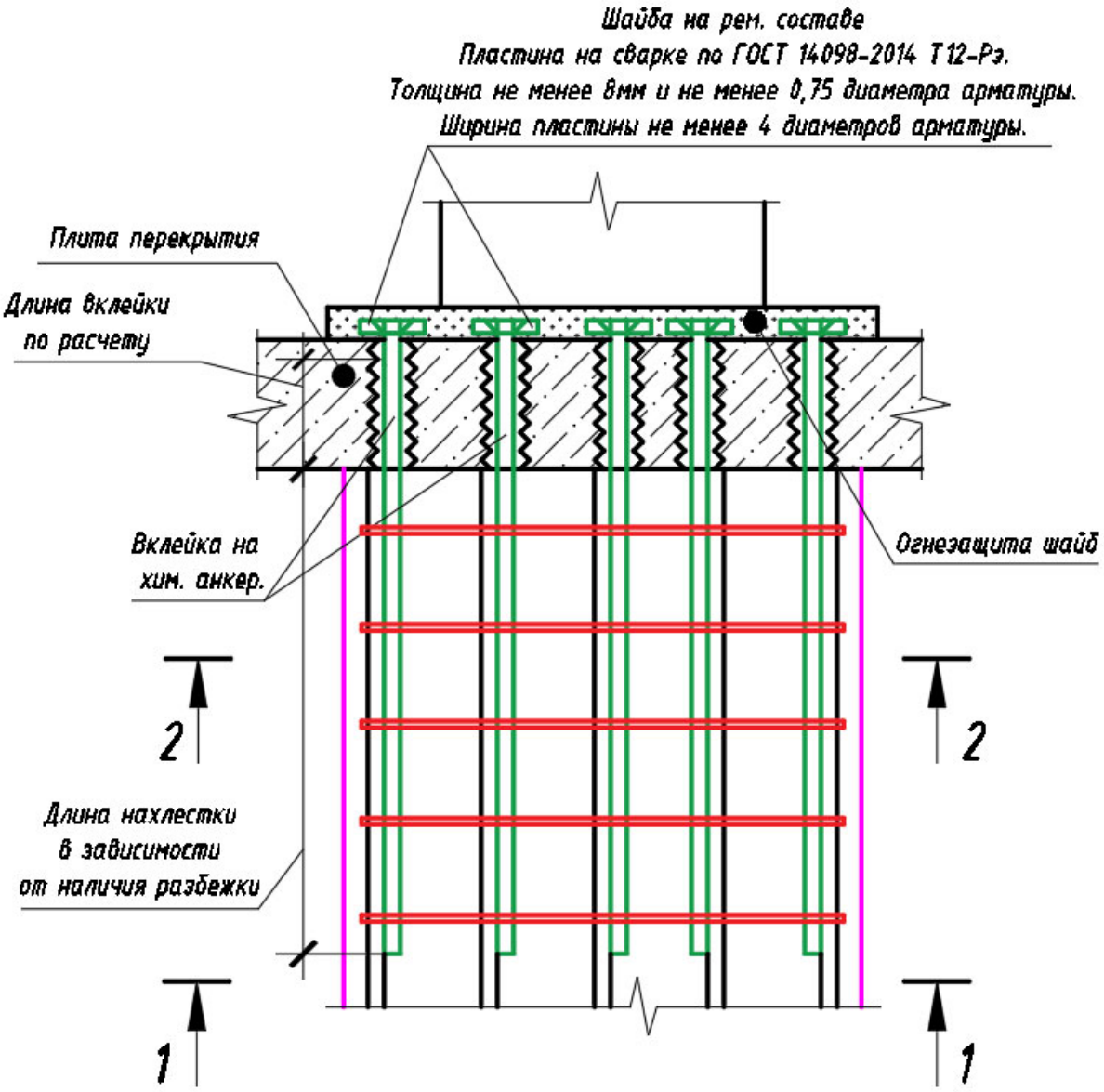


Типовой межэтажный узел



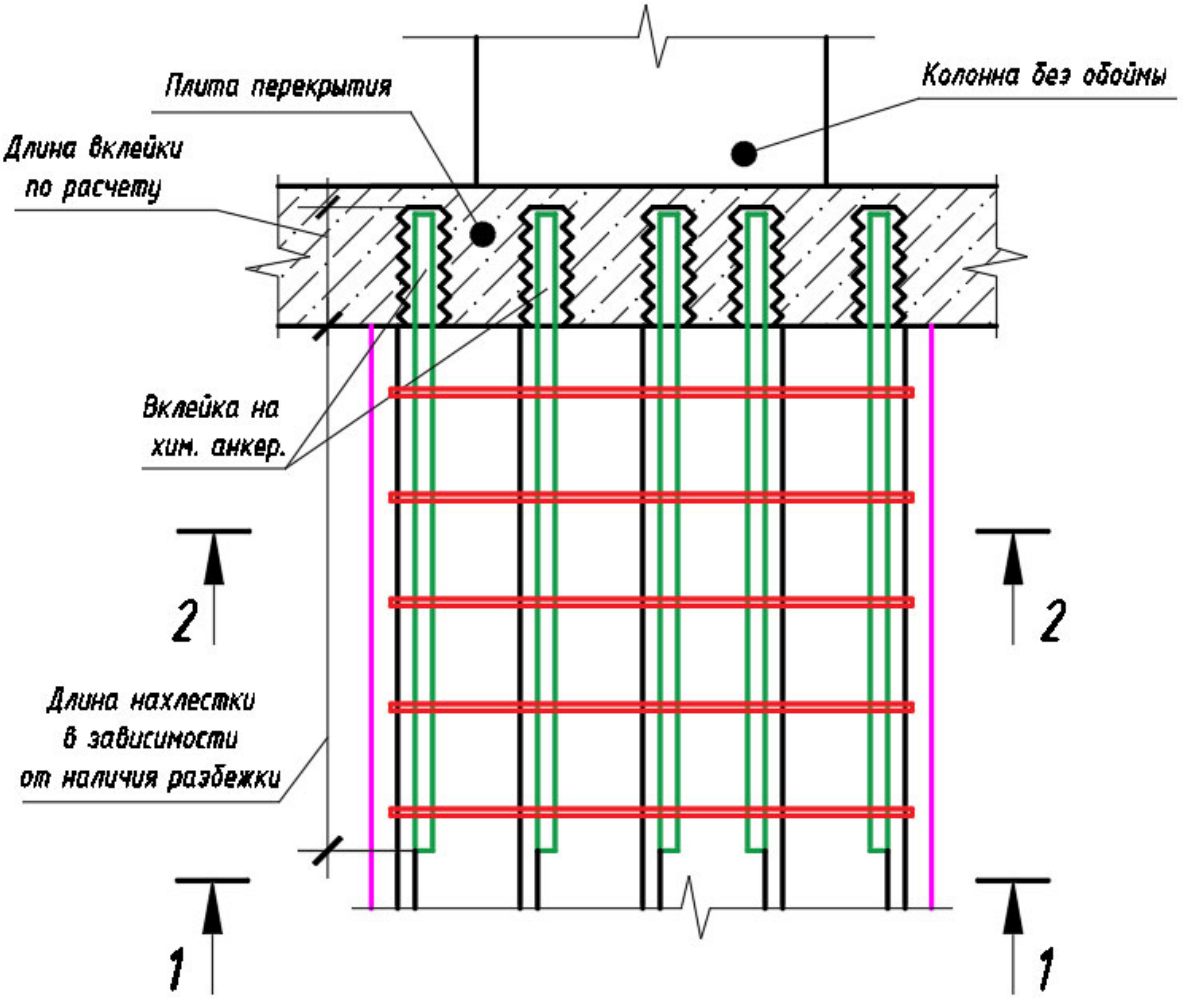
Верхний узел. Случай растянутой арматуры в сечении.

Нижний узел при опирании на плиту по аналогии верхнего.

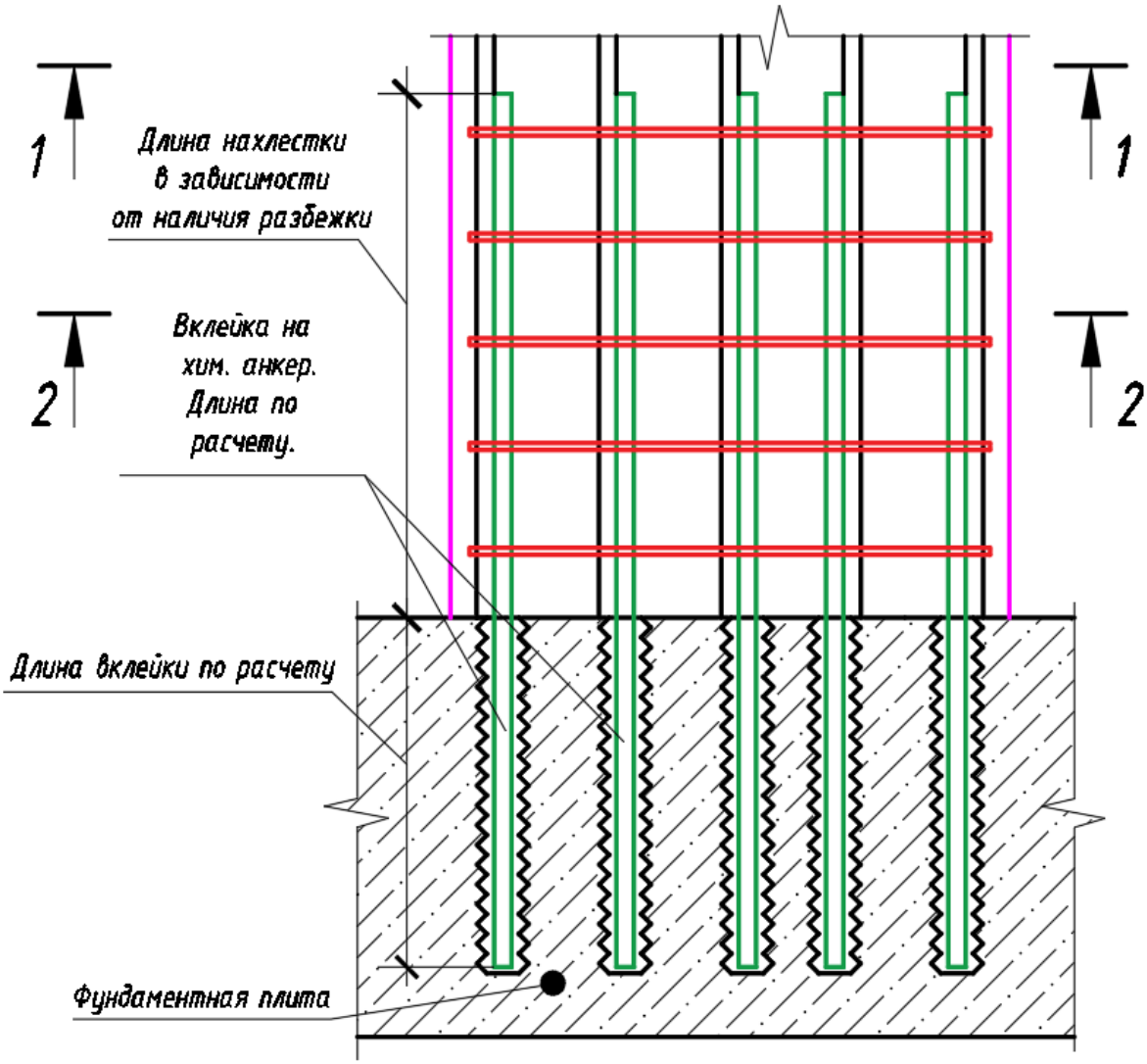


Верхний узел. Случай сжатой или конструктивной арматуры в сечении.

Нижний узел при опирании на плиту по аналогии верхнего.

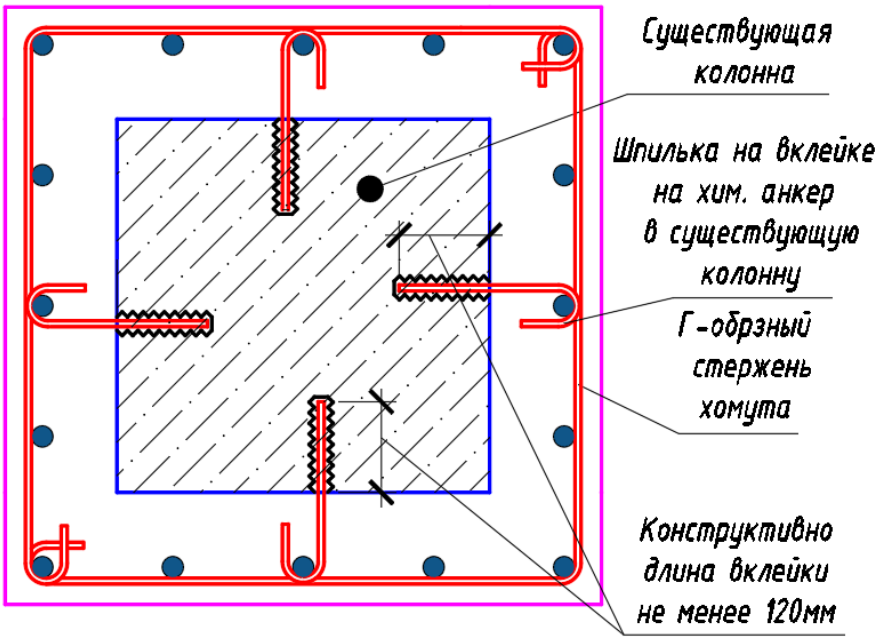


Нижний узел в случае опирания на фундаментную плиту

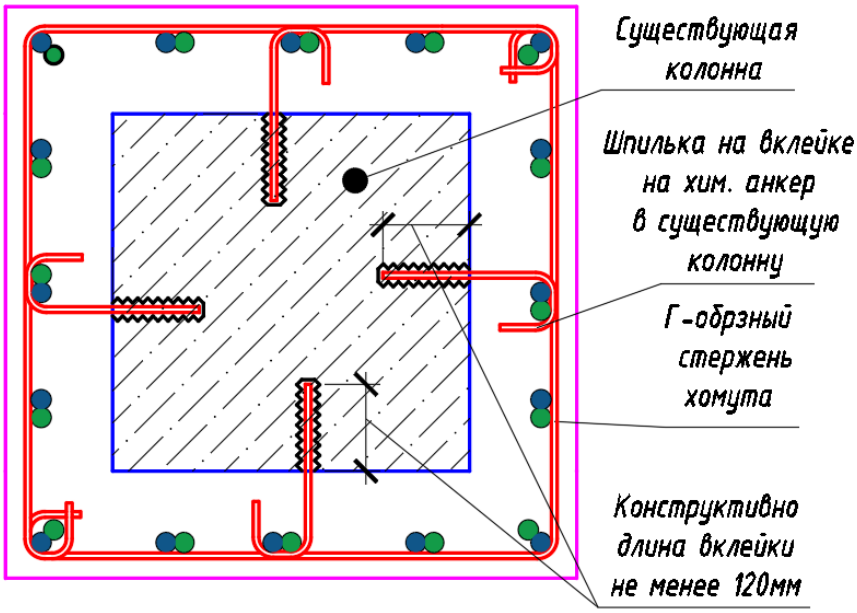


Сечение с 4х сторонней обоймой

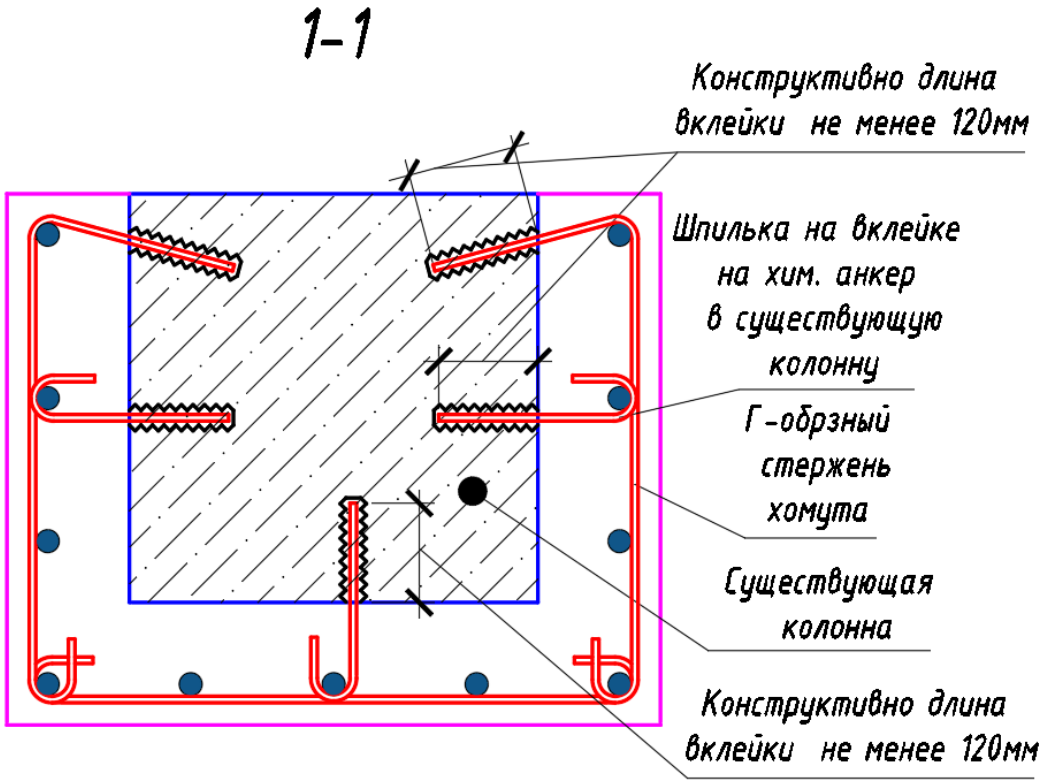
1-1



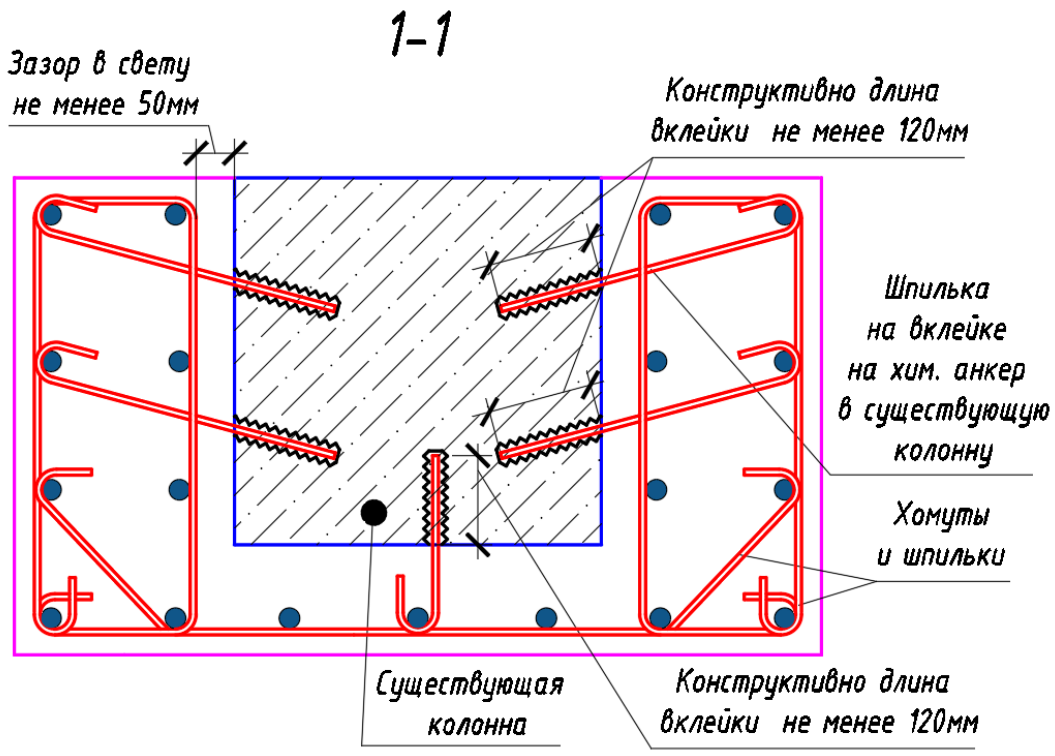
2-2



Сечение с 3х сторонней обоймой. Вариант №1.

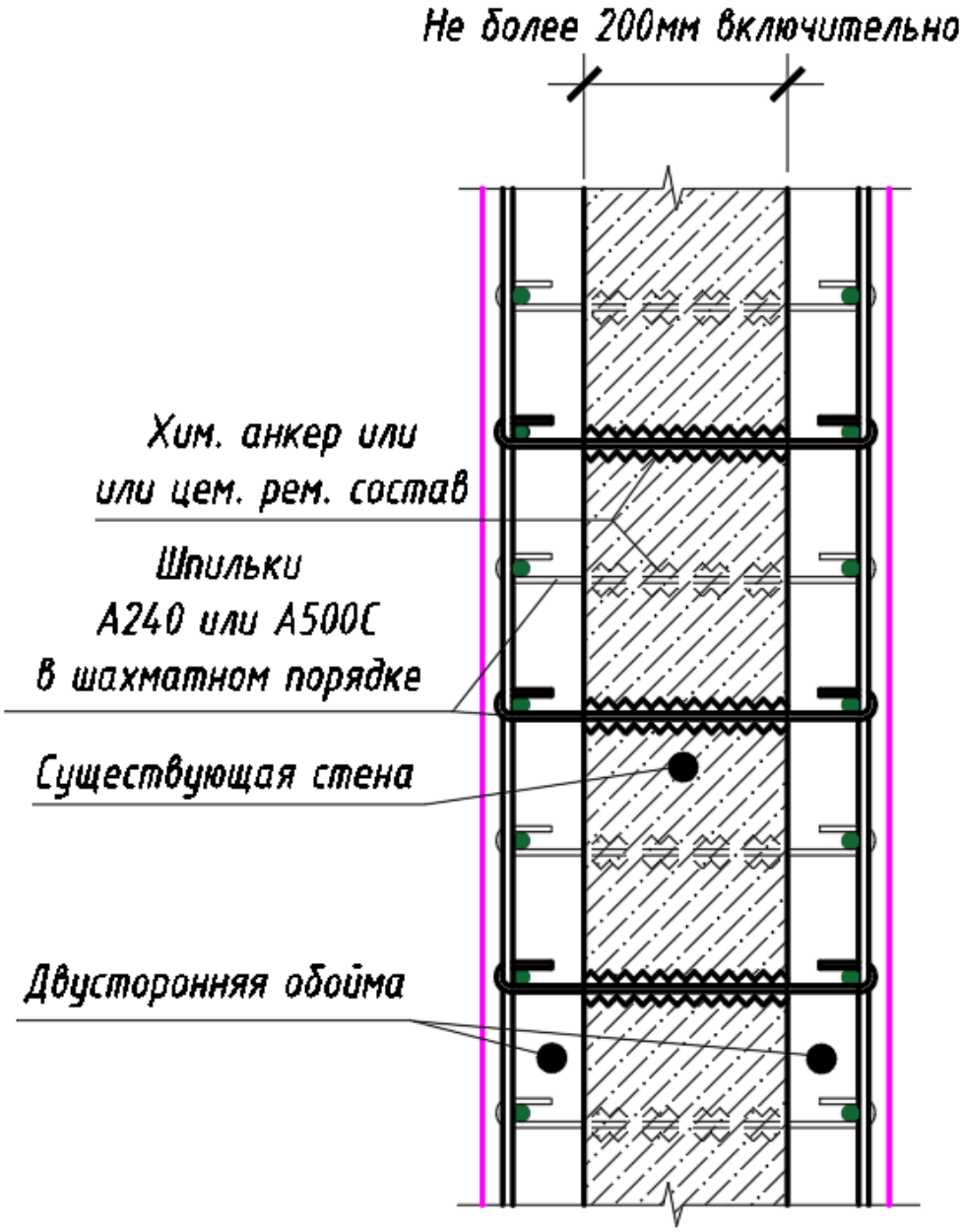


Сечение с 3х сторонней обоймой. Вариант №2.

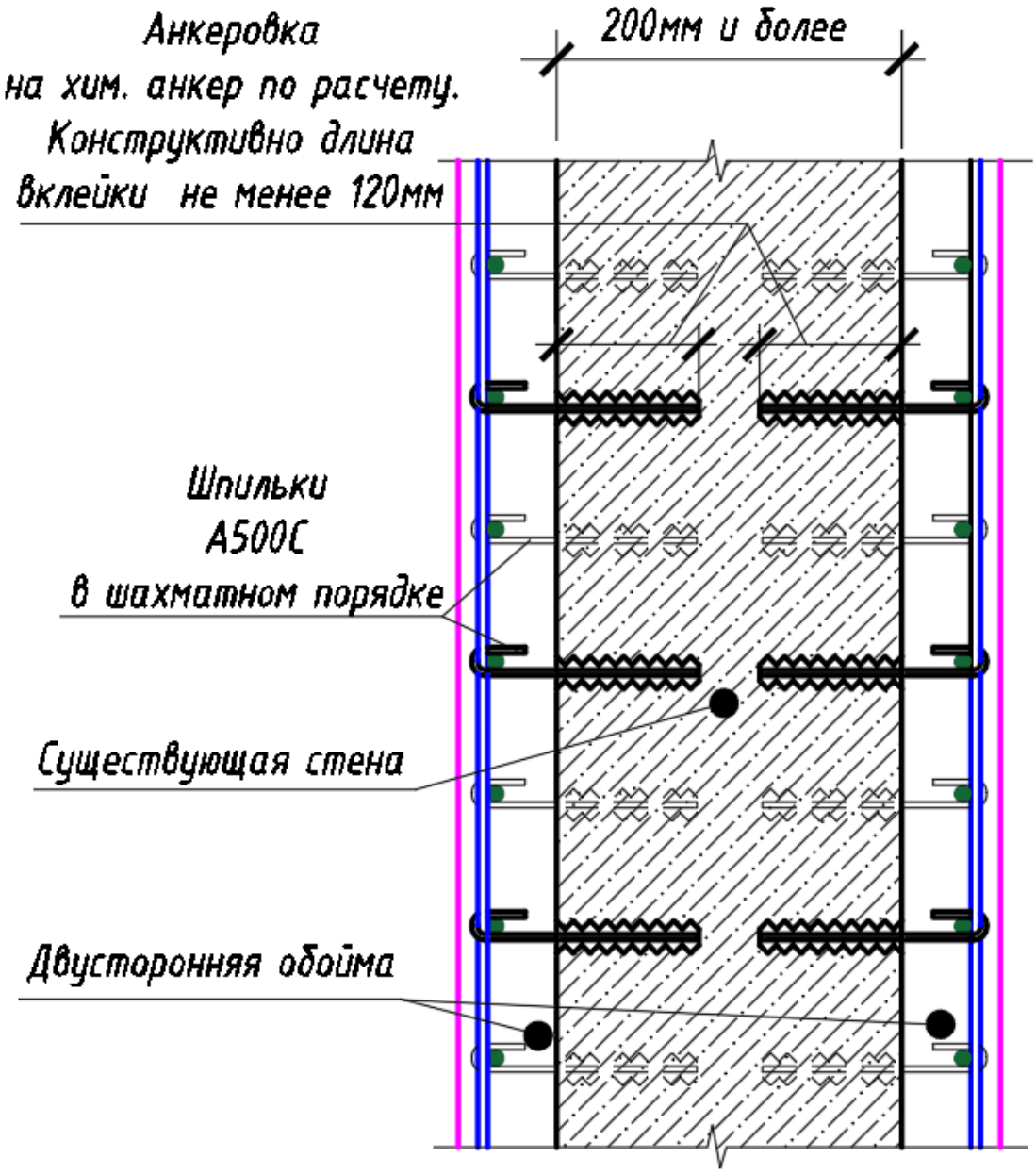


Сечения (вид сверху) при усилении стены обоймой

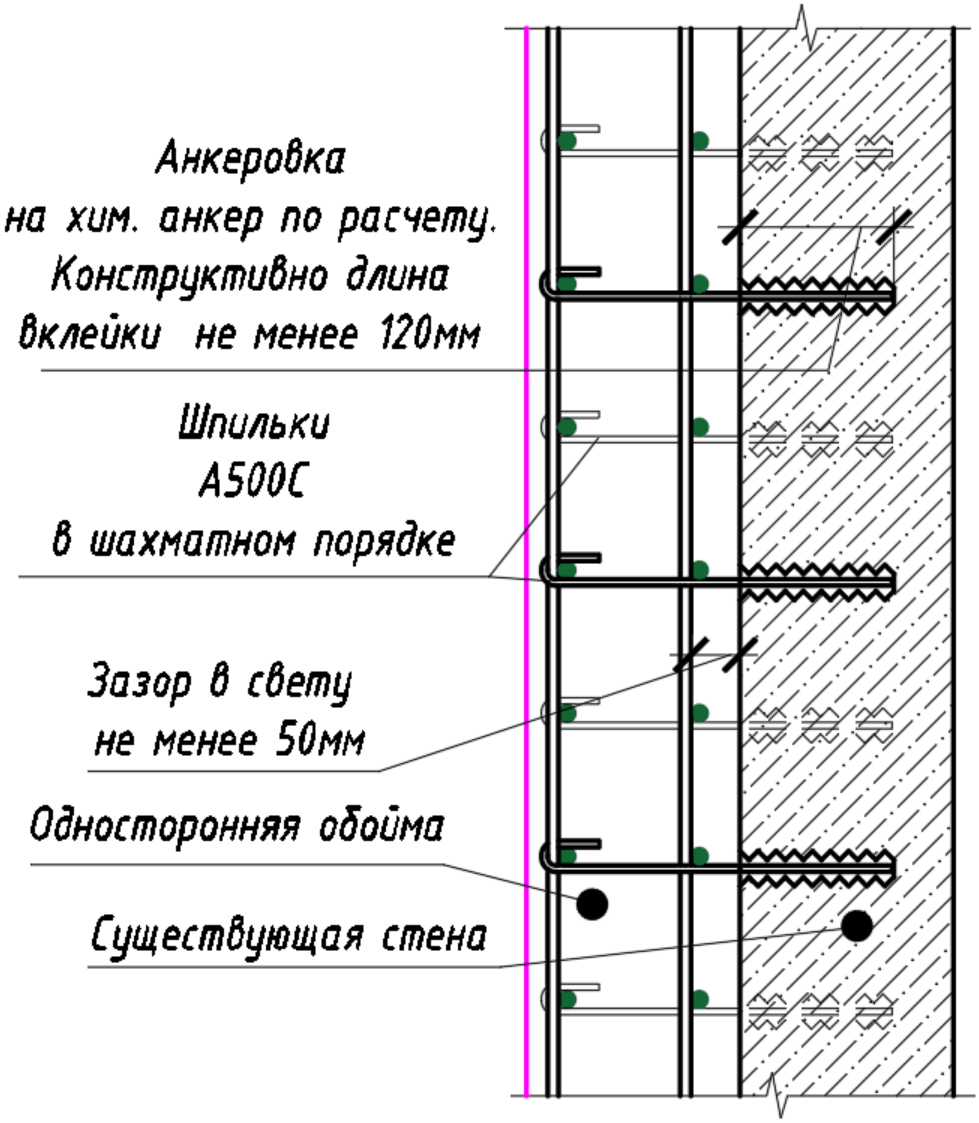
Двусторонняя обойма. Средний участок при толщине стены не более 200мм.



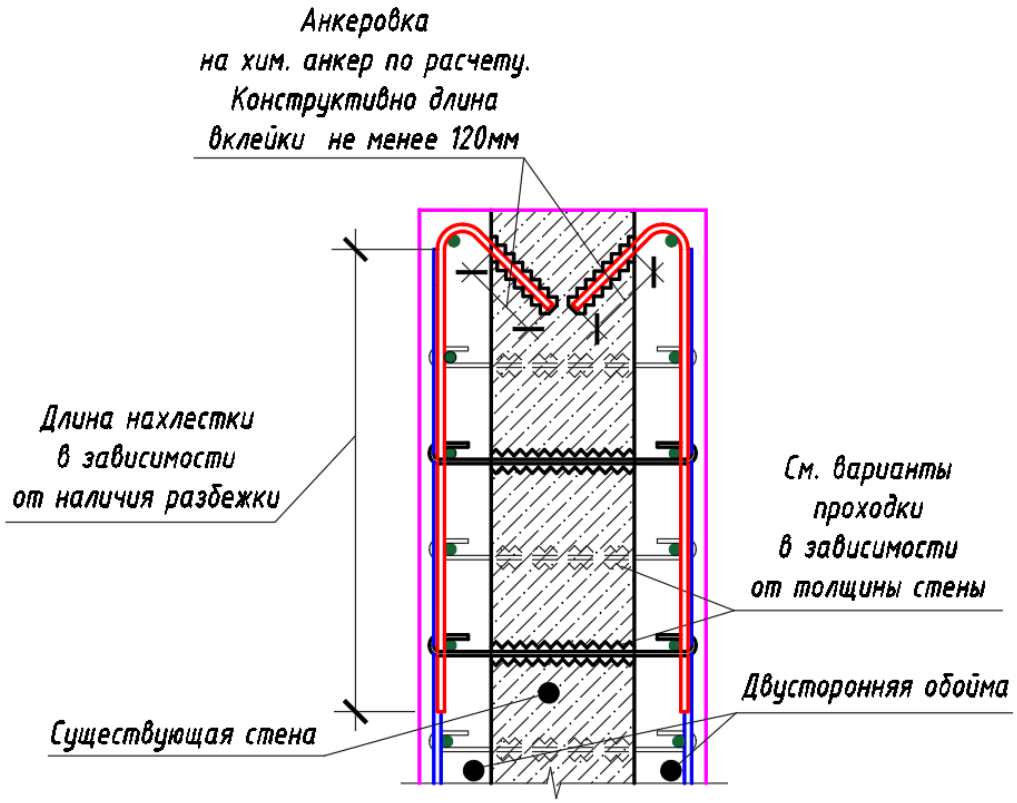
Двусторонняя обойма. Средний участок при толщине стены 200мм и более



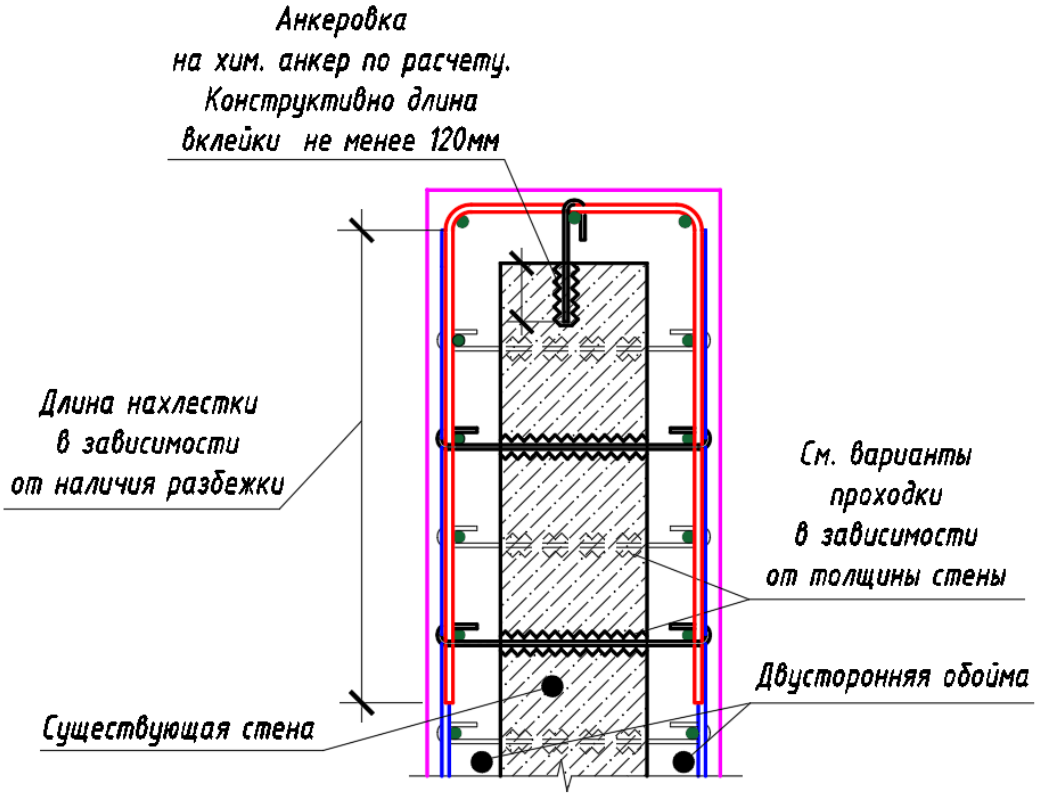
Односторонняя обойма. Средний участок



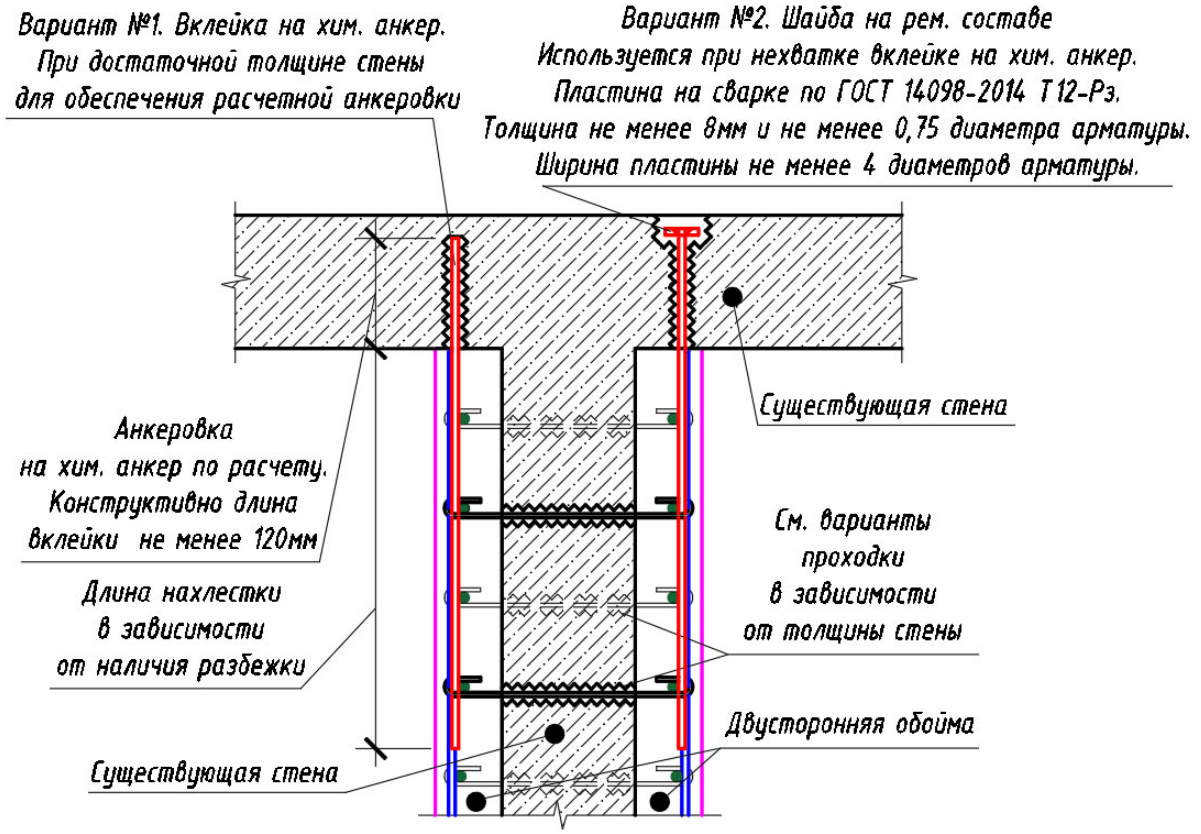
Торцевой участок. Вариант №1.



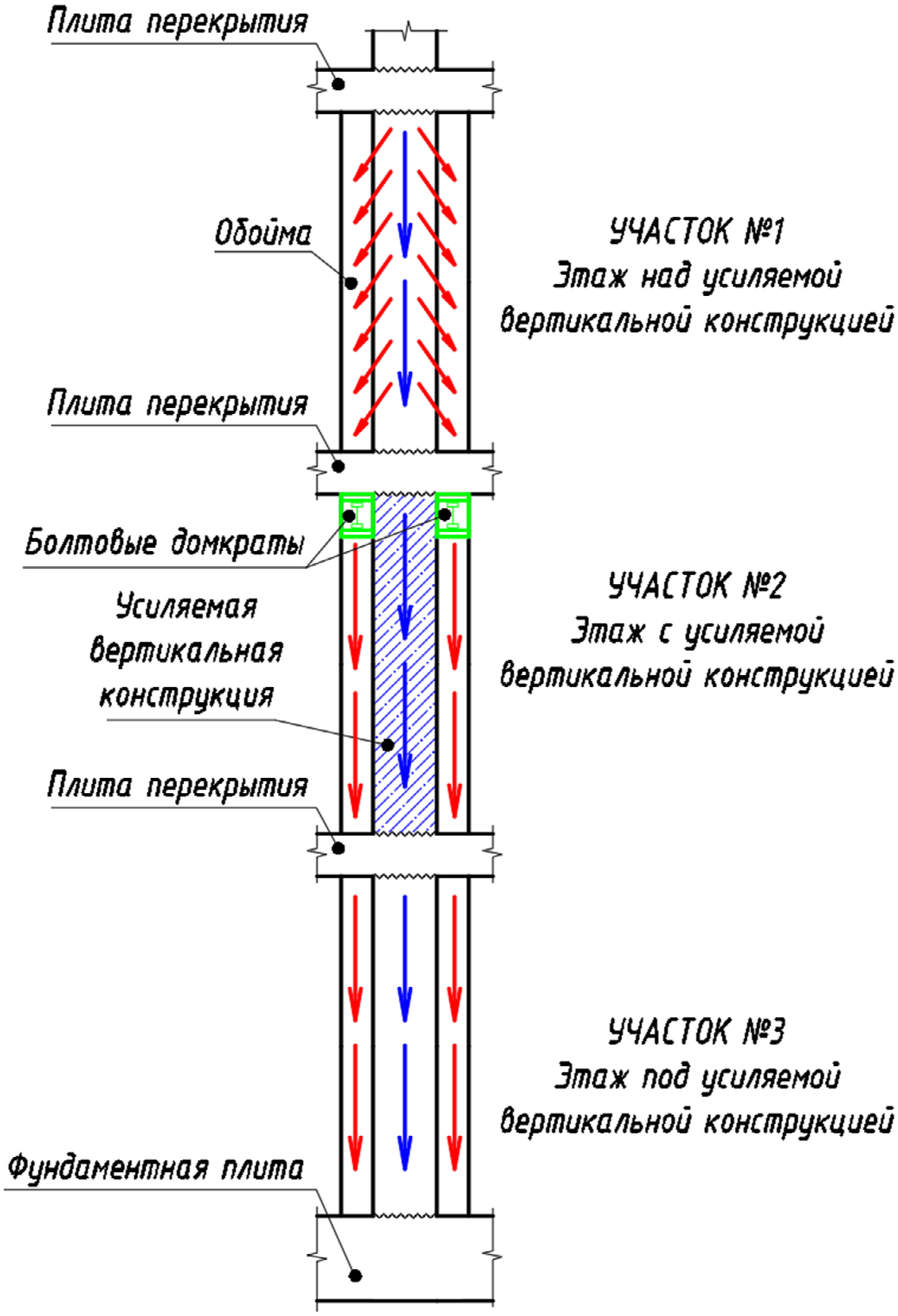
Торцевой участок. Вариант №2.



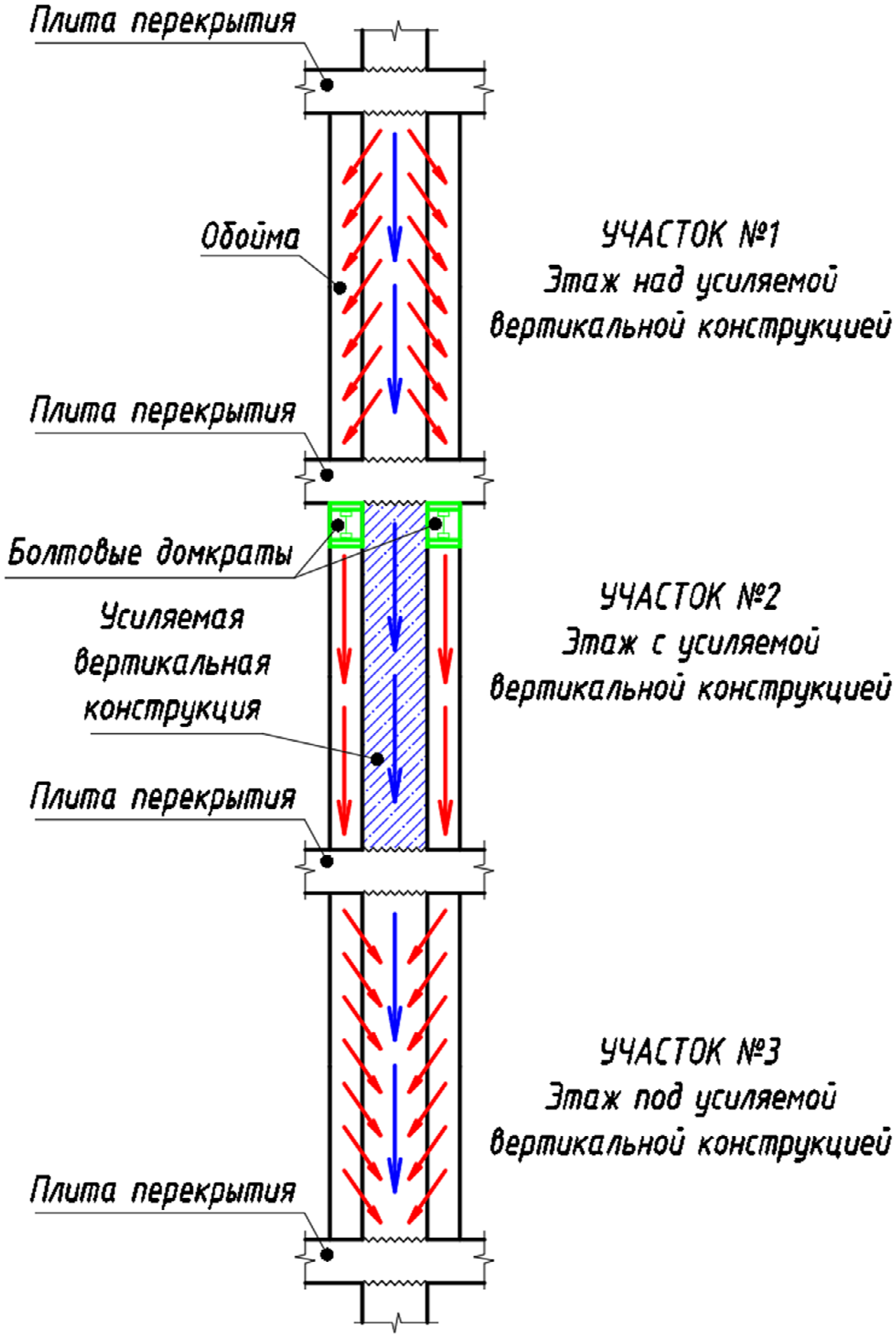
Участок пересечения стен



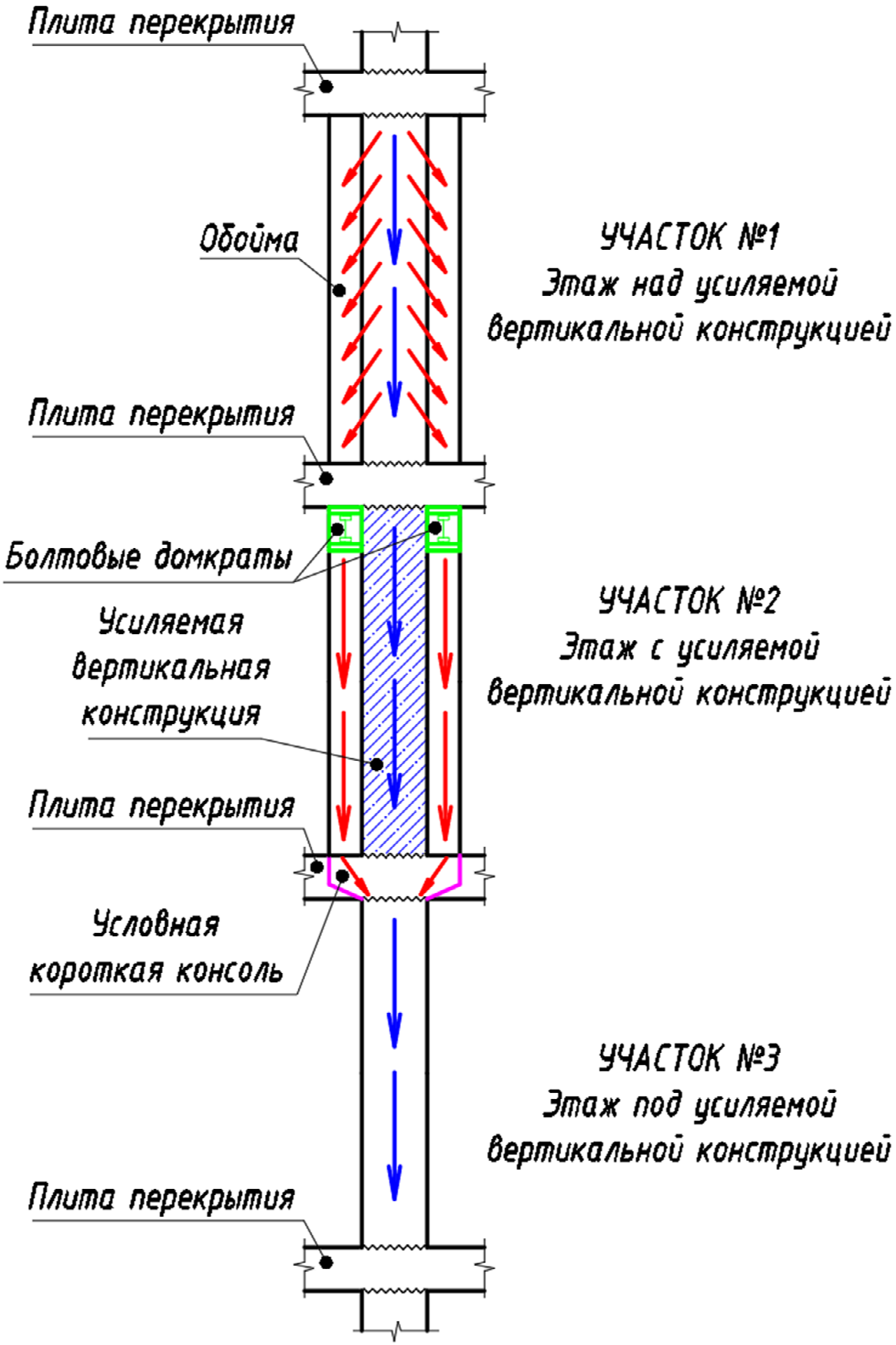
Случай №3. Вариант передачи нагрузки №1.



Случай №3. Вариант передачи нагрузки №2.



Случай №3. Вариант передачи нагрузки №3.

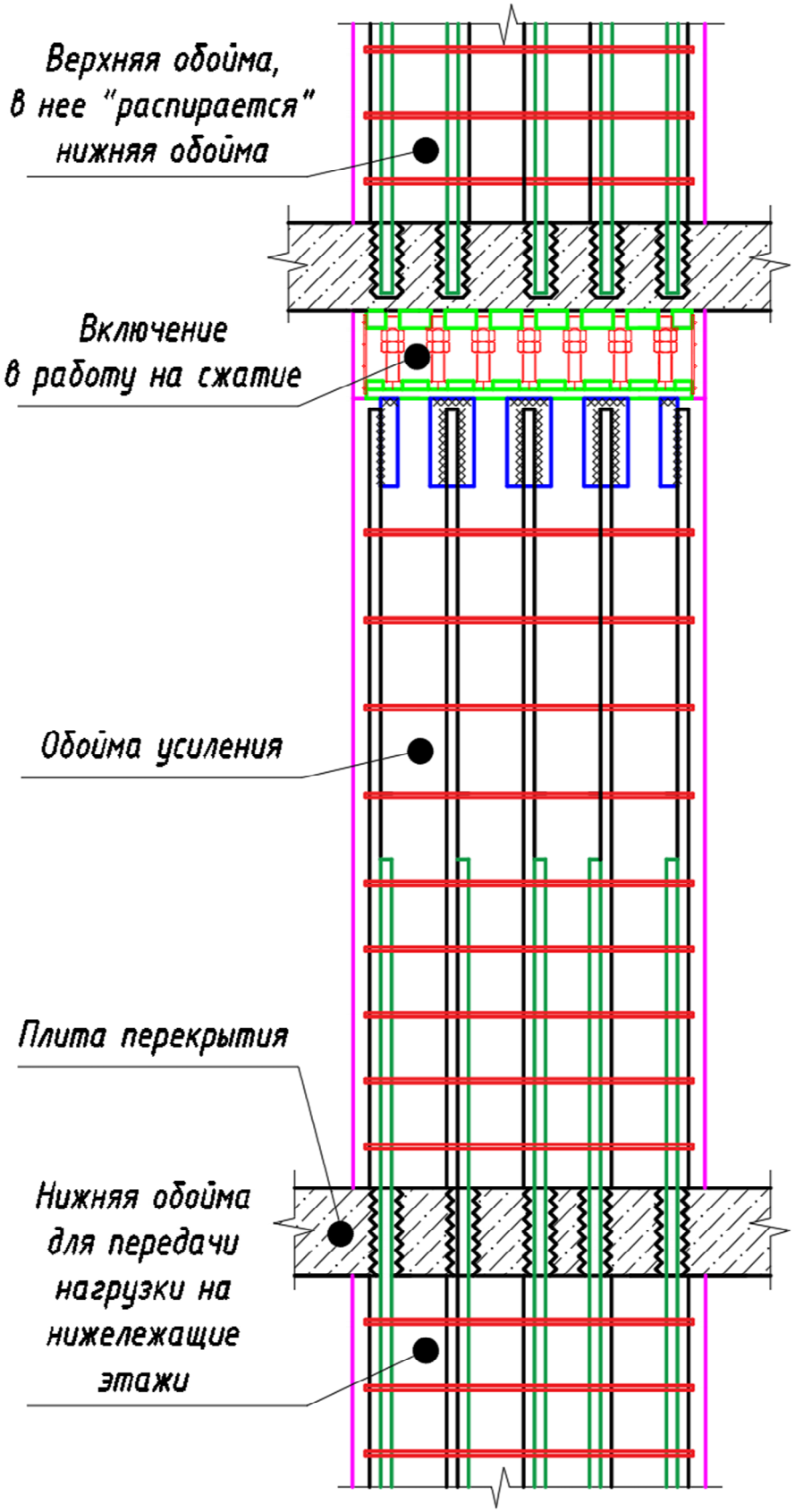


Частые вопросы:

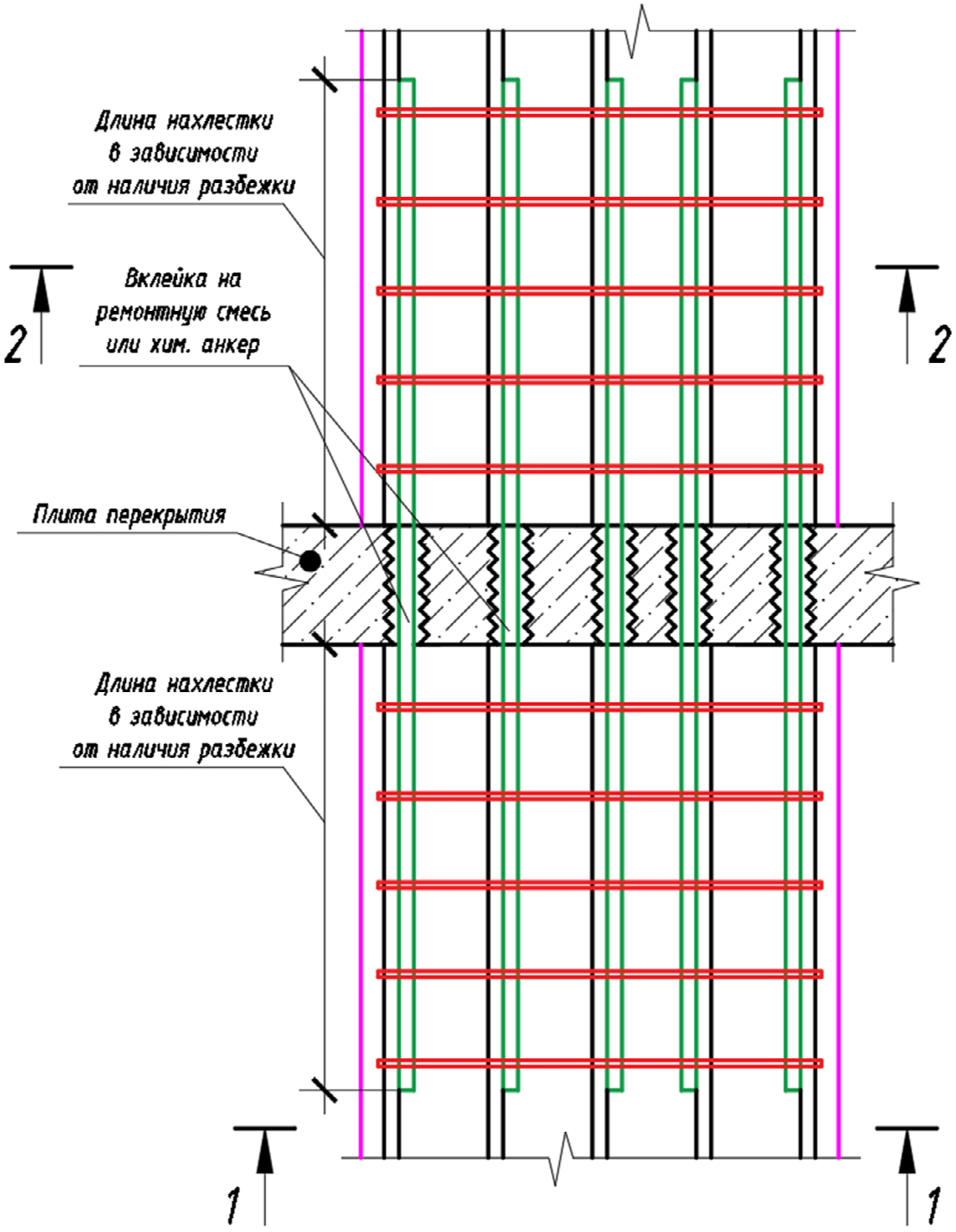
1. Почему вместо домкрата не используется напрягающий цемент по ГОСТ 56727-2015?

Ответ: цемент с высокой энергией самонапряжения НЦ-30 напрягает всего лишь на ***3 МПа*** *(естественно это напряжение еще и падает со временем). Если сравнить с расчетным сопротивлением бетона класса В25 (*$\boldsymbol{R_{bt} = 14,5}$МПа*), то разгрузить он его сможет не более чем на 20% и то если площадь обоймы будет равна площади конструкции.*

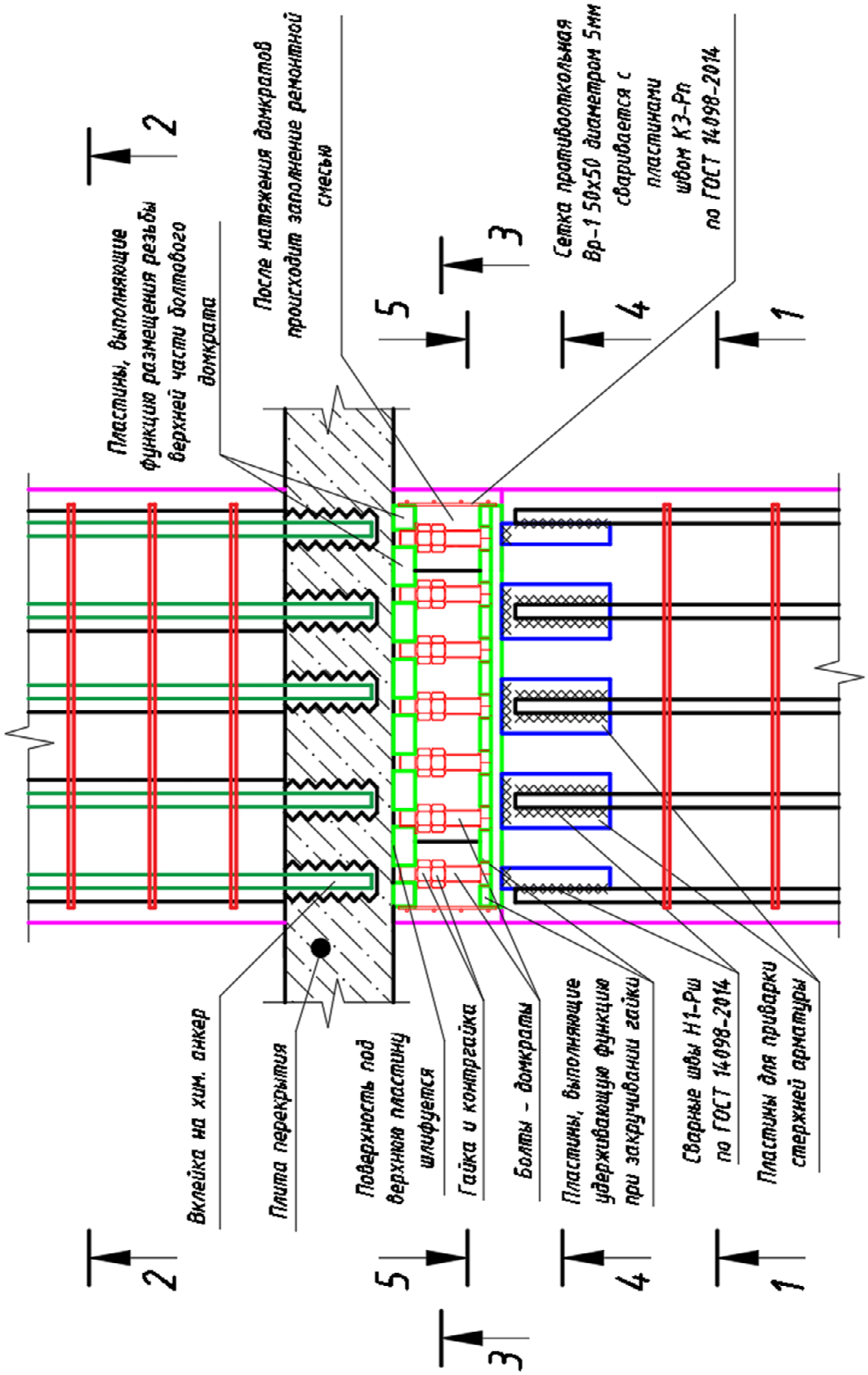
Вариант конструирования случая №3



Типовой межэтажный узел

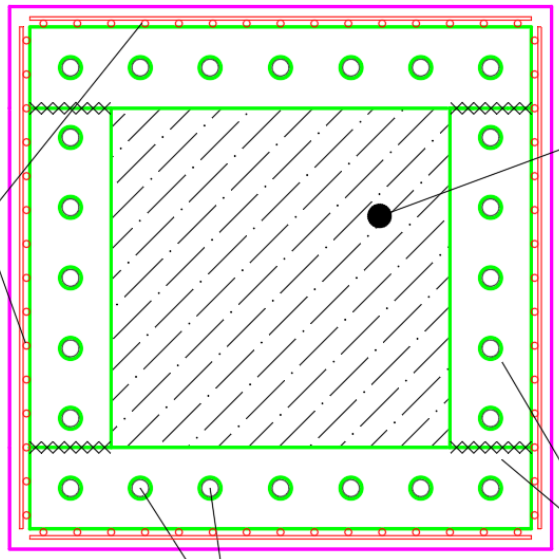


Узел домкрата

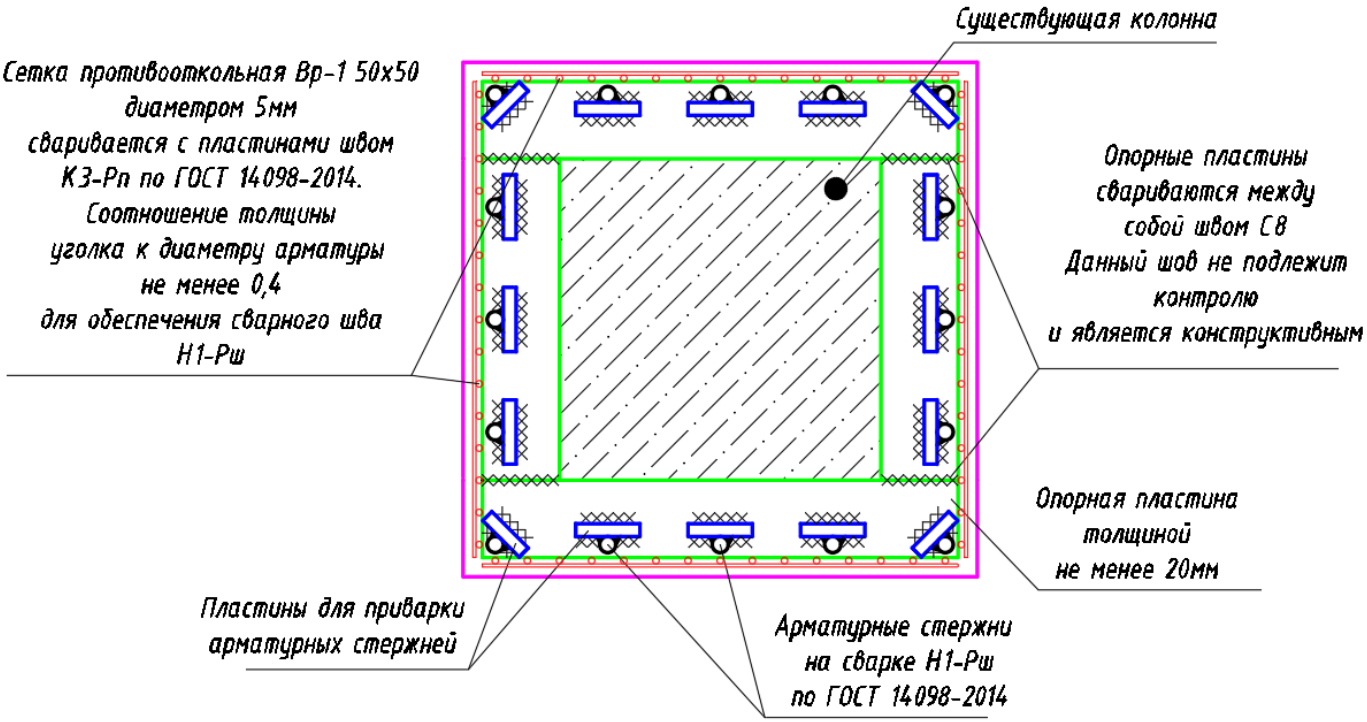


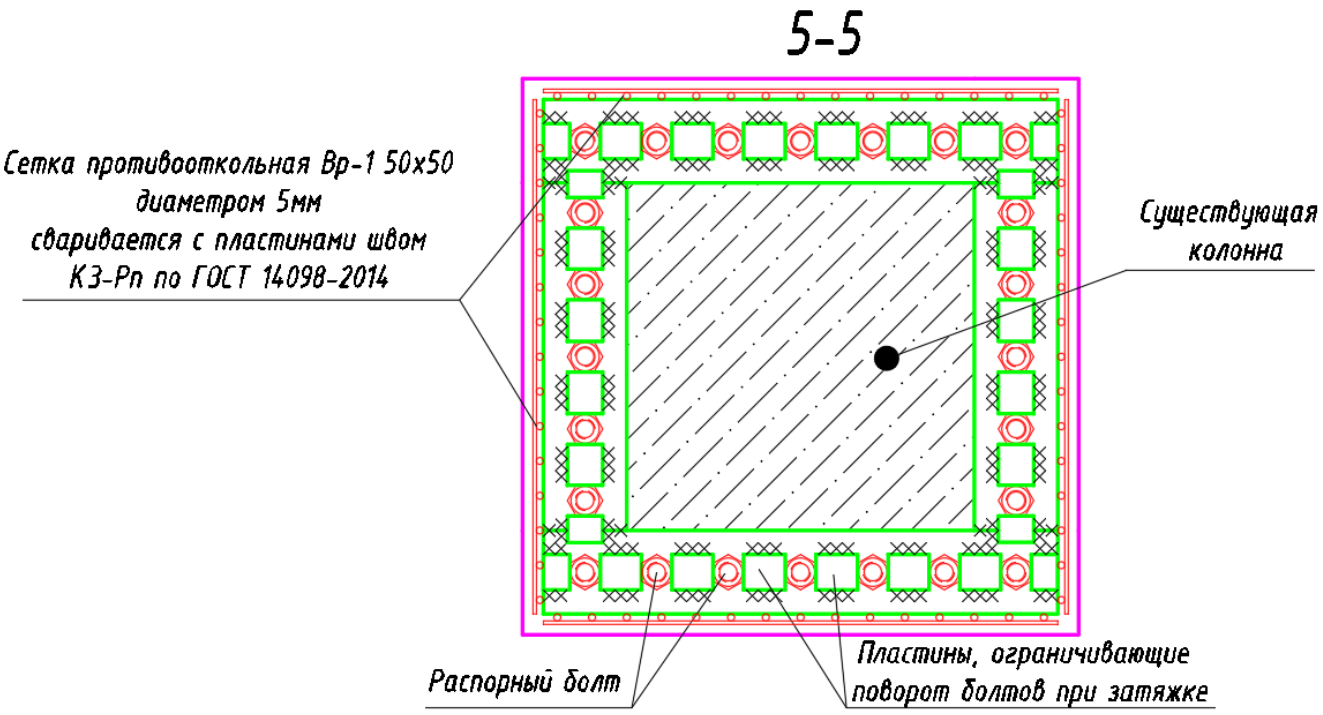
Сечения по домкрату

3-3



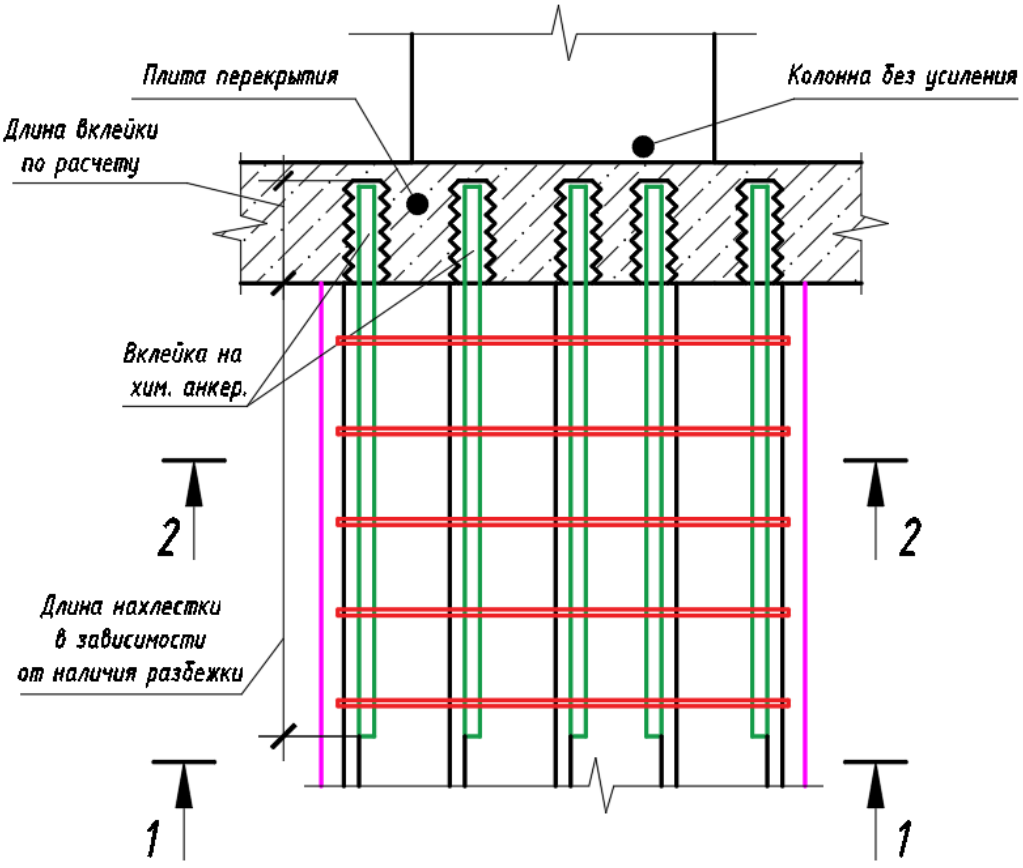
4-4



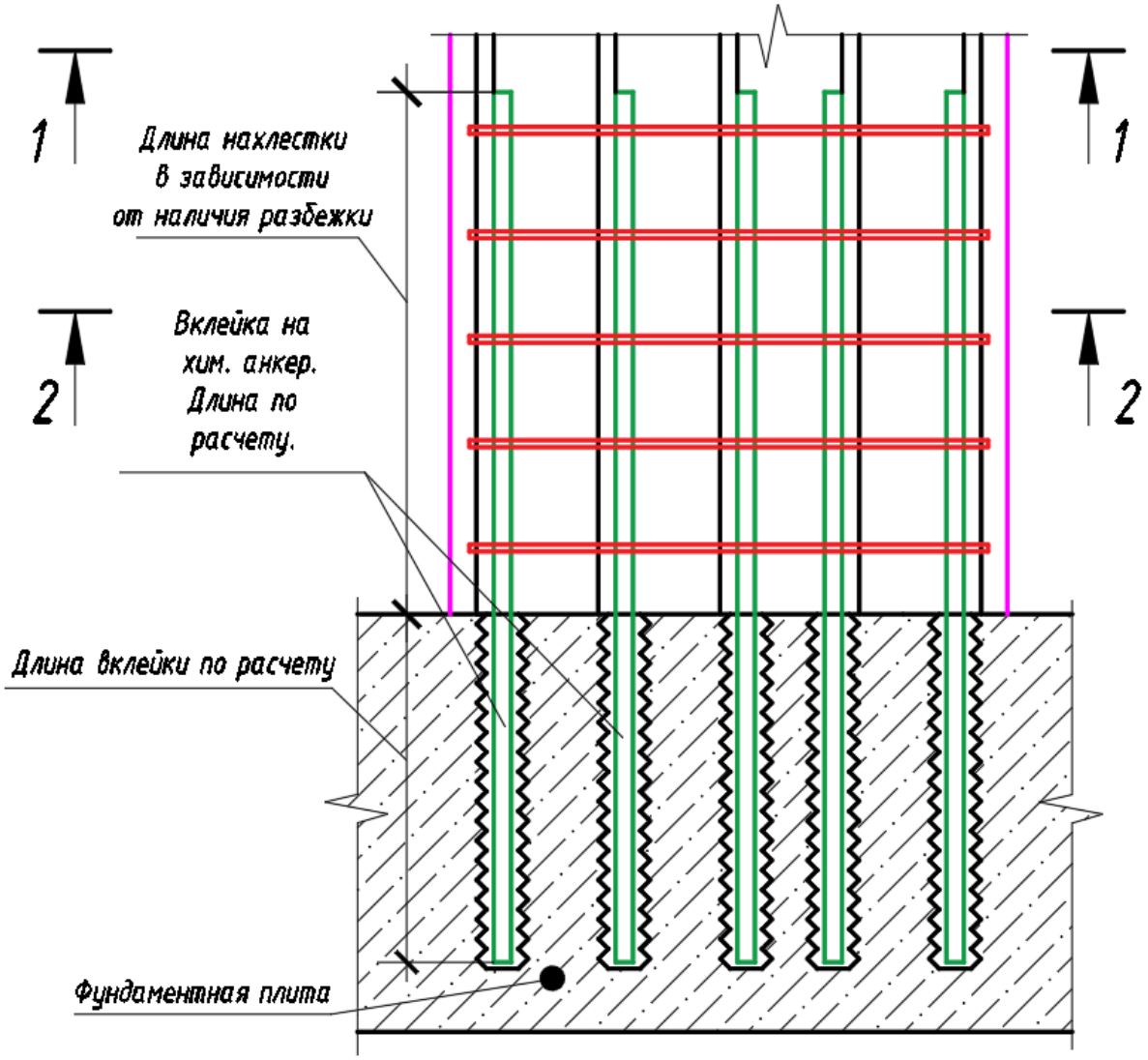


Верхний узел. Случай сжатой или конструктивной арматуры в сечении.

Нижний узел при опирании на плиту по аналогии верхнего.



Нижний узел в случае опирания на фундаментную плиту

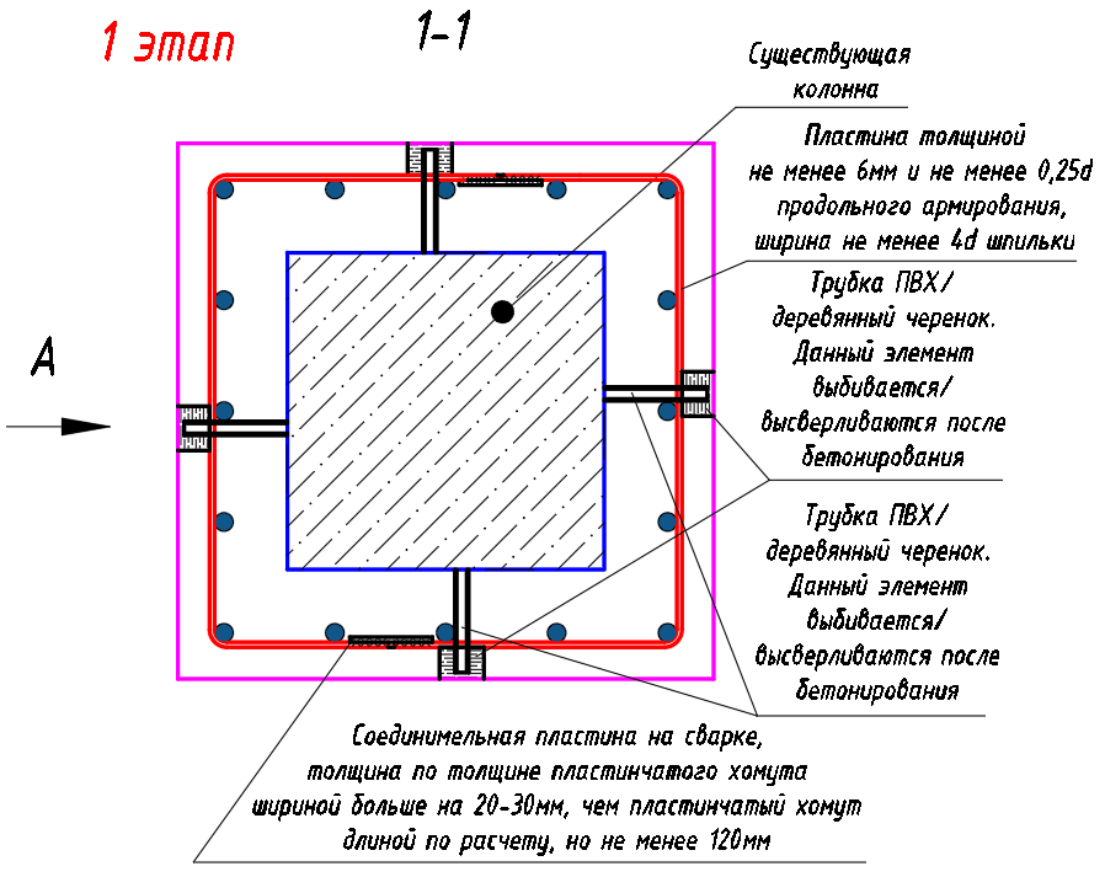


Иногда бывает ситуация с сильным повреждением конструкции, которую нельзя сверлить для установки анкеров. В конструкции, например, присутствуют трещины, большие выколы, раздробление бетона перерезанная и/или выпученная арматура. В этом случае обойма устраивается в два этапа:

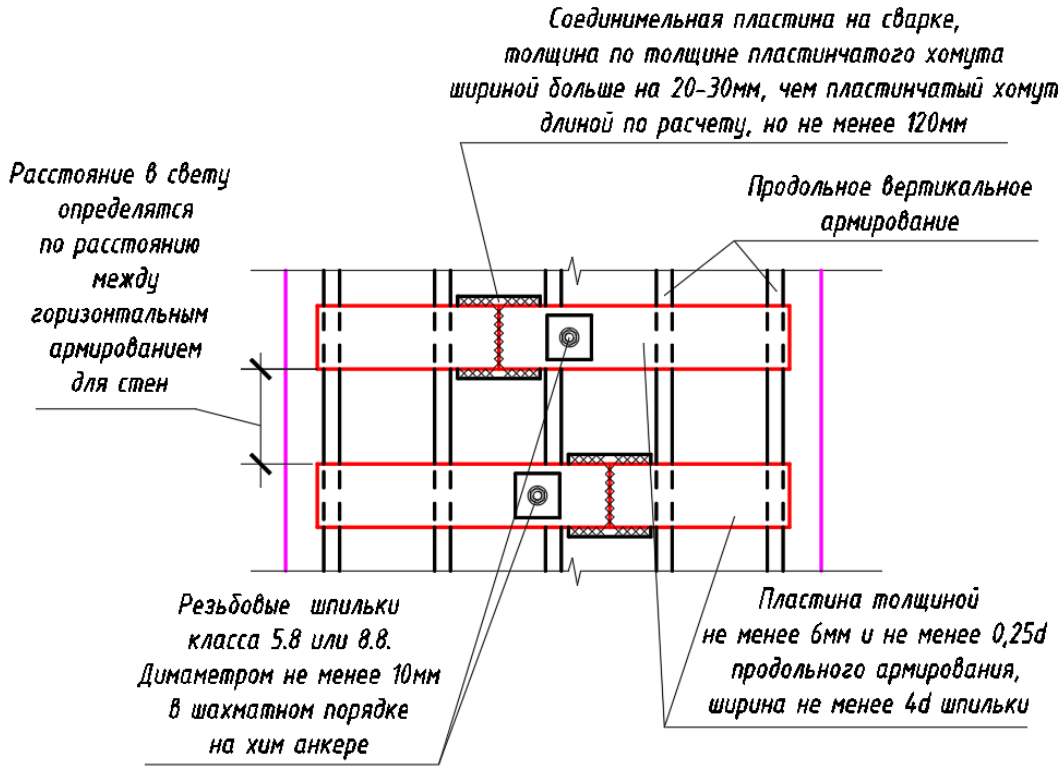
1 этап. Бетонирование. На данном этапе выставляют армокаркас и специальные закладные из дерева, которые удаляются после бетонирования и заменяются шпильками на хим. анкерах.

2 этап. Закрепление шпильками. Удаляются деревянные закладные и устанавливаются шпильки на хим. анкер.

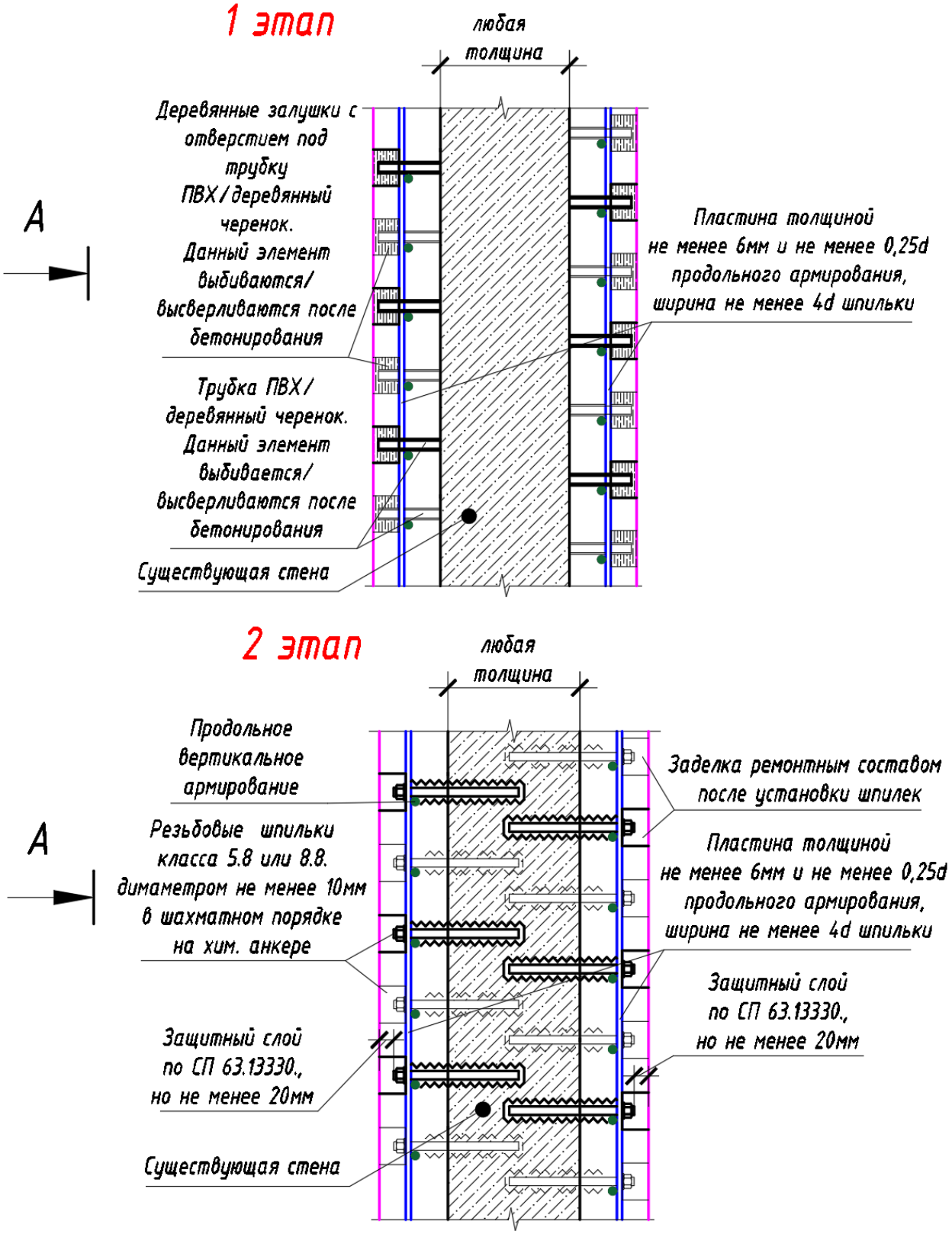
Сечения для колонн

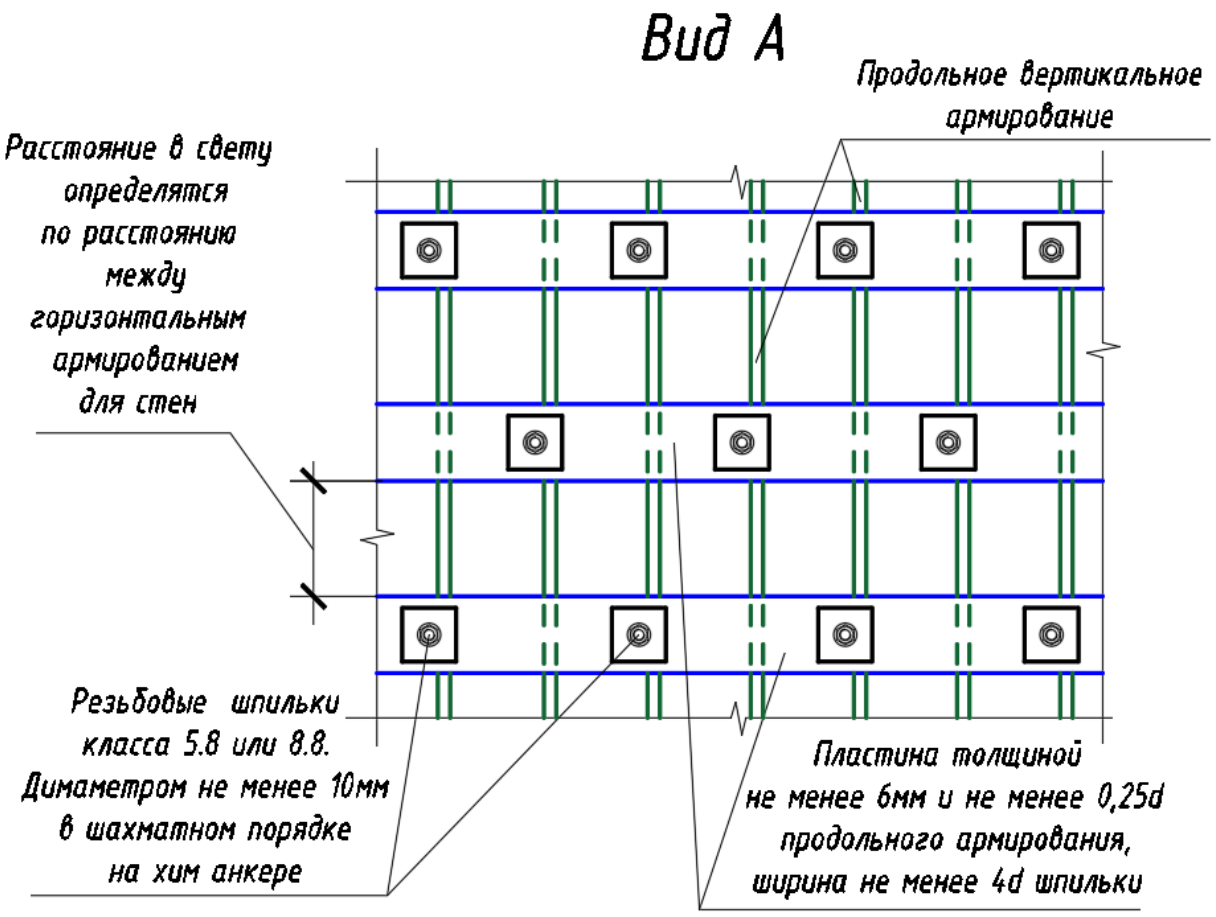


Вид А



Сечения для стен




Вид А
Продольное вертикальное армирование
Расстояние в свету определятся по расстоянию между горизонтальным армированием для стен
Резьбовые шпильки класса 5.8 или 8.8. Димаметром не менее 10мм в шахматном порядке на хим анкере
Пластина толщиной не менее 6мм и не менее 0,25d продольного армирования, ширина не менее 4d шпильки

2.2. Моделирование в программе

Вид усиления в зависимости от:

1) Результатов обследования и наличия дефектов. Иногда сами дефекты заставляют проектировать обойму на полное восприятие нагрузки/усилия от существующей конструкции.

2) Результатов расчета и методики расчета, а также конструктивных мероприятий по включению обоймы. Если, например, у существующей конструкции коэффициент использования равен 1,5, то имеет смысл сразу проектировать домкрат или полное переопирание.

Справочная таблица 13. Вид усиления в зависимости от использования методики расчета и конструктивных мероприятий.

Точный **Учет момента включения конструкции усиления в системе «Монтаж»**			**Упрощенный** **Расчет по единомоментно созданной схеме (расчет без системы «Монтаж»)**	
Случай №1. Армирования в существующей конструкции **достаточно с учетом усиления без дополнительных мероприятий по включению усиления в работу.**	Случай №2. армирования в существующей конструкции **недостаточно с учетом усиления, при этом дополнительных мероприятий по включению усиления в работу нет.**	Случай №3. армирования в существующей конструкции **достаточно с учетом усиления при этом есть дополнительные мероприятий по включению усиления в работу** (домкрат в усилении или разгрузочные преднапряженные стойки)	Случай №4. **Нет мероприятий** по включению усиления работу.	Случай №5. **Есть мероприятия** по включению усиления в работу (домкрат в усилении или разгрузочные преднапряженные стойки).
Нагрузку/усилие воспринимает и существующая конструкция и конструкция усиления. Процент распределения нагрузки по расчету.	Полная передача нагрузки/усилия на конструкцию усиления. Существующая конструкция исключается (удаляется) из расчета.	Нагрузку/усилие воспринимает и существующая конструкция и конструкция усиления. Процент распределения нагрузки по расчету.	Полная передача нагрузки/усилия на конструкцию усиления. Существующая конструкция исключается (удаляется) из расчета.	Нагрузки/усилия воспринимает и существующая конструкция и конструкция усиления. Поскольку не учитывается «монтаж», разгрузка существующей конструкции должна производиться до уровня (р.з.а) не более 25% от общей нагрузки, т.е. домкрат и обойма должны быть запроектированы на 75% от общей нагрузки.

Моделирование для Случая №1 в системе «Монтаж» должно включать в себя следующие этапы:

1. Создание текущего НДС системы с нагрузками, которые будут действовать в момент производства усиления. Т.е. остаются только те нагрузки, которые останутся в здании при отсутствии возможности их минимизации (демонтаж перегородок, полов, оборудования).

2. Монтаж конструкций усиления.

3. Догрузка всеми эксплуатационными нагрузками.

Моделирование для Случая №2 в системе «Монтаж» должно включать в себя следующие этапы:

1. Создание текущего НДС системы с нагрузками, которые будут действовать в момент производства усиления. Т.е. остаются только те нагрузки, которые останутся в здании при отсутствии возможности их минимизации (демонтаж перегородок, полов, оборудования).

2. Монтаж конструкций усиления.

3. Догрузка всеми эксплуатационными нагрузками.

4. Демонтаж элементов, в которых армирования недостаточно (исключение их из работы).

Моделирование для Случая №3 в системе «Монтаж» должно включать в себя следующие этапы:

1. Создание текущего НДС системы с нагрузками, которые будут действовать в момент производства усиления. Т.е. остаются только те нагрузки, которые останутся в здании при отсутствии возможности их минимизации (демонтаж перегородок, полов, оборудования).

2. Введение разгружающих конструкций в виде преднапряженных стоек (при их использовании). Сами стойки можно приложить в схеме путем задания усилий от них (рекомендовано автором как метод с меньшим количеством ошибок). Если моделировать стойки, то нужно использовать специальные методы их преднапряжения (специальные КЭ или старым методом – температурой).

3. Монтаж конструкций усиления.

4. Включение домкратов конструкций усиления в работу. Эффект от домкрата в схеме можно задать усилиями от него (рекомендовано автором как метод с меньшим количеством ошибок).

Если моделировать домкрат, то нужно задать стальные стержни по диаметру болтов и использовать специальные методы их преднапряжения (специальные КЭ или старым методом – температурой).

5. Догрузка всеми эксплуатационными нагрузками.

Примечание. Для всех случаев проверку существующей конструкции на достаточность армирования требуется проводить вручную только по финально полученным усилиям на этапе догрузки всеми эксплуатационными нагрузками (последний этап монтажа). Эта необходимость связана с тем, что программа в большинстве случаев учитывает все РСУ, в т.ч. и в момент когда конструкция еще не усилена и не разгружена.

Справочная таблица 14. Моделирование

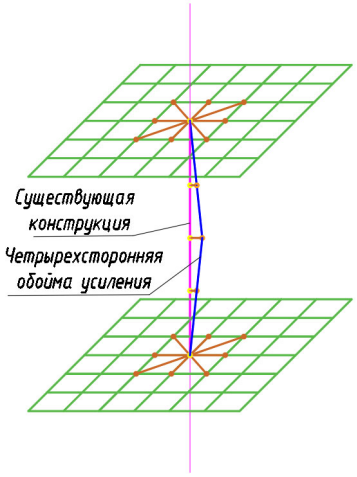
Случай №1

Колонна/пилон

1) Четырехсторонняя обойма.

Обойму моделируют как стержень коробчатого сечения.

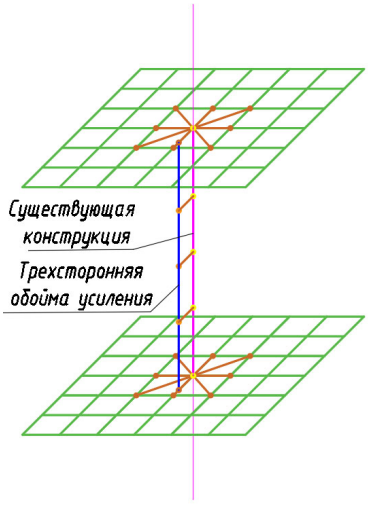
Моделируют стержень обоймы рядом с существующим таким образом чтобы центральный узел отстоял от центра существующей колонны на несколько миллиметров. Это нужно для удобства выбора элементов и отсутствия проблем с упаковкой. Обойму и существующую колонну связывают АЖТ.



2) Трехсторонняя обойма.

Обойму моделируют как стержень П-образного сечения.

Находят центр тяжести трехсторонней обоймы и смещают относительно существующей колонны. Обойму и существующую колонну связывают АЖТ.

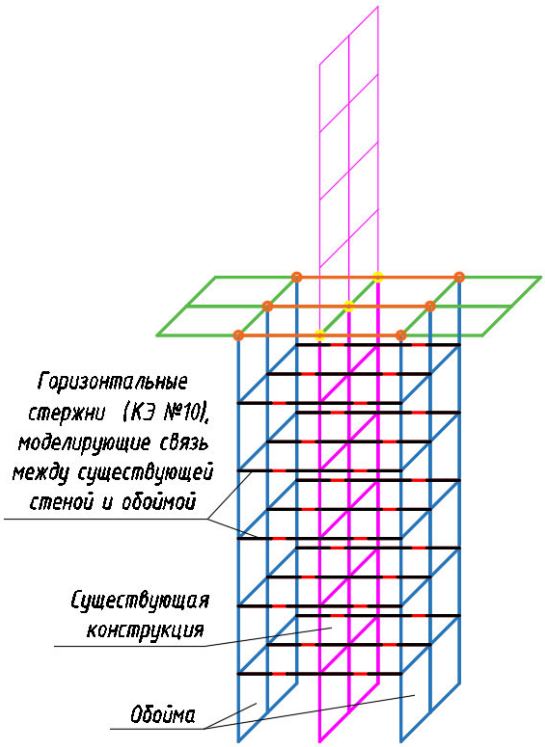


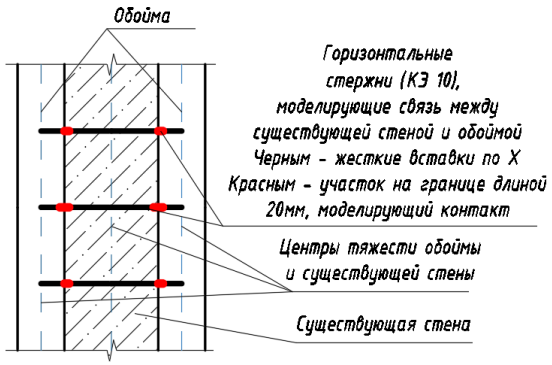
Стены

Обоймы моделируют пластинами, которые связывают с существующей стеной через стержневые элементы.

Данные элементы имеют жесткость КЭ №10 и задаются сечением по размеру КЭ стены (30х30...50х50см). Модуль упругости принимается по осредненному классу бетона обоймы и существующей стены с коэффициентом 0,6.

Стержни «укорачивают» с помощью жестких вставок по оси X, оставляя только часть равную 20мм (р.з.а), чтобы смоделировать жесткость контактного шва.



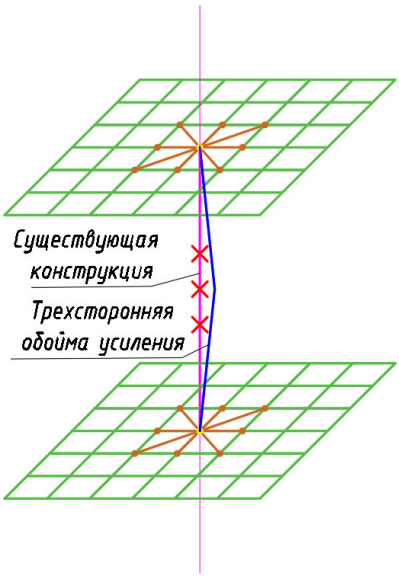


Случай №2

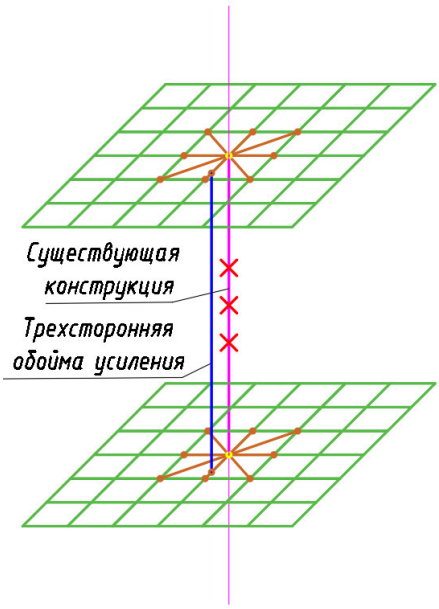
Колонна/пилон

Моделирование аналогично Случаю №1 с той лишь разницей, что отсутствуют АЖТ связывающие существующую конструкцию с усилением, поскольку существующая конструкция удаляется и в них нет смысла.

1) Четырехсторонняя обойма.

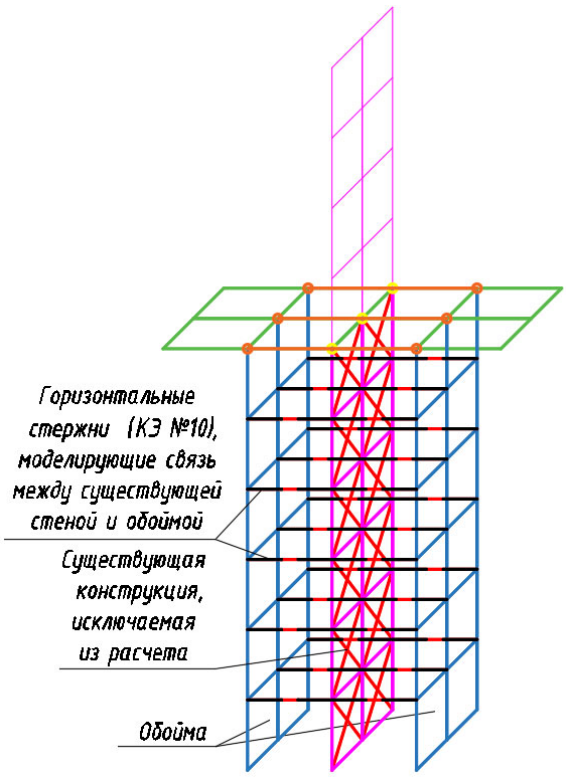


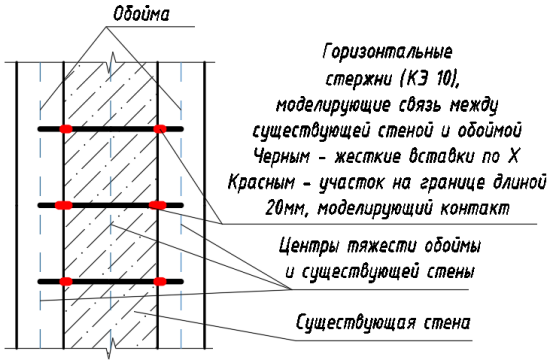
2) Трехсторонняя обойма.



Стены

Моделирование аналогично Случаю №1.



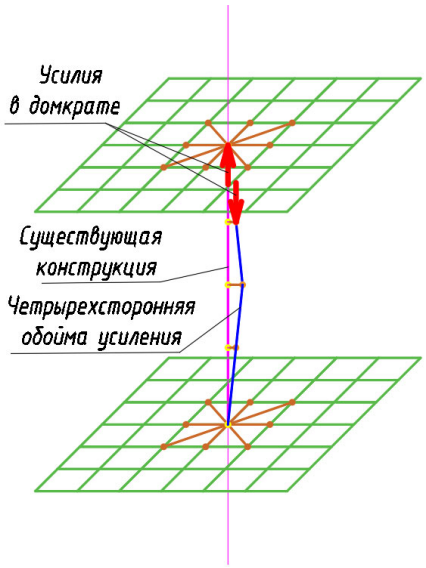


Случай №3

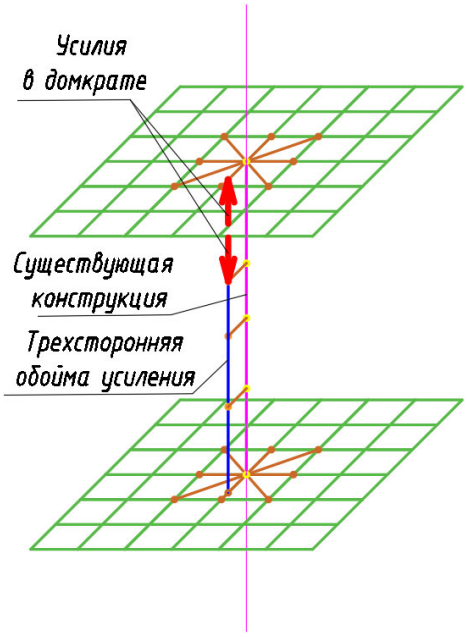
Колонна/пилон с разгрузкой домкратом

Моделирование аналогично Случаю №1 с той разницей, что обойма в верхней части «разрывается», т.е. удаляется верхний участок, где установлен домкрат. Эффект действия домкрата учитывается приложением усилия возникающего в нем в противоположных направлениях.

1) Четырехсторонняя обойма.

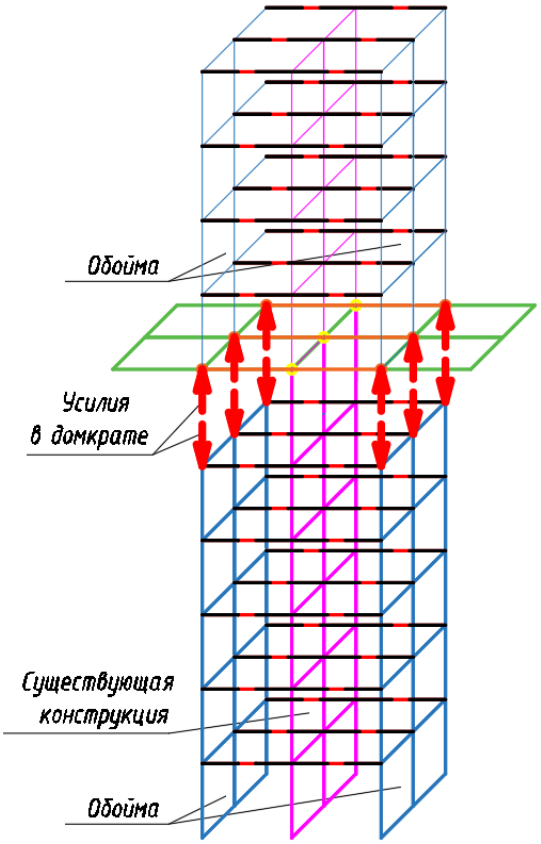


2) Трехсторонняя обойма.

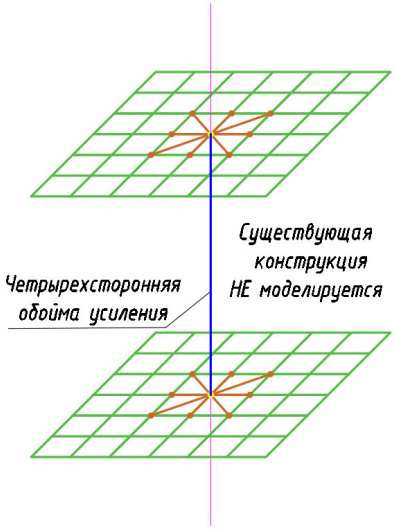


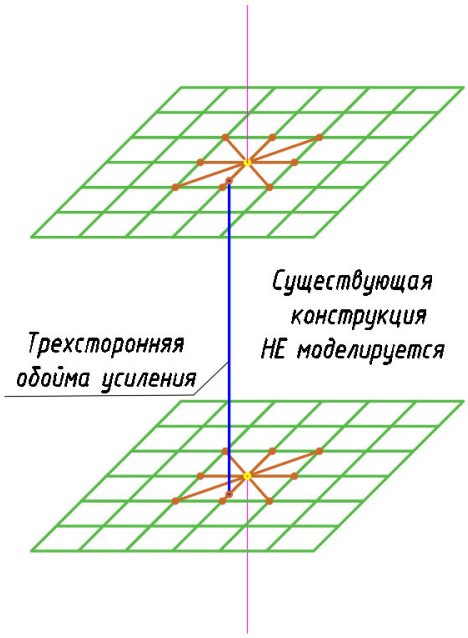
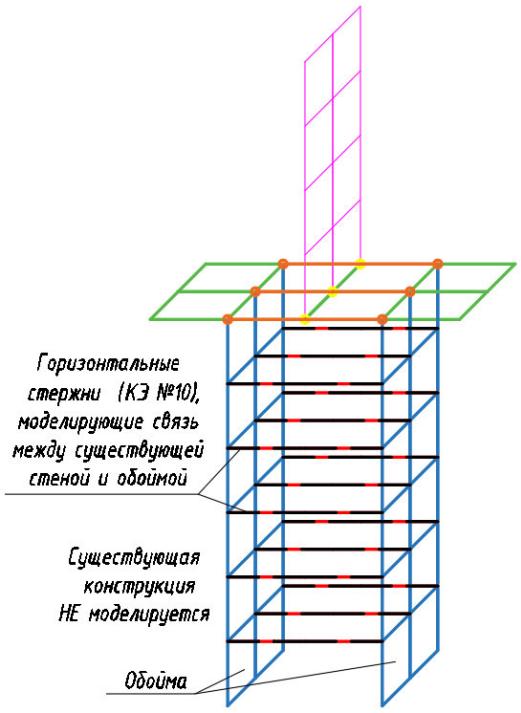
Стены с разгрузкой домкратом

Моделирование аналогично Случаю №1 с той разницей, что обойма в верхней части «разрывается», т.е. удаляется верхний участок, где установлен домкрат. Эффект действия домкрата учитывается приложением усилия возникающего в нем в противоположных направлениях.



<table>
<tr><th colspan="2">Случай №4</th></tr>
<tr><td>Колонна/пилон</td><td>Стены</td></tr>
<tr><td>При моделировании полного переопирания без «монтажа» нет смысла в моделировании существующей конструкции, моделируется только обойма.

1) Четырехсторонняя обойма.
 

2) Трехсторонняя обойма.
 
</td><td>При моделировании полного переопирания без «монтажа» нет смысла в моделировании существующей конструкции, моделируется только обойма.
 
</td></tr>
<tr><th colspan="2">Случай №5</th></tr>
<tr><td>Колонна/пилон с домкратом
См. случай №3</td><td>Стены с домкратом
См. случай №3</td></tr>
</table>

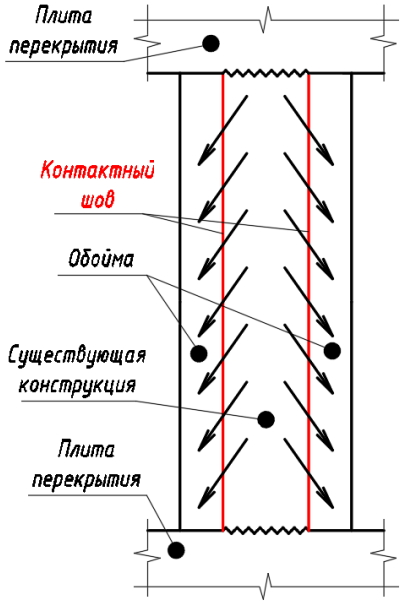
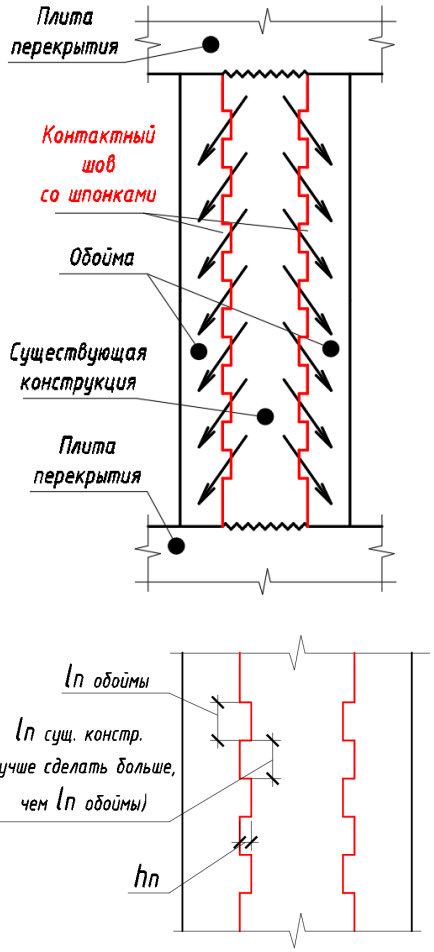
2.3. Ручные расчеты

Расчет контактного шва обоймы

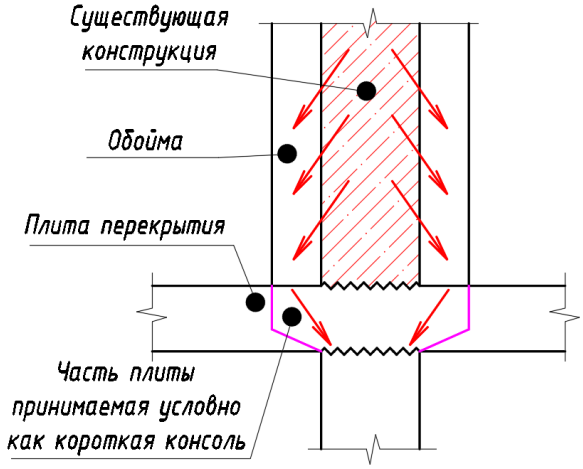
Расчет производится по СП 337.1325800.2017

Справочная таблица 15. Расчет контактных швов

Гладкая поверхность (малая шероховатость)	Шероховатая поверхность	Наличие шпонок
Поверхность бетона зачищена «черепашкой».	Поверхность бетона зачищена «черепашкой» плюс насечка диаметром 10мм глубиной 5-10мм с шагом 30х30мм или имеются пропилы штроборезом глубиной 4-5мм со средним шагом 30х30мм	Шпонки прорезают под прямым углом на глубину не менее 15мм. Длина шпонки принимается обычно в районе 50мм.
Несущая способность контактного шва определяется по формуле: $Q_{\text{шва}} = \gamma_{b,sh,j} R_{bt} A_{b,j} + \gamma_{sb,sh,j} R_{bt} R_{sj} A_{sj}$ $\gamma_{b,sh,j}$ – коэффициент принимаемый равным 0,5 (как для необработанных швов); R_{bt} – расчетное сопротивление бетона растяжению, МПа. Для внецентренного сжатия при действии момента в одной плоскости: $A_{b,j} = b\,h\,n$ – площадь контакта, м² b – ширина контакта, м h – высота контакта, м n – количество контактных поверхностей, м $\gamma_{sb,sh,j}$ – коэффициент, принимаемый равным 1,0 (МПа)$^{-1}$ A_{sj} – площадь шпилек в контактном шве, м² R_{sj} – расчетное сопротивление арматуры растяжению, МПа $Q_{\text{шва}}$ **принимают не более величины** $2R_{bt}A_{b,j}$	**Несущая способность контактного шва определяется по формуле:** $Q_{\text{шва}} = \gamma_{b,sh,j} R_{bt} A_{b,j} + \gamma_{sb,sh,j} R_{bt} R_{sj} A_{sj}$ $\gamma_{b,sh,j}$ – коэффициент принимаемый равным 1 (как для необработанных швов); R_{bt} – расчетное сопротивление бетона растяжению, МПа. Для внецентренного сжатия при действии момента в одной плоскости: $A_{b,j} = b\,h\,n$ – площадь контакта, м² b – ширина контакта, м h – высота контакта, м n – количество контактных поверхностей, м $\gamma_{sb,sh,j}$ – коэффициент, принимаемый равным 1,0 (МПа)$^{-1}$ A_{sj} – площадь шпилек в контактном шве, м² R_{sj} – расчетное сопротивление арматуры растяжению, МПа $Q_{\text{шва}}$ **принимают не более величины** $2R_{bt}A_{b,j}$	$Q_{sh,sn} = Q_{sh,n} + Q_{sh,s}$ При этом, к меньшему значению $Q_{sh,n}$ и $Q_{sh,s}$ вводится понижающий коэффициент, равный 0,5. $Q_{sh,s} = \gamma_{sb,sh,j} R_{bt} R_{sj} A_{sj}$ $\gamma_{sb,sh,j}$ – коэффициент, принимаемый равным 1,0 (МПа)$^{-1}$ A_{sj} – площадь шпилек в контактном шве, м² R_{sj} – расчетное сопротивление арматуры растяжению, МПа $Q_{sh,n}$ принимается **по наименьшему из значений:** 1) $Q_{sh,n\_\text{обоймы}} = 2R_{bt\_\text{об}} b_n l_{n\_\text{об}} n_{\text{обоймы}}$ 2) $Q_{sh,n\_\text{обоймы}} = R_{b\_\text{об}} b_n h_n n_{\text{обоймы}}$ 3) $Q_{sh,n\_\text{сущ. констр.}} = 2R_{bt\_\text{сущ.констр.}} b_n l_{n\_\text{сущ.констр.}} n_{\text{сущ.констр}}$ 4) $Q_{sh,n\_\text{сущ. констр.}} = R_{b\_\text{сущ.констр.}} b_n h_n n_{\text{сущ.констр}}$ R_{bt} – расчетное сопротивление бетона растяжению, МПа. R_b – расчетное сопротивление бетона сжатию, МПа; l_n – длина шпонок, м b_n – ширина контакта, м h_n – глубина контакта, м n – количество контактных швов, м

Гладкая поверхность (малая шероховатость)	Шероховатая поверхность	Наличие шпонок
		

Расчет перекрытия передаче нагрузки от обоймы



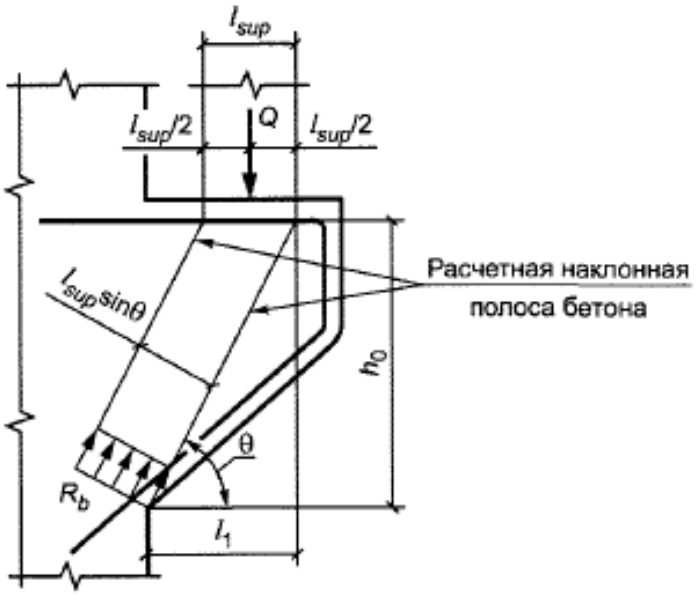


Рисунок Ж.1 СП 63.13330.2018 Расчетная схема для короткой консоли при действии поперечной силы **при наличии закладной детали под опорой**

Если обойма имеет толщину $t_{\text{обоймы}} \leq 0,9h_{0\_\text{плиты}}$, то плита может быть рассчитана как короткая консоль, в противном случае ее нужно рассчитывать как обычную плиту на поперечную силу и/или продавливание. Преимущество работы по схеме короткой консоли в том, что при этом получается несущая способность выше, чем в других случаях работы.

Условие прочности при работе на поперечную силу:

$$Q \leq 0,8R_b b l_{sup} sin^2\theta$$

$0,8R_b b l_{sup} sin^2\theta$ **принимается не более** $3,5R_{bt} b h_{0\_\text{плиты}}$ **и не менее** $2,5R_{bt} b h_{0\_\text{плиты}}$

$$Q = Q_{\text{обоймы}} + Q_{\text{плиты}}$$

Поперечное усилие $Q_{\text{обоймы}}$ в программном комплексе определяется как нормальное усилие:

- в стене по напряжениям N_y, умноженным на толщину обоймы;

- в колонне по усилиям N.

Поперечное усилие $Q_{\text{плиты}}$ определяется по изополям поперечных усилий Q_x, Q_y в плите.

R_b – расчетное сопротивление бетона сжатию

l_{sup} – длина площадки передачи нагрузки, принимаемая по толщине одной стороны обоймы

b – ширина опирания обоймы на плиту

$$sin^2\theta = \frac{h^2_{0\_\text{плиты}}}{h^2_{0\_\text{плиты}} + l_1^2}$$

Расчет болтового домкрата

1. Производится подбор количества болтов

Требуемое количество болтов/шпилек

$$n = \frac{N}{P},\ n \text{ округляется в большую сторону}$$

Проверка №1. Проверка прочности

Предельно допустимая вертикальная нагрузка на 1 болт/шпильку P определяется исходя из уравнения:

$$\frac{P}{k_{\text{затяжки}} A_{bn} R_{bt} \gamma_c} + \frac{M}{k_{\text{затяжки}} W_c R_{bt} \gamma_c} = 1$$

$$W_c = \frac{\pi d^3}{32}$$

A_{bn} – площадь болта/шпильки нетто

γ_c – коэффициент условий работы по таблице 1 СП 16.13330.2017. В запас допустимо принять 0,9.

d – диаметр болта/шпильки

$$M = 0,25d \cdot P$$

$k_{\text{затяжки}}$– коэффициент максимального натяжения болтов, принимаемый равным 0,6 (не более 60% предела текучести) Данный коэффициент одновременно учитывает неравномерность затяжки болтов и распределение на них нагрузки, а также возможность случайного превышения момента затяжки.

Проверка №2. Проверка устойчивости

Предельно допустимая вертикальная нагрузка на 1 болт/шпильку P:

$$P = k_{\text{затяжки}} \varphi_e A_{bn} R_{bt} \gamma_c$$

γ_c – коэффициент условий работы по таблице 1 СП 16.13330.2017. В запас допустимо принять 0,9.

$k_{\text{затяжки}}$– коэффициент максимального натяжения болтов, принимаемый равным 0,6

φ_e – коэффициент устойчивости при сжатии с изгибом (определяется по таблице Д.3)

A_{bn} – площадь шпильки/болта нетто

$$m_{ef} = \eta m$$

$$m = e \frac{A_{bn}}{W_c}$$

$e = \frac{M}{N} = 0,25d$ – эксцентриситет. Он возникает только при работе болта на сжатие, поскольку гайка при малейшем перекосе начинает давить только на одну половину болта. Его значение дано в запас и установлено экспериментально автором при реализации болтовых домкратов.

$$W_c = \frac{\pi d^3}{32}$$

η – коэффициент влияния формы сечения (таблица Д.2 СП 16.13330.2017)

Справочная таблица 16. Фрагмент таблицы Д.2. СП 16.13330.2017

Тип сечения	Схема сечения и эксцентри-ситет	Значения η при			
		$0 \le \bar{\lambda} \le 5$		$\bar{\lambda} > 5$	
		$0{,}1 \le m \le 5$	$5 < m \le 20$	$0{,}1 \le m \le 5$	$5 < m \le 20$
4		$(1{,}35 - 0{,}05m) - 0{,}01(5-m)\bar{\lambda}$	1,1	1,1	5

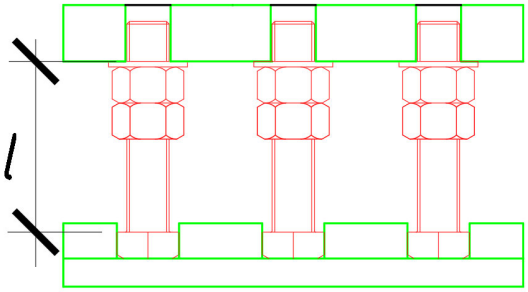
$\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{\frac{R_{byn}/\gamma_m}{E}}$ – условная гибкость стержня

$\gamma_m = 1{,}1$

$\lambda = \frac{l_0}{i}$

$l_0 = \mu l$ – расчетная длина

l – расстояние по рисунку ниже



μ – коэффициент расчетной длины, принимается равным 1, поскольку нет защемления концов болта

$i = \frac{d}{4}$ – радиус инерции

d – диаметр болта/шпильки

Справочная таблица 17. Фрагмент таблицы Г.9. СП 16. – Площадь болтов и шпилек

d, мм	16	20	24	30	36	42	48
A_b, см^2 (для расчета среза)	2,01	3,14	4,52	7,06	10,17	13,85	18,09
A_{bn}, см^2 (для расчета растяжения и сжатия)	1,57	2,45	3,53	5,61	8,16	11,20	14,72

Справочная таблица 18. Таблица Д.3 СП 16.13330.2017 – Коэффициенты устойчивости φ_e при

внецентренном сжатии сплошностенчатых стержней в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии

Условная гибкость $\bar{\lambda}$	Значение φ_e при приведенном относительном эксцентриситете m_{ef}								
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
0,5	967	922	850	782	722	669	620	577	538
1,0	925	854	778	711	653	600	563	520	484
1,5	875	804	716	647	593	548	507	470	439
2,0	813	742	653	587	536	496	457	425	397
2,5	742	672	587	526	480	442	410	383	357
3,0	667	597	520	465	425	395	365	342	320
3,5	587	522	455	408	375	350	325	303	287
4,0	505	447	394	356	330	309	289	270	256
4,5	418	382	342	310	288	272	257	242	229
5,0	354	326	295	273	253	239	225	215	205
5,5	302	280	256	240	224	212	200	192	184
6,0	258	244	223	210	198	190	178	172	166
6,5	223	213	196	185	176	170	160	155	149
7,0	194	186	173	163	157	152	145	141	136
8,0	152	146	138	133	128	121	117	115	113
9,0	122	117	112	107	103	100	098	096	093

Продолжение таблицы Д.3 СП 16.13330.2017

Условная гибкость $\bar{\lambda}$	Значение φ_e при приведенном относительном эксцентриситете m_{ef}								
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
0,5	469	417	370	337	307	280	260	237	222
1,0	427	382	341	307	283	259	240	225	209
1,5	388	347	312	283	262	240	223	207	195
2,0	352	315	286	260	240	222	206	193	182
2,5	317	287	262	238	220	204	190	178	168
3,0	287	260	238	217	202	187	175	166	156
3,5	258	233	216	198	183	172	162	153	145
4,0	232	212	197	181	168	158	149	140	135
4,5	208	192	178	165	155	146	137	130	125
5,0	188	175	162	150	143	135	126	120	117
5,5	170	158	148	138	132	124	117	112	108
6,0	153	145	137	128	120	115	109	104	100
6,5	140	132	125	117	112	106	101	097	094
7,0	127	121	115	108	102	098	094	091	087
8,0	106	100	095	091	087	083	081	078	076

Продолжение таблицы Д.3 СП 16.13330.2017

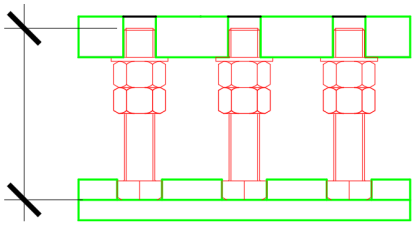
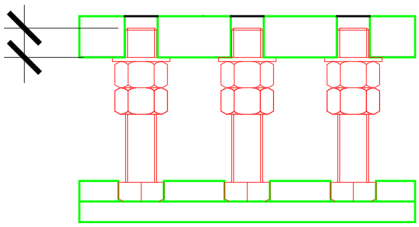
Условная гибкость $\bar{\lambda}$	Значение φ_e при приведенном относительном эксцентриситете m_{ef}							
	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20
0,5	210	183	164	150	125	106	090	077
1,0	196	175	157	142	121	103	086	074
1,5	182	163	148	134	114	099	082	070
2,0	170	153	138	125	107	094	079	067
2,5	158	144	130	118	101	090	076	065
3,0	147	135	123	112	097	086	073	063
3,5	137	125	115	106	092	082	069	060
4,0	127	118	108	098	088	078	066	057
4,5	118	110	101	093	083	075	064	055
5,0	111	103	095	088	079	072	062	053
5,5	104	095	089	084	075	069	060	051

Справочная таблица 19. Фрагмент таблицы Г.5 СП 16 – Нормативные сопротивления стали болтов

и расчетные сопротивления одноболтовых соединений растяжению, кН/см²

Класс прочности болтов	R_{byn}	R_{bt}
5.6	30,0	22,5
5.8	40,0	-
8.8	66,4	45,1
10.9	93,6	72,8
12.9	109,8	85,4

Справочная таблица 20. Рекомендованные автором длины болтов (несущая способность для такой длины указана в таблице ниже)

Диаметр резьбы, мм	16	20	24	30	36	42	48
Длина болта в конструктивном исполнении с резьбой до шляпки (о длине такой резьбы необходимо прописать в проекте!), мм 	100	120	150	180	200	220	240
Длина заведения в верхнюю пластину, мм 	20	25	30	35	40	40	40
Несущая способности (предельное усилие) в одном болте класса 8.8., кН	**14,9**	**23,3**	**33,5**	**52,7**	**76,2**	**104,1**	**136,4**
Несущая способности (предельное усилие) в одном болте класса 10.9., кН	**24,0**	**37,6**	**54,1**	**85,2**	**123,1**	**168,2**	**220,2**

2. Определяется момент затяжки болтов.

Момент затяжки болтов определяется в соответствии с РД 37.0001.131-89

Момент затяжки для работы на полную несущую способность одного болта P:

$$\boldsymbol{M_{\text{кр.}} = Q(0,161P_{\text{резьбы}} + 0,583\mu_0 d_2 + 0,25\mu_0(d_T + d_0))}$$

$\boldsymbol{Q}$ – усилие затяжки

$$\boldsymbol{Q = \frac{N}{n} k_{\text{включения}}}$$

$\boldsymbol{N}$ – общее усилие в стойке

$\boldsymbol{n}$ – количество болтов

$\boldsymbol{k_{\text{включения}} = \frac{N_{\text{факт}}}{N}}$ – коэффициент, который учитывает фактическое загружение перекрытий на момент установки стоек. Как правило, принимается равным от 0,5 до 1.

$\boldsymbol{N_{\text{факт}}}$ – усилие, которое нужно рассчитать на действующие нагрузки в момент установки стойки и создания в ней напряжения. В дальнейшем при возрастании нагрузки стойка будет уже включена в работу и будет уже сама догружена до величины полной нагрузки N.

Справочная таблица 21. Коэффициент закручивания/коэффициент трения μ_0

Обработка	РД 37.0001.131-89	ГОСТ Р 72004-2025	ГОСТ Р 70132-2022	Авторский
для резьбового соединения без покрытия и смазки	$\mu_0 = 0,14$	$\mu_0 = k = 0,14 \dots 0,2$	0,17	-
для резьбового соединения с цинковым покрытием	$\mu_0 = 0,13$	$\mu_0 = k = 0,11 \dots 0,2$		
Со смазкой WD-40	-	-	-	μ_0=0,06

$\boldsymbol{d_0}$ – диаметр отверстия

$\boldsymbol{d_T}$ - диаметр опорной поверхности гайки

$\boldsymbol{P_{\text{резьбы}}}$- шаг резьбы

$\boldsymbol{d_2 = d - 0,649519053P}$ – средний диаметр резьбы

Справочная таблица 22. Характерные размеры

Диаметр болта/шпильки d, мм	**16**	**20**	**24**	**30**	**36**	**42**	**48**
Диаметр отверстия d_0, мм	18	22	26	33	39	45	56
Шаг резьбы P, мм	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Диаметр опорной поверхности гайки класса 8 (шпилька 8.8) $d_T = S$, мм	24	30	36	46	55	65	75
Диаметр опорной поверхности гайки класса 10 (шпилька 10.9.) $d_T = S$, мм	26.16...27	33...34	40...41	49...50	58.8...60	63.1...65	73.1...75

Справочная таблица 23. Момент затяжки для болтов класса 8.8 при максимально допустимых усилиях при максимальной N при $k_{\text{включения}} = 1$

№ п/п	Диаметр шпильки, d, мм	**Класс шпилек**	Коэффициент закручивания μ_0	Усилие в шпильке, кН	**Момент затяжки, Н*м**
1	16	**8.8**	0,13	14,9	**44**
2	20	**8.8**	0,13	23,3	**85**
3	24	**8.8**	0,13	33,5	**145**
4	30	**8.8**	0,13	52,7	**288**
5	36	**8.8**	0,13	76,2	**493**
6	42	**8.8**	0,13	104,1	**783**
7	48	**8.8**	0,13	136,4	**1220**

Справочная таблица 24. Момент затяжки для болтов класса 10.9 при максимально допустимых усилиях при максимальной N при $k_{\text{включения}} = 1$

№ п/п	Диаметр шпильки, d, мм	**Класс шпилек**	Коэффициент закручивания μ_0	Усилие в шпильке, кН	**Момент затяжки, Н*м**
1	16	**10.9**	0,13	24,0	**73**
2	20	**10.9**	0,13	37,6	**141**
3	24	**10.9**	0,13	54,1	**243**
4	30	**10.9**	0,13	85,2	**475**
5	36	**10.9**	0,13	123,1	**813**
6	42	**10.9**	0,13	168,2	**1259**
7	48	**10.9**	0,13	220,2	**1962**

3. Усиление стальной обоймой

3.1. Суть метода и особенности конструирования

Автор различает следующие случаи усиления:

Случай №1. Работа обоймы и на сжатие с изгибом с полной передачей нагрузки на обойму.

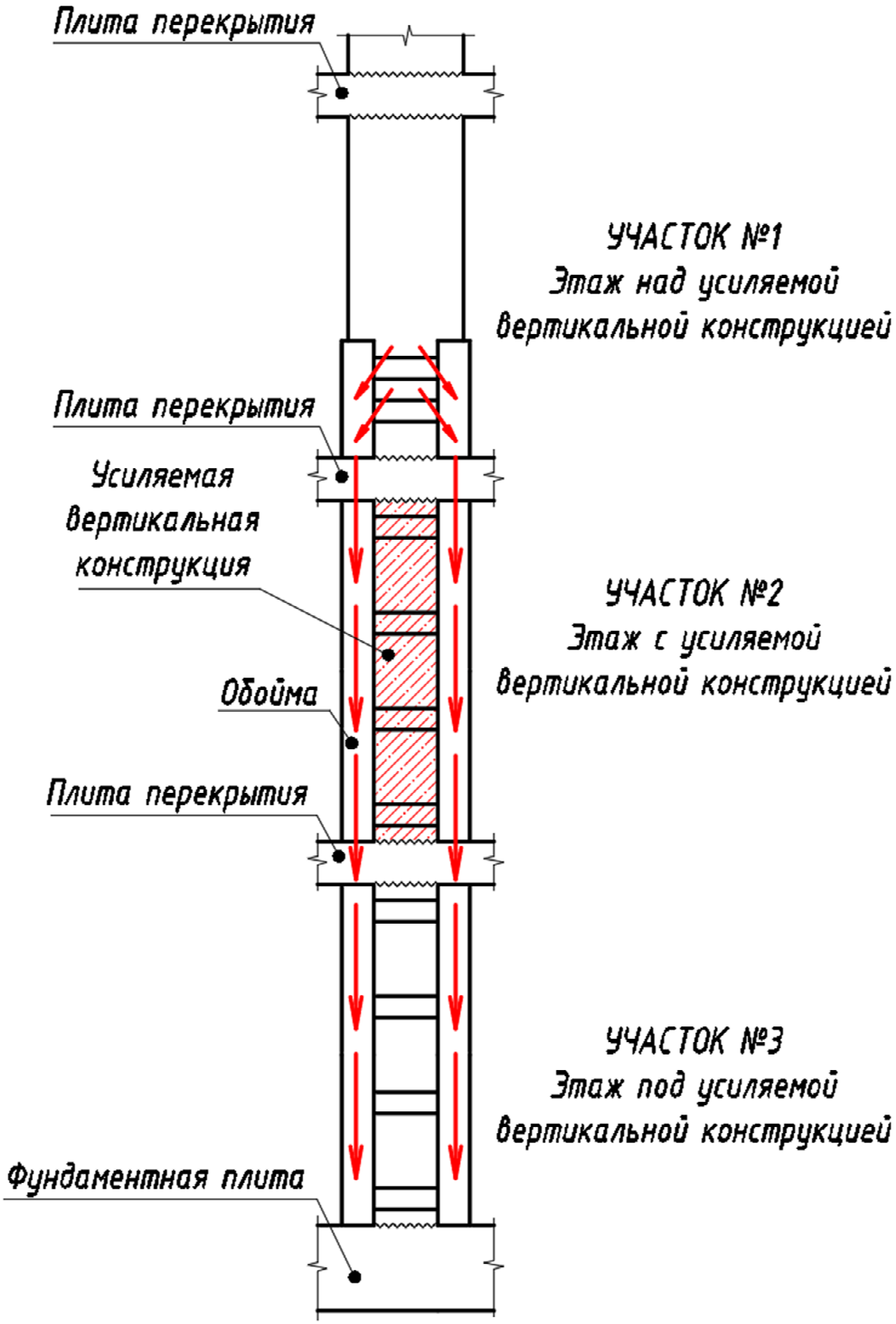
Обойма включается в работу в момент потери несущей способности усиляемой конструкции. Данная расчетная предпосылка идет в запас. Безусловно какой-то процент нагрузки существующая конструкция будет воспринимать, но при невозможности учесть все факторы влияния дефектов расчет необходимо вести именно так.

Случай №2. Работа обоймы на сжатие с изгибом с частичной передачей нагрузки на обойму.

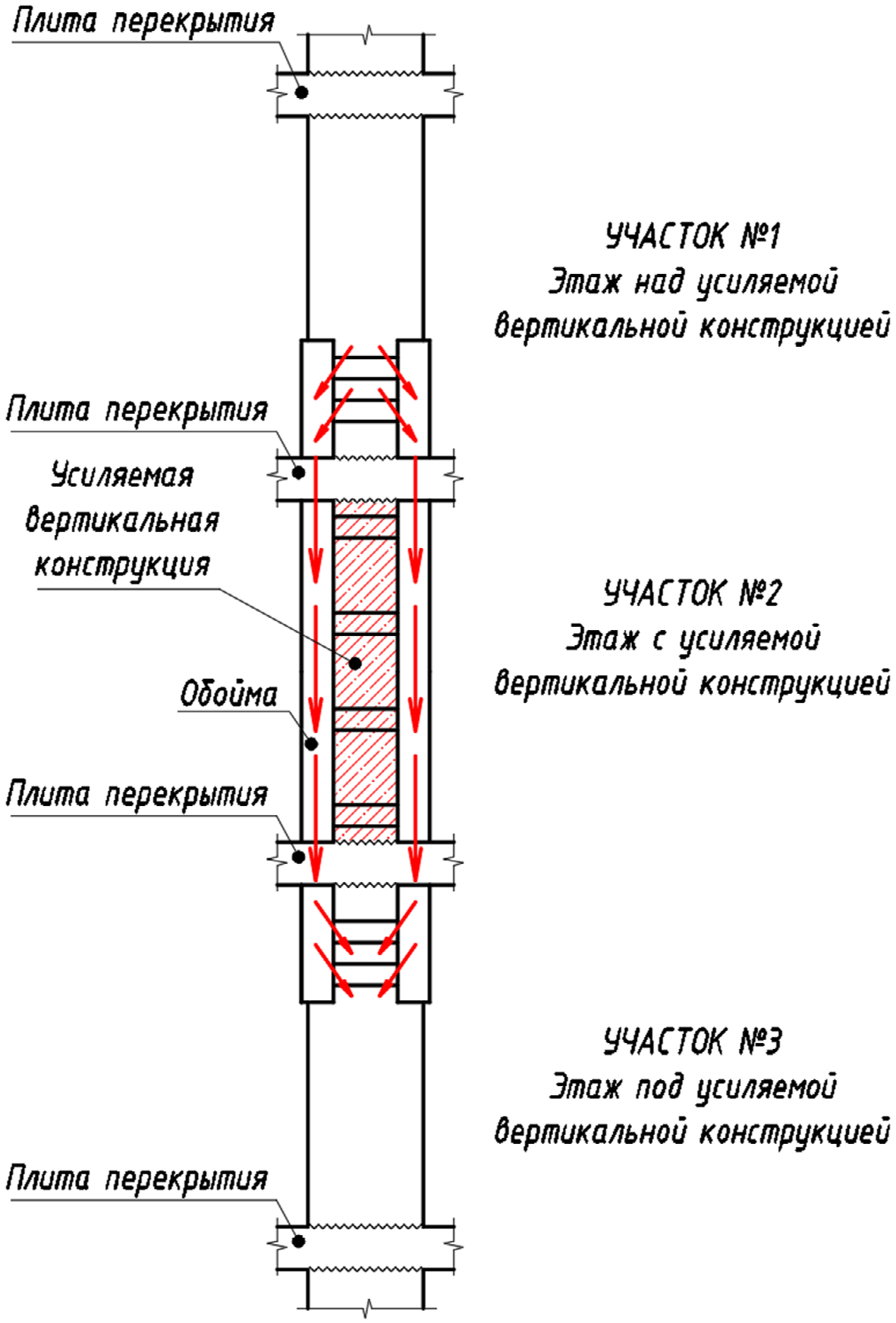
В этом случае не произошло дефектов существенно снизивших несущую способность конструкции.

Случай №3. Работа обоймы только на сжатие и растяжение с дополнительным включением ее в работу домкратом.

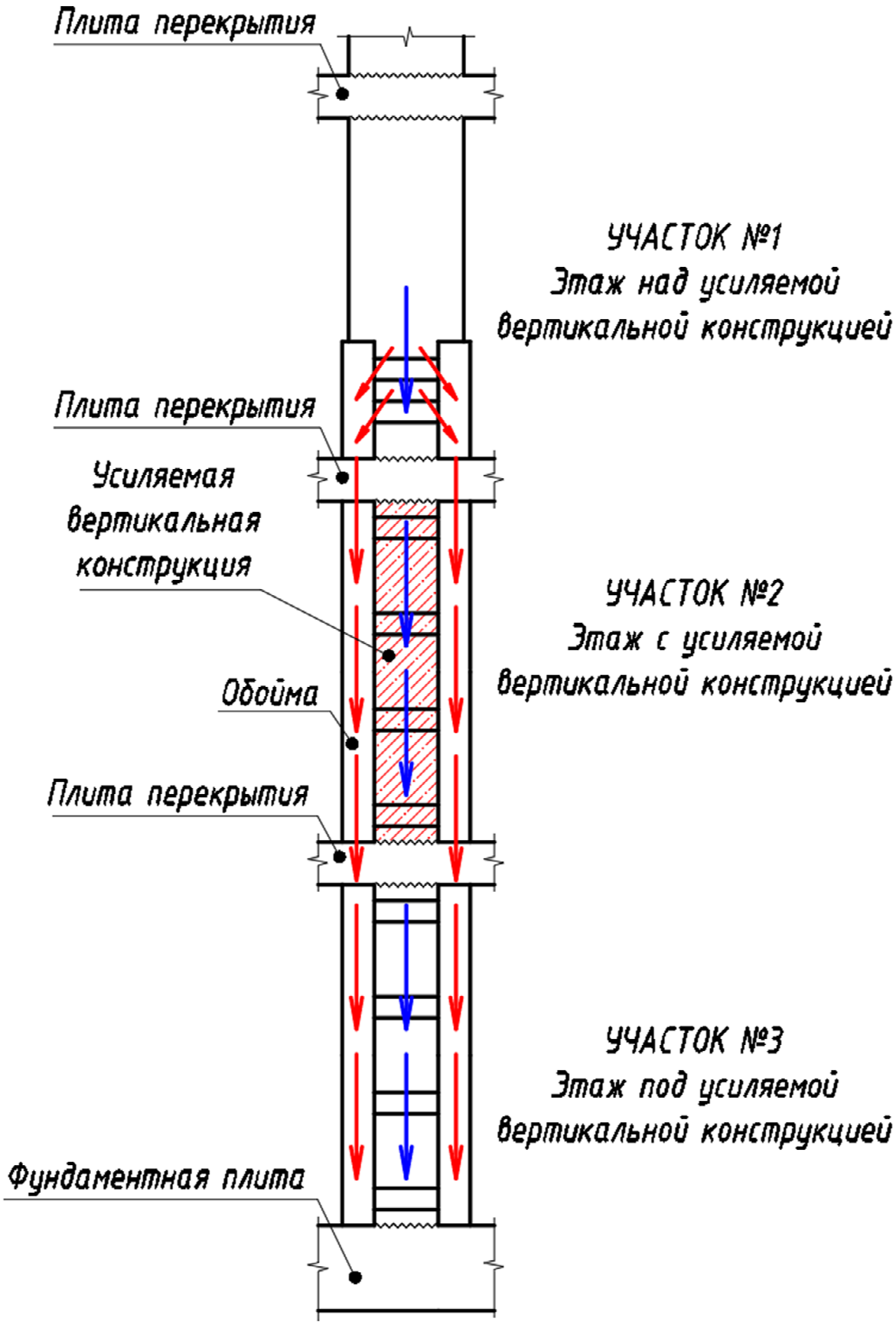
Случай №1. Вариант передачи нагрузки №1.



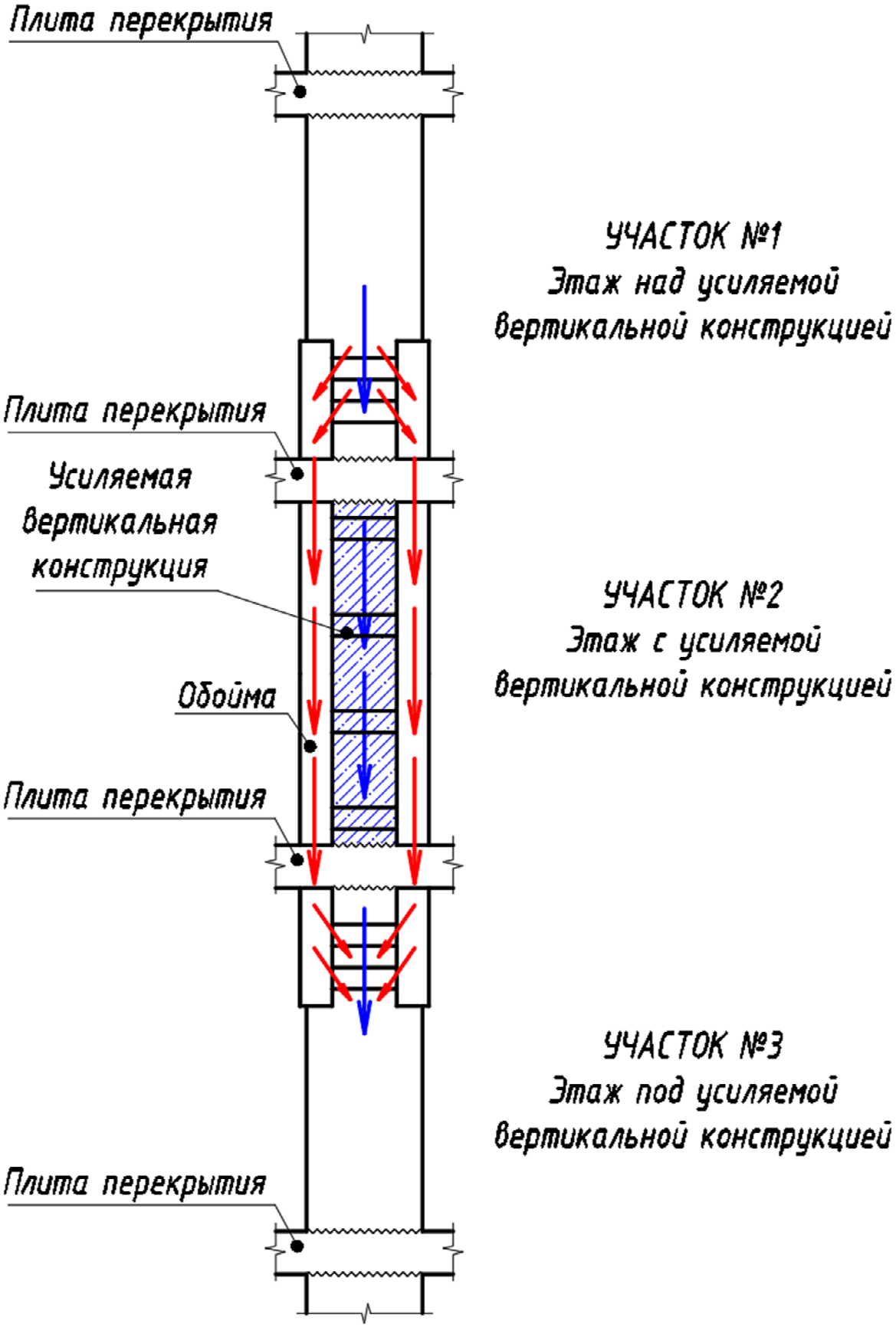
Случай №1. Вариант передачи нагрузки №2.



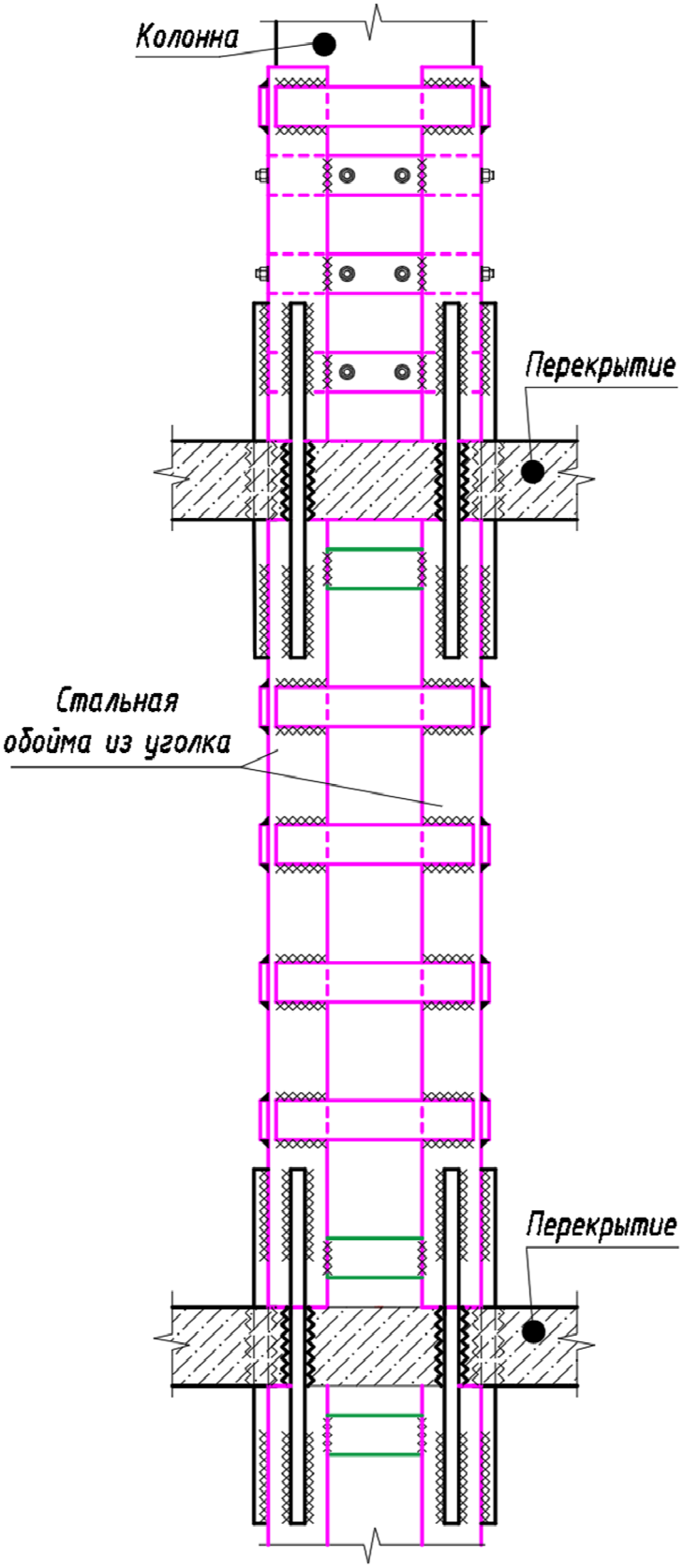
Случай №2. Вариант передачи нагрузки №1.



Случай №2. Вариант передачи нагрузки №2.

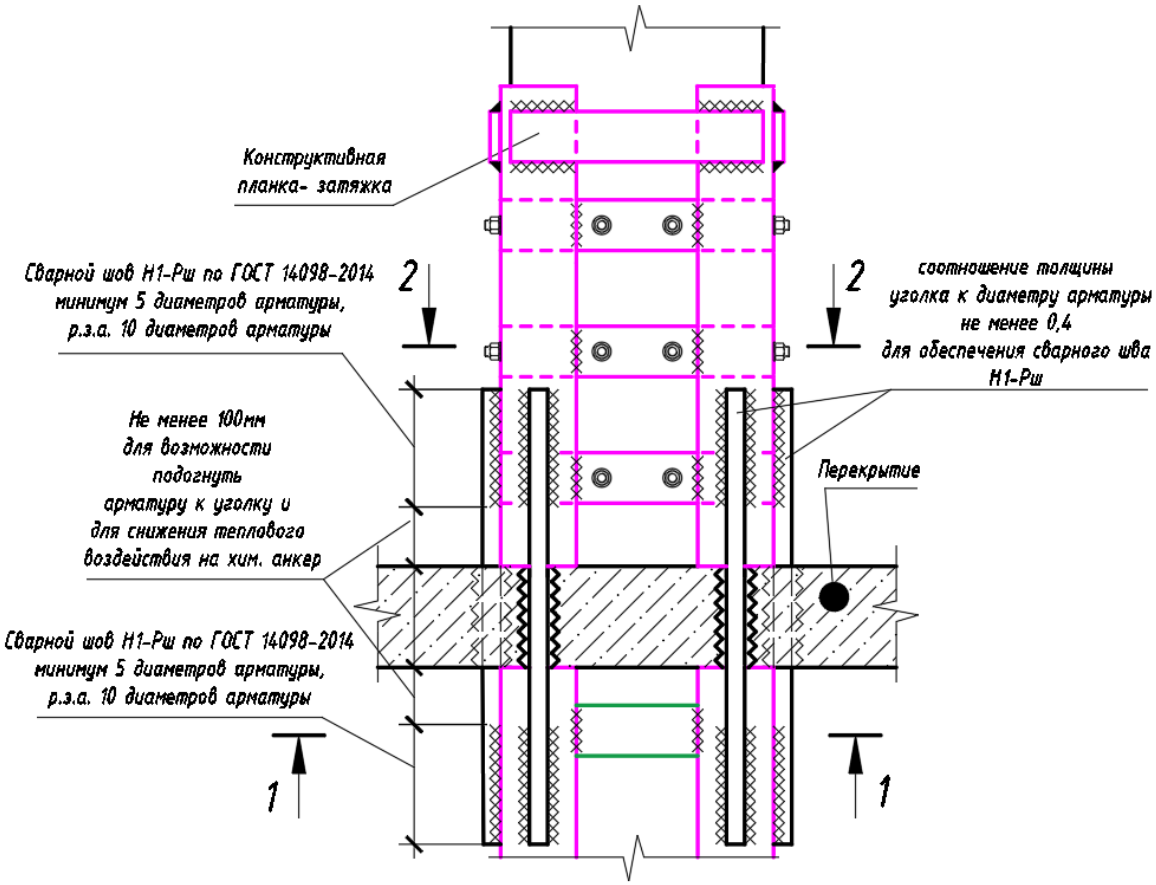


Общий вид конструктивного решения. Вариант №1.

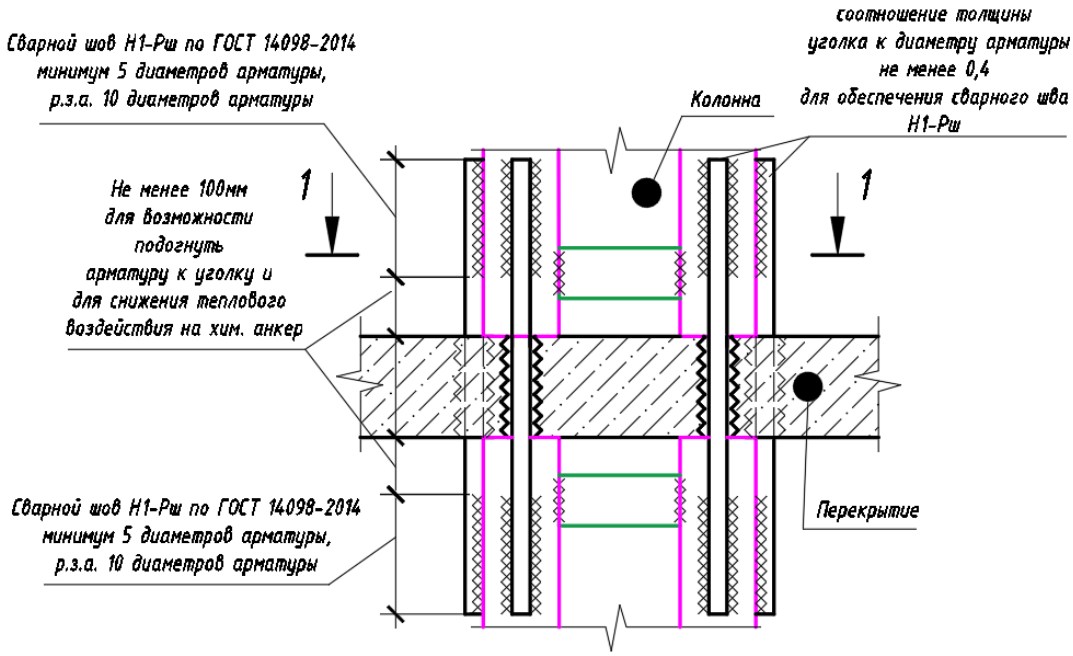


Верхний узел.

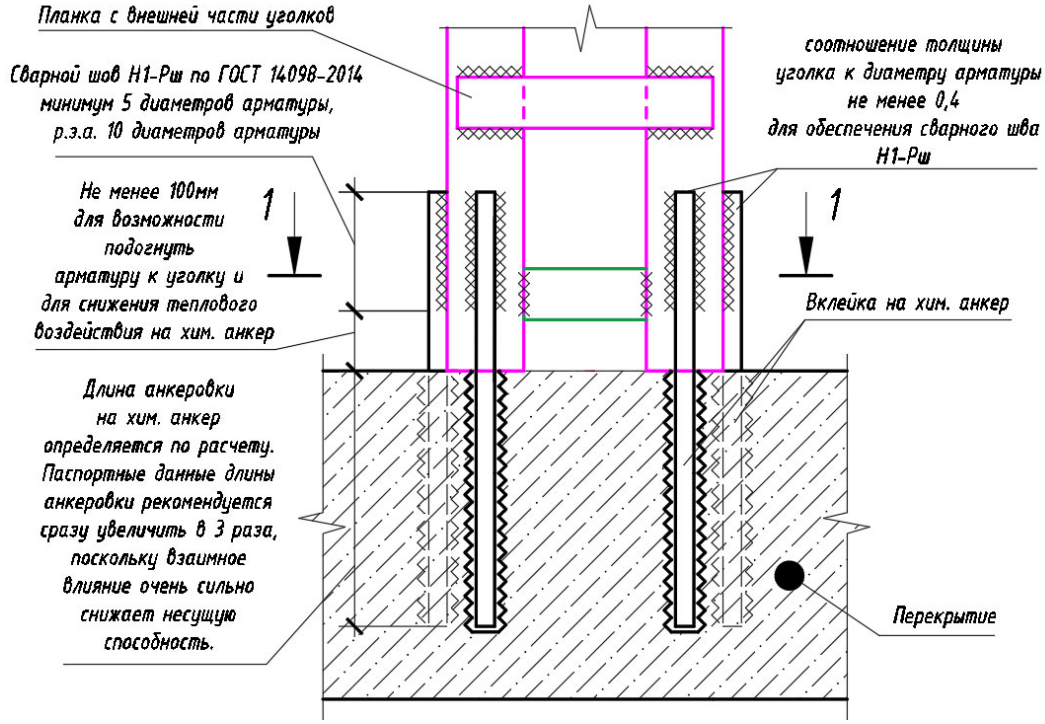
Нижний узел при опирании на плиту принимается по аналогии верхнего.

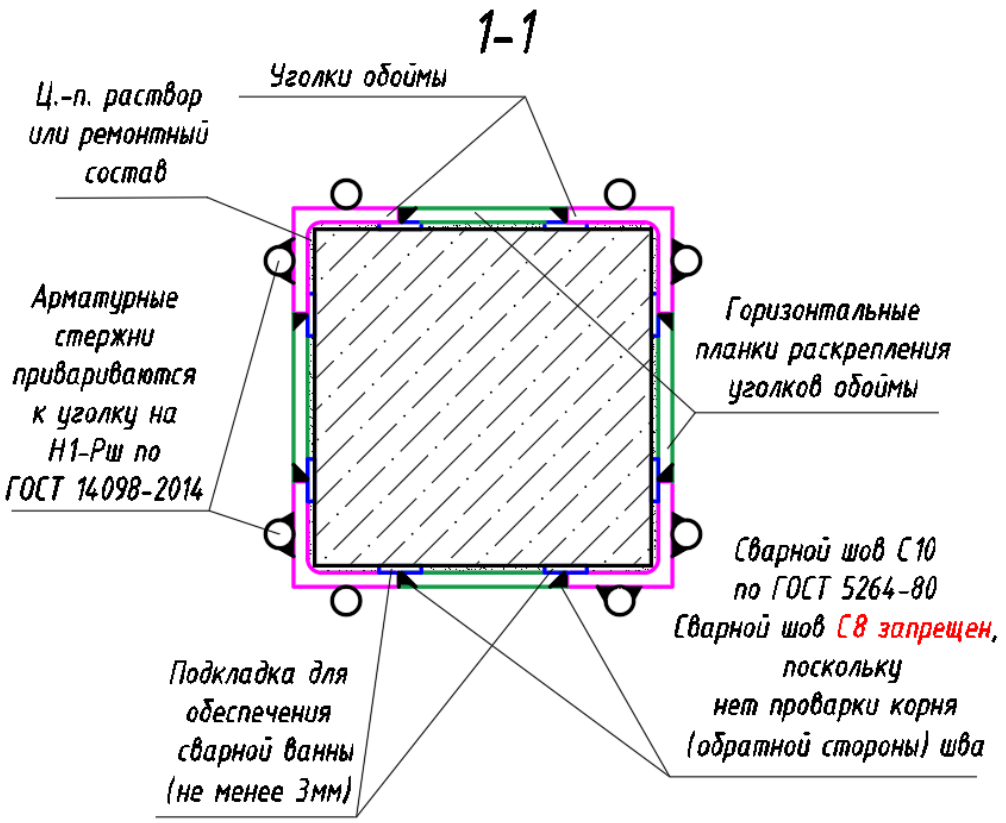


Промежуточный узел

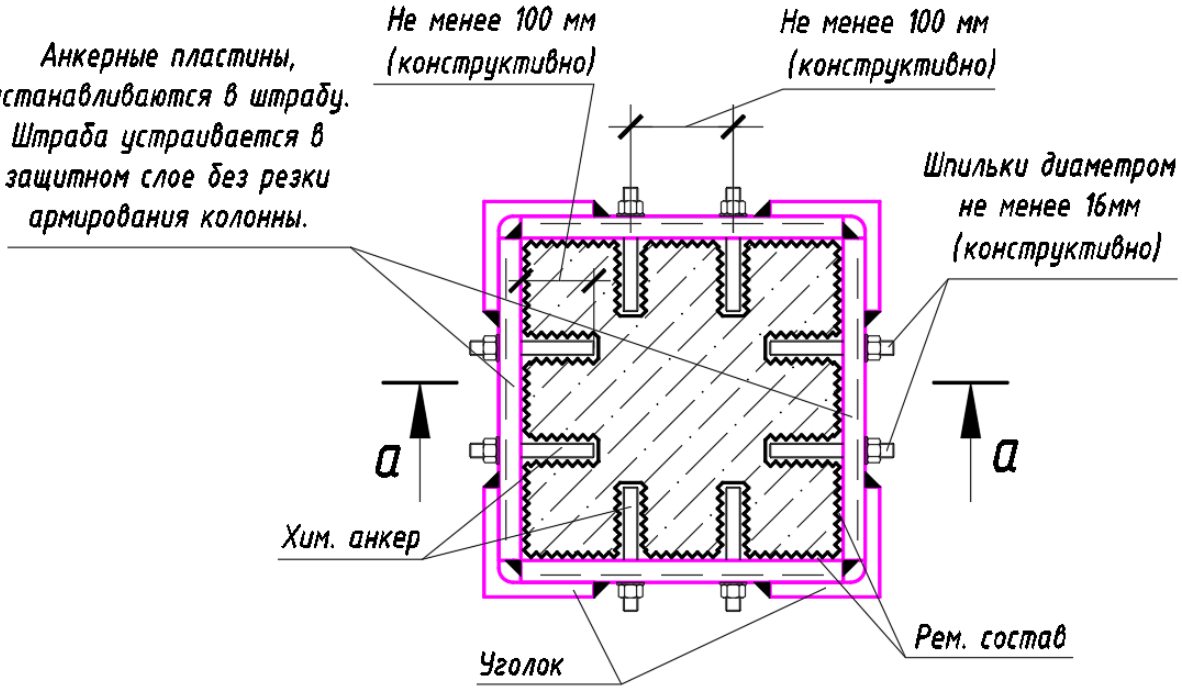


Нижний узел при опирании на фундаментную плиту

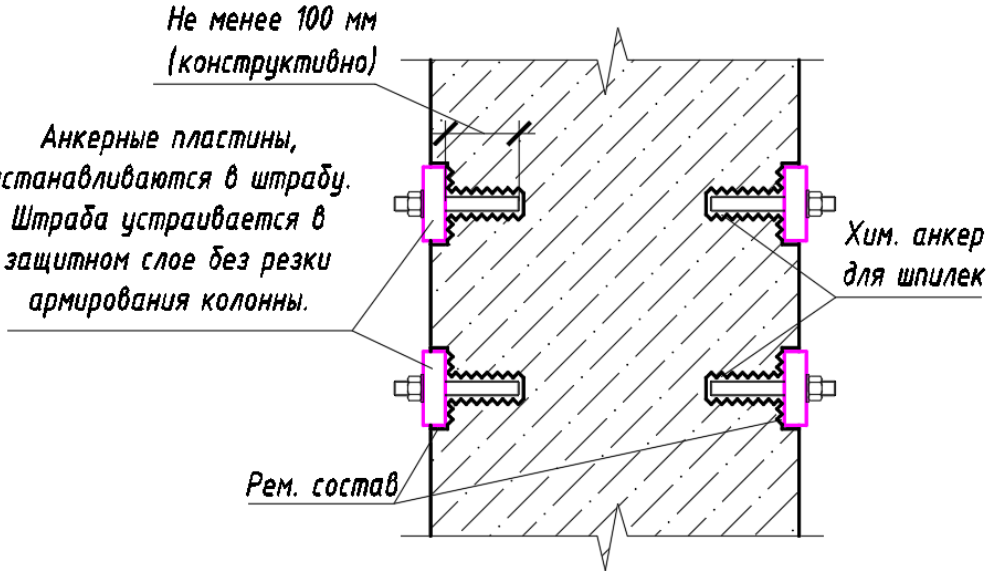




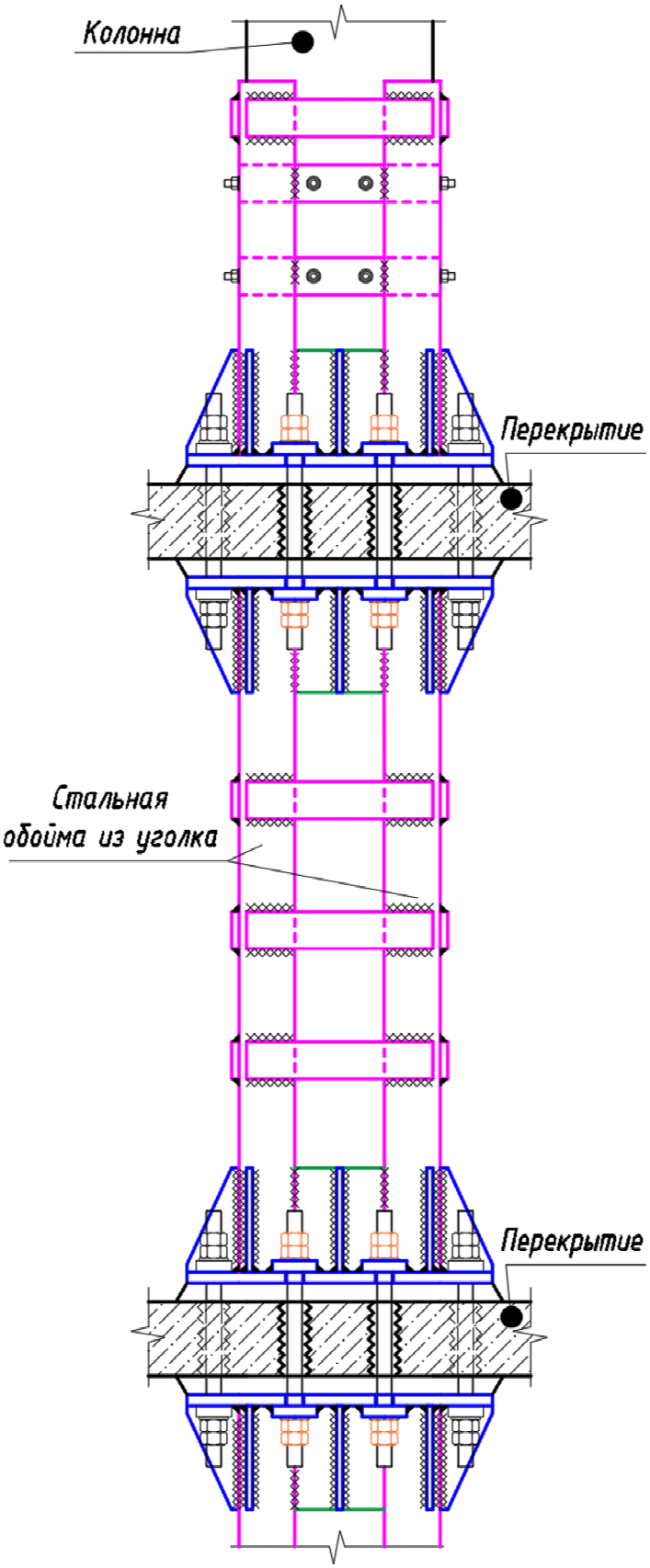
2-2


Не менее 100 мм
(конструктивно)
Не менее 100 мм
(конструктивно)
Анкерные пластины,
устанавливаются в штрабу.
Штраба устраивается в
защитном слое без резки
армирования колонны.
Шпильки диаметром
не менее 16мм
(конструктивно)
а
а
Хим. анкер
Рем. состав
Уголок

а-а

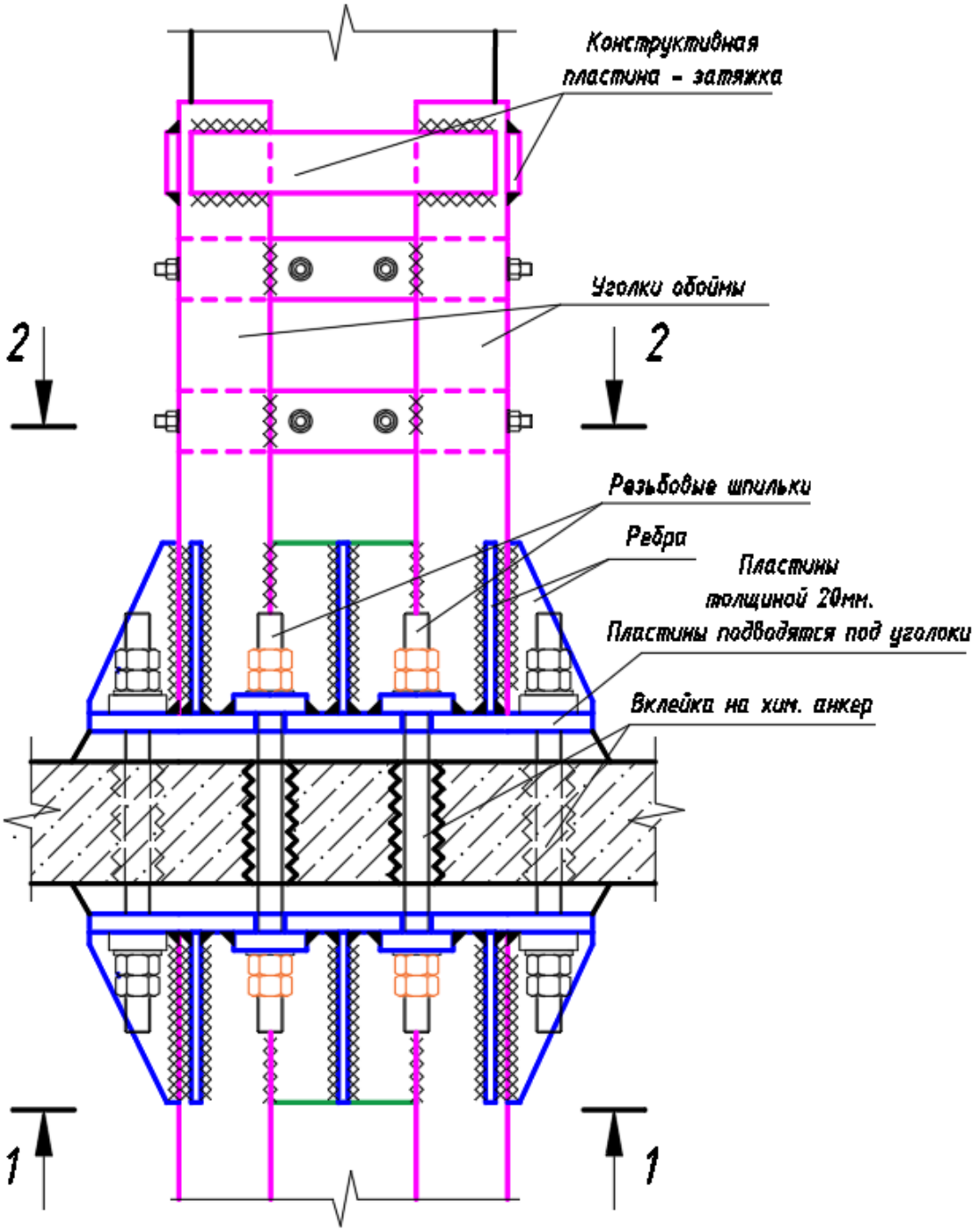

Не менее 100 мм
(конструктивно)
Анкерные пластины,
устанавливаются в штрабу.
Штраба устраивается в
защитном слое без резки
армирования колонны.
Хим. анкер
для шпилек
Рем. состав

Общий вид конструктивного решения. Вариант №2.

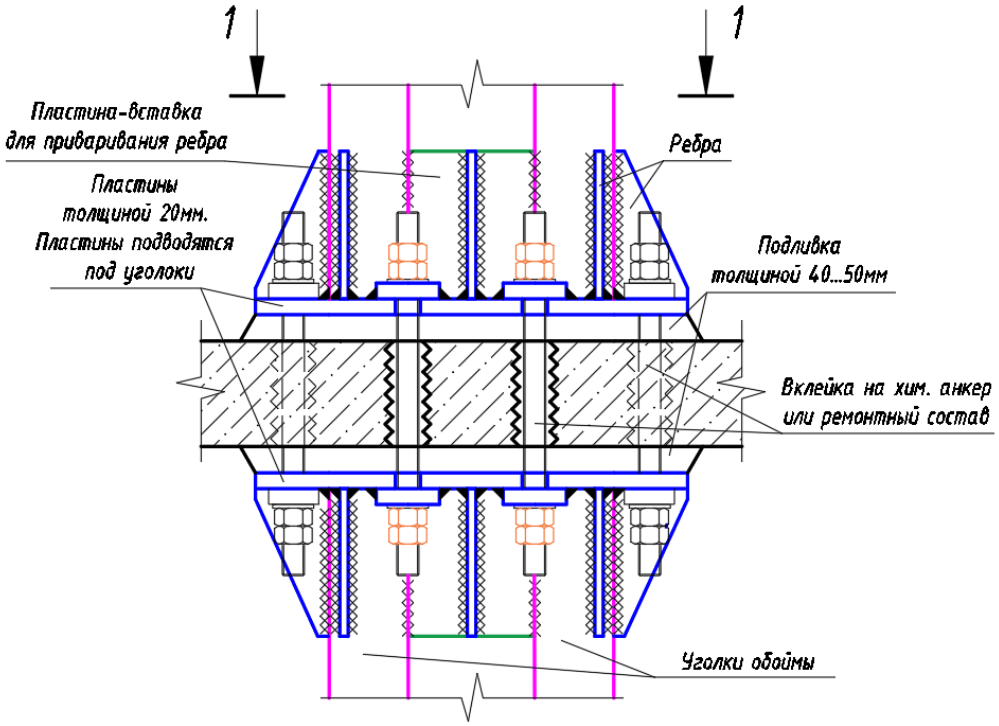


Верхний узел.

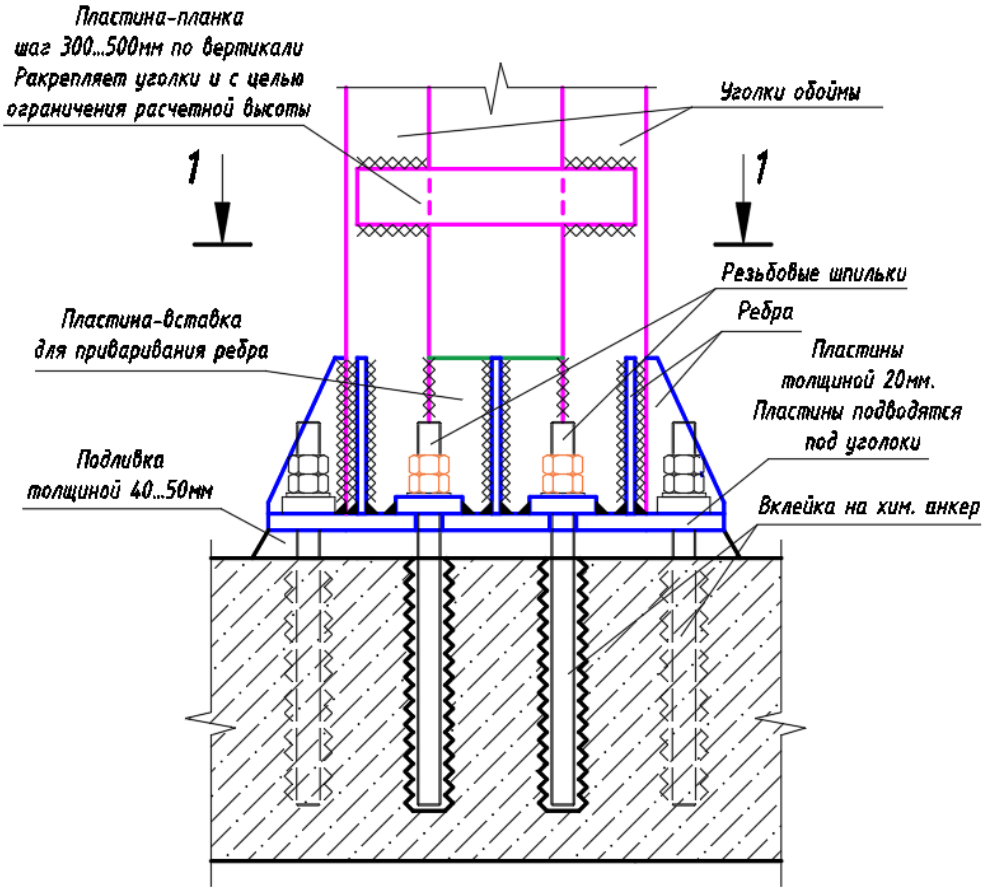
Нижний узел при опирании на плиту принимается по аналогии верхнего.



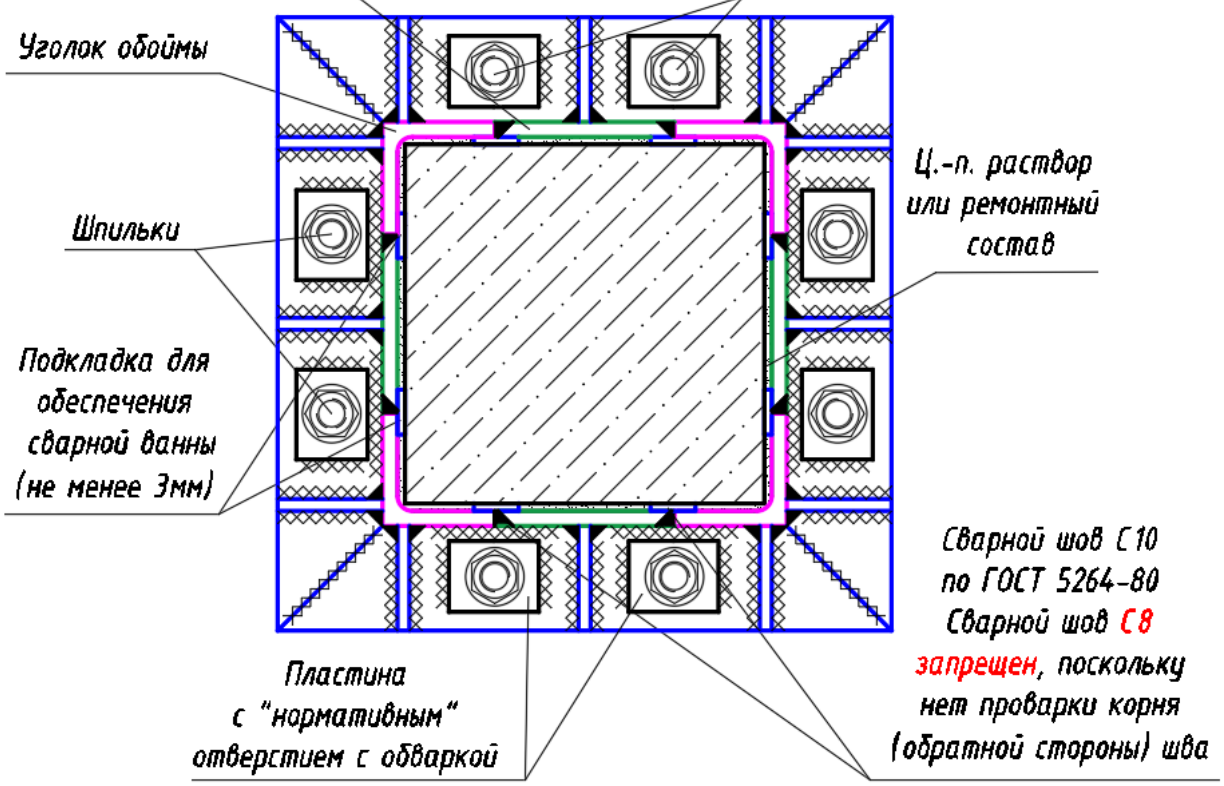
Промежуточный узел



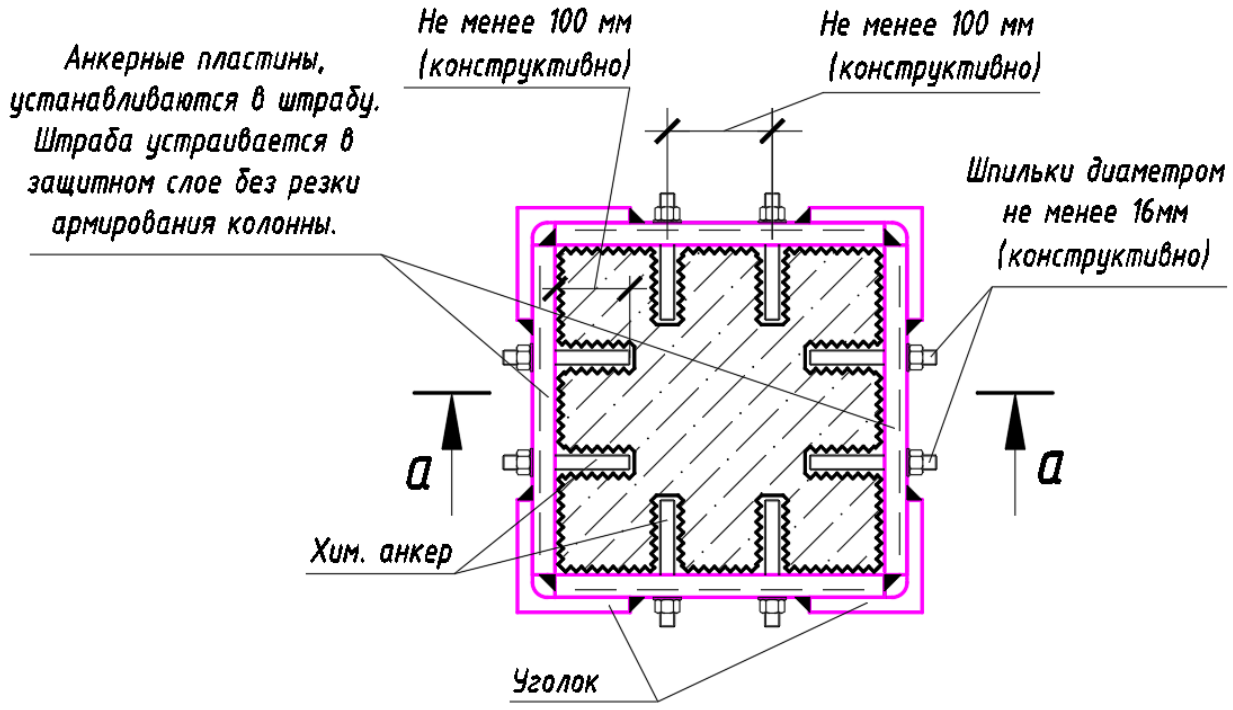
Нижний узел при опирании на фундаментную плиту

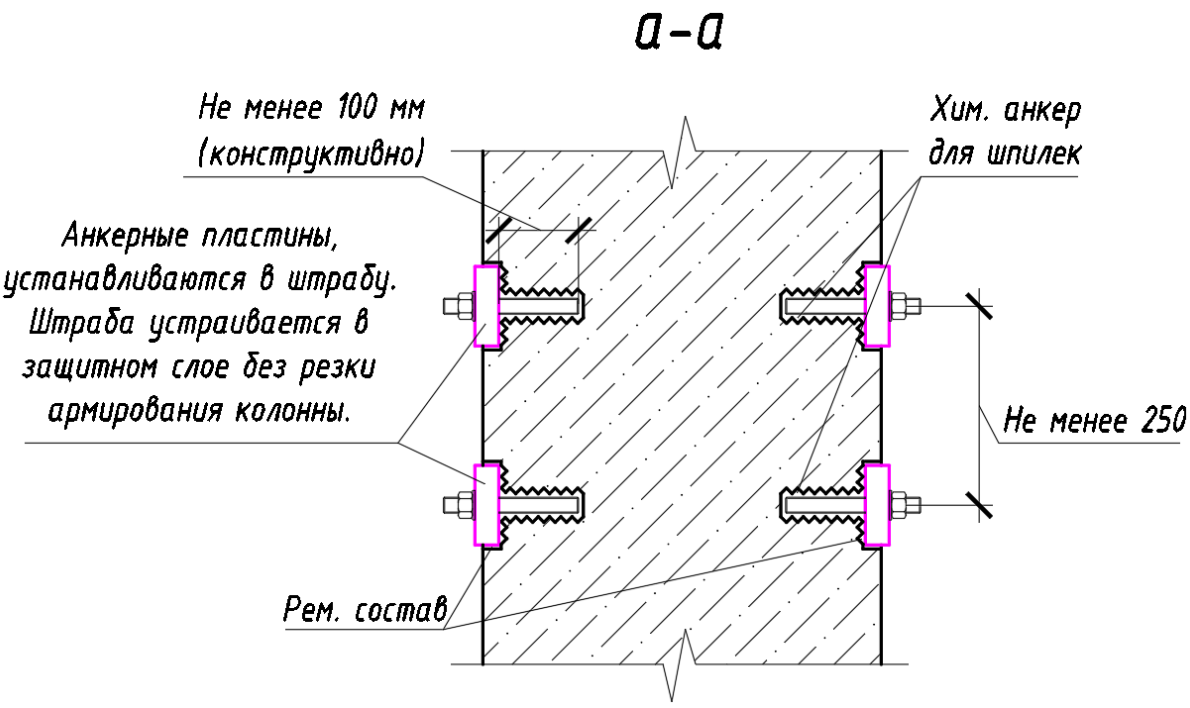


1-1

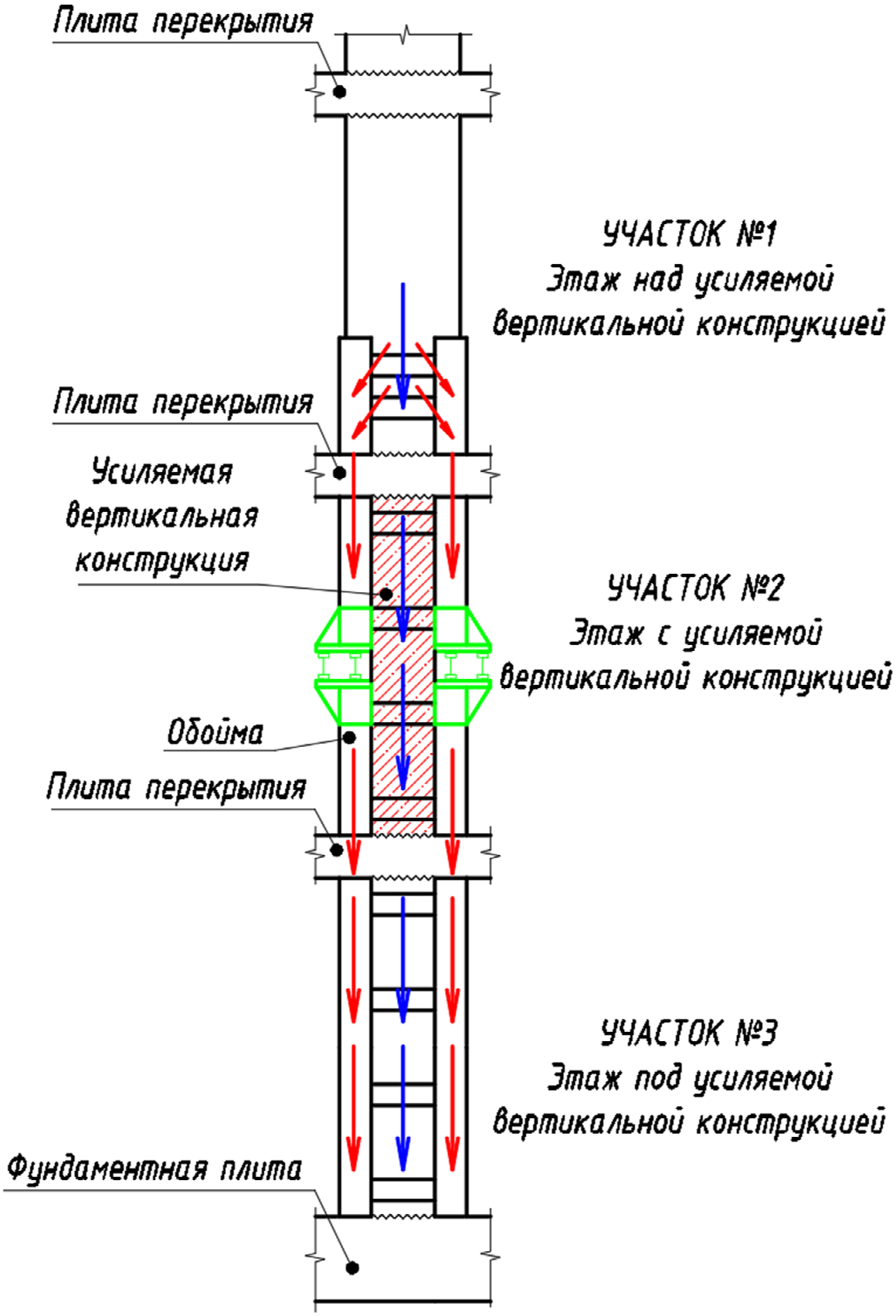

Пластина-вставка для приваривания ребра
Отверстие в опорной пластине для возможности сдвижки анкера принимается равным 2...2,5 диаметра арматуры
Уголок обоймы
Ц.-п. раствор или ремонтный состав
Шпильки
Подкладка для обеспечения сварной ванны (не менее 3мм)
Сварной шов С10 по ГОСТ 5264-80
Сварной шов С8 запрещен, поскольку нет проварки корня (обратной стороны) шва
Пластина с "нормативным" отверстием с обваркой

2-2

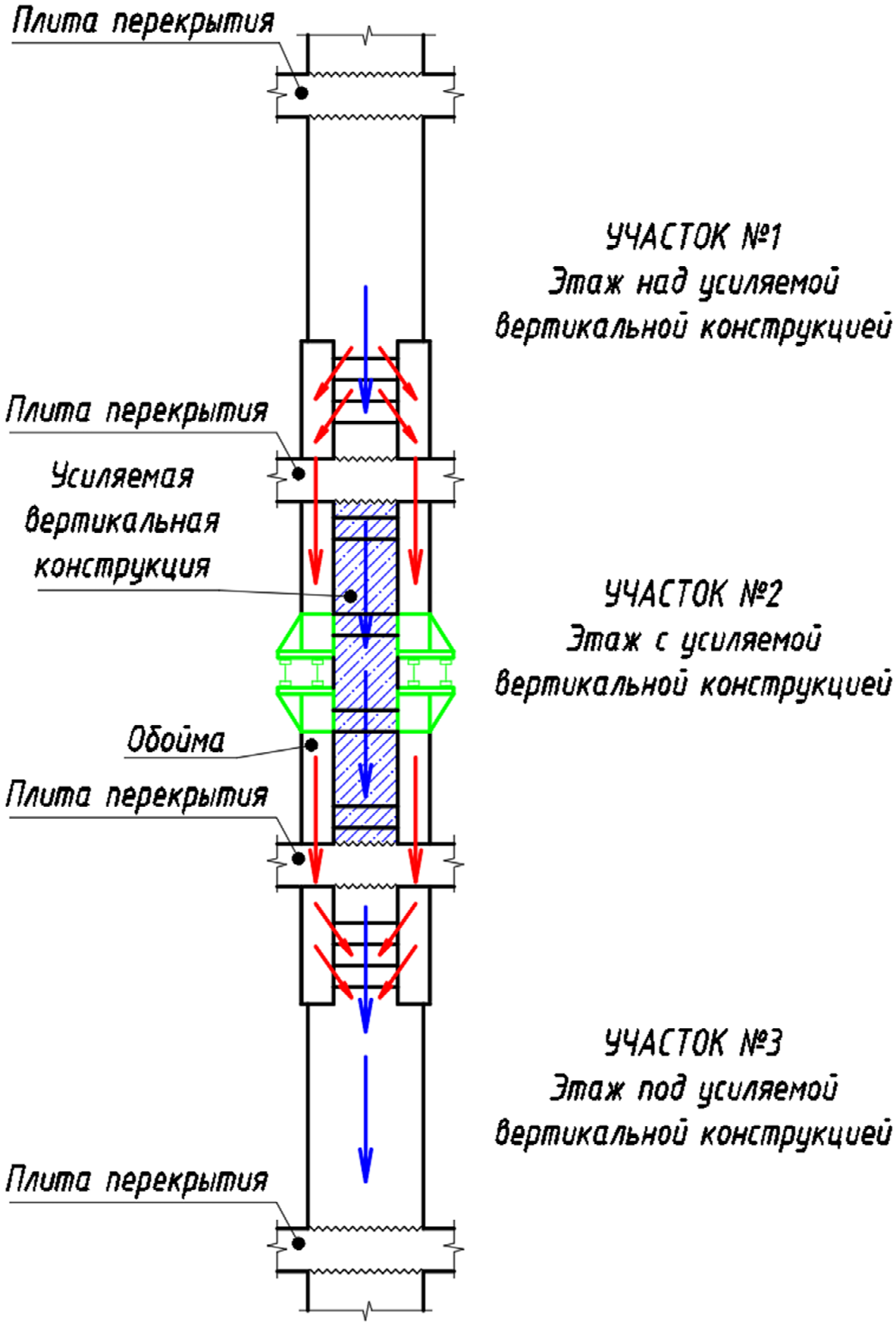

Анкерные пластины, устанавливаются в штрабу. Штраба устраивается в защитном слое без резки армирования колонны.
Не менее 100 мм (конструктивно)
Не менее 100 мм (конструктивно)
Шпильки диаметром не менее 16мм (конструктивно)
а
а
Хим. анкер
Уголок


а-а
Не менее 100 мм
(конструктивно)
Хим. анкер
для шпилек
Анкерные пластины,
устанавливаются в штрабу.
Штраба устраивается в
защитном слое без резки
армирования колонны.
Не менее 250
Рем. состав

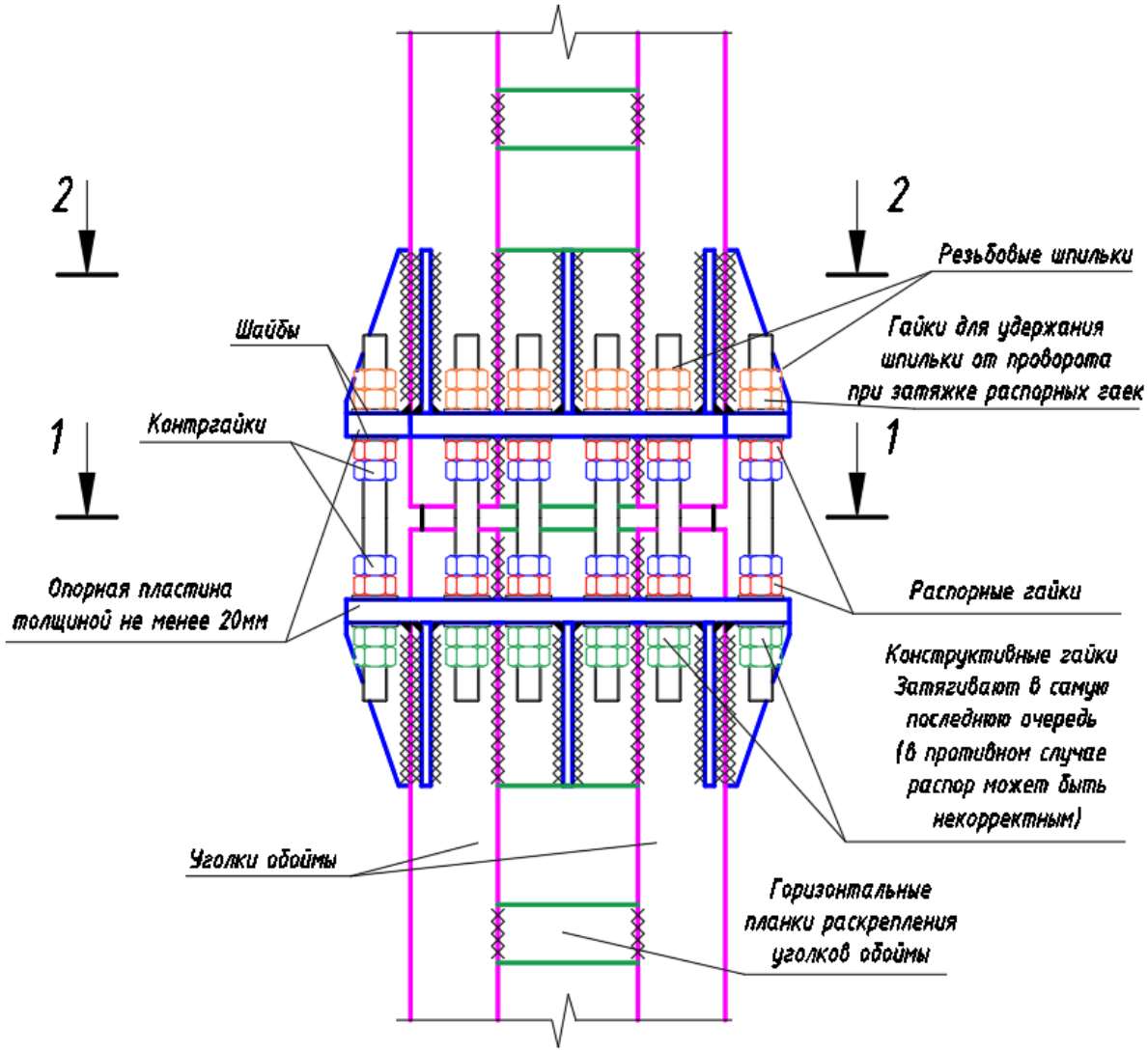
Случай №3. Вариант передачи нагрузки №1.



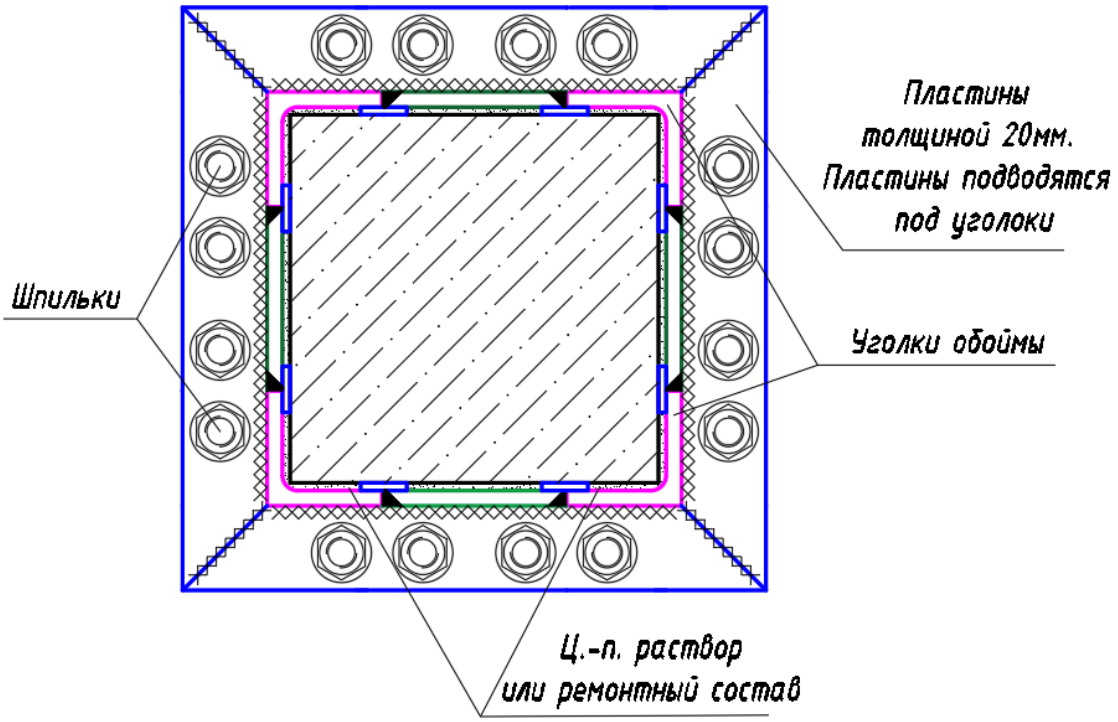
Случай №3. Вариант передачи нагрузки №2.



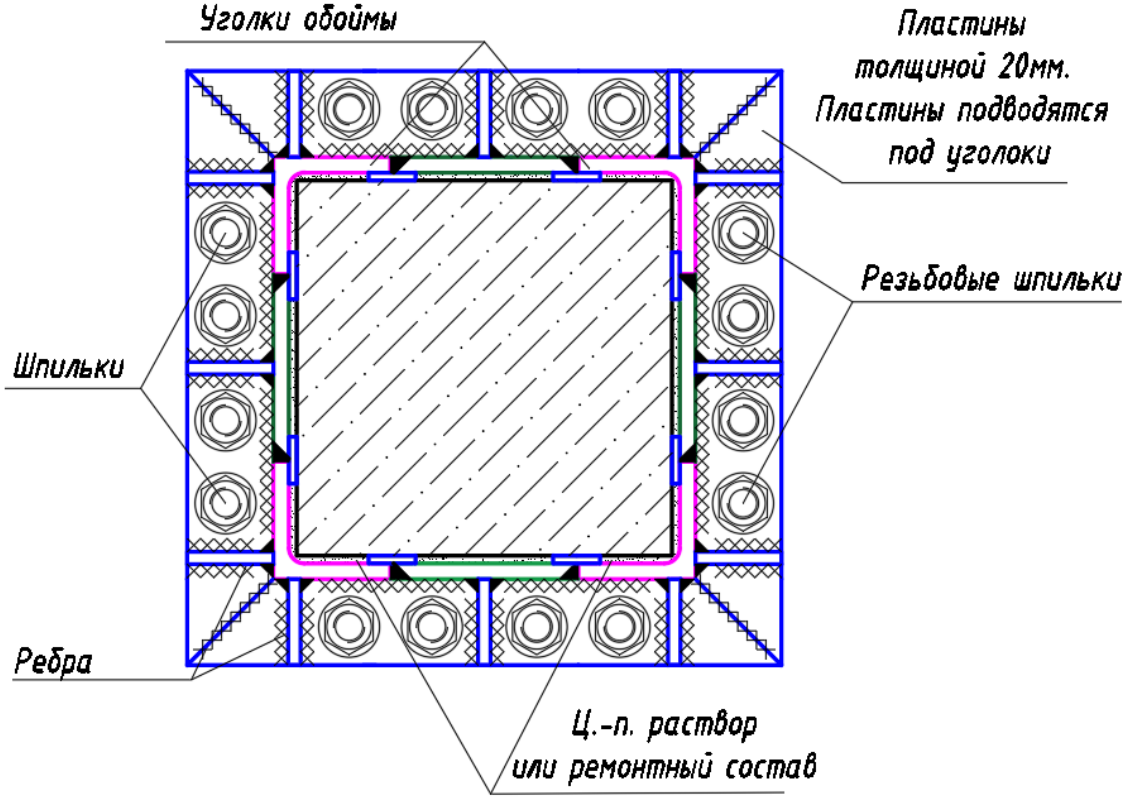
Узлы домкрата, позволяющие включить обойму в работу



1-1


Пластины
толщиной 20мм.
Пластины подводятся
под уголки
Шпильки
Уголки обоймы
Ц.-п. раствор
или ремонтный состав

2-2


Уголки обоймы
Пластины
толщиной 20мм.
Пластины подводятся
под уголки
Резьбовые шпильки
Шпильки
Ребра
Ц.-п. раствор
или ремонтный состав

3.2. Моделирование в программе

Вид усиления в зависимости от:

1) Результатов обследования и наличия дефектов. Иногда сами дефекты заставляют проектировать обойму на полное восприятие нагрузки/усилия от существующей конструкции.

2) Результатов расчета и методики расчета, а также конструктивных мероприятий по включению обоймы. Если, например, у существующей конструкции коэффициент использования равен 1,5, то имеет смысл сразу проектировать домкрат или полное переопирание.

Справочная таблица 25. Вид усиления в зависимости от использования методики расчета и конструктивных мероприятий.

Точный **Учет момента включения конструкции усиления в системе «Монтаж»**			**Упрощенный** **Расчет по единомоментно созданной схеме (расчет без системы «Монтаж»)**	
Случай №1	**Случай №2**	**Случай №3**	**Случай №4**	**Случай №5**
Армирования в существующей конструкции **достаточно с учетом усиления без дополнительных мероприятий по включению усиления в работу.**	армирования в существующей конструкции **недостаточно с учетом усиления, при этом дополнительных мероприятий по включению усиления в работу нет.**	армирования в существующей конструкции **достаточно с учетом усиления при этом есть дополнительные мероприятий по включению усиления в работу** (домкрат в усилении или разгрузочные преднапряженные стойки)	**Нет мероприятий** по включению усиления работу.	**Есть мероприятия** по включению усиления в работу (домкрат в усилении или разгрузочные преднапряженные стойки).
Нагрузку/усилие воспринимает и существующая конструкция и конструкция усиления. Процент распределения нагрузки по расчету.	Полная передача нагрузки/усилия на конструкцию усиления. Существующая конструкция исключается (удаляется) из расчета.	Нагрузку/усилие воспринимает и существующая конструкция и конструкция усиления. Процент распределения нагрузки по расчету.	Полная передача нагрузки/усилия на конструкцию усиления. Существующая конструкция исключается (удаляется) из расчета.	Нагрузки/усилия воспринимает и существующая конструкция и конструкция усиления. Поскольку не учитывается «монтаж», разгрузка существующей конструкции должна производиться до уровня (р.з.а) не более 25% от общей нагрузки, т.е. домкрат и обойма должны быть запроектированы на 75% от общей нагрузки.

Моделирование для Случая №1 в системе «Монтаж» должно включать в себя следующие этапы:

1. Создание текущего НДС системы с нагрузками, которые будут действовать в момент производства усиления. Т.е. остаются только те нагрузки, которые останутся в здании при отсутствии возможности их минимизации (демонтаж перегородок, полов, оборудования).

2. Монтаж конструкций усиления.

3. Догрузка всеми эксплуатационными нагрузками.

Моделирование для Случая №2 в системе «Монтаж» должно включать в себя следующие этапы:

1. Создание текущего НДС системы с нагрузками, которые будут действовать в момент производства усиления. Т.е. остаются только те нагрузки, которые останутся в здании при отсутствии возможности их минимизации (демонтаж перегородок, полов, оборудования).

2. Монтаж конструкций усиления.

3. Догрузка всеми эксплуатационными нагрузками.

4. Демонтаж элементов, в которых армирования недостаточно (исключение их из работы).

Моделирование для Случая №3 в системе «Монтаж» должно включать в себя следующие этапы:

1. Создание текущего НДС системы с нагрузками, которые будут действовать в момент производства усиления. Т.е. остаются только те нагрузки, которые останутся в здании при отсутствии возможности их минимизации (демонтаж перегородок, полов, оборудования).

2. Введение разгружающих конструкций в виде преднапряженных стоек (при их использовании). Сами стойки можно приложить в схеме путем задания усилий от них (рекомендовано автором как метод с меньшим количеством ошибок). Если моделировать стойки, то нужно использовать специальные методы их преднапряжения (специальные КЭ или старым методом – температурой).

3. Монтаж конструкций усиления.

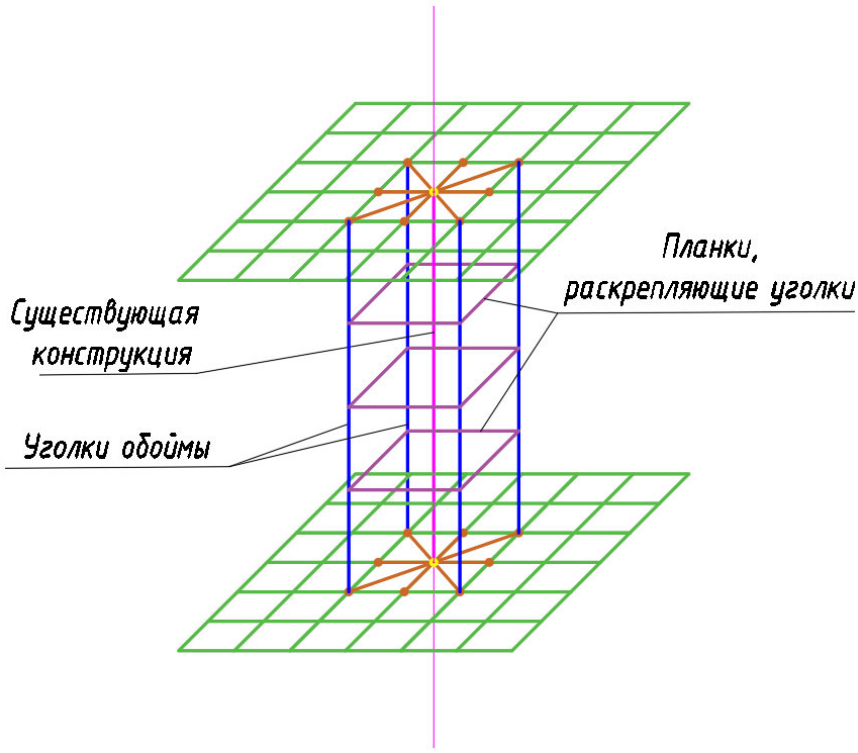
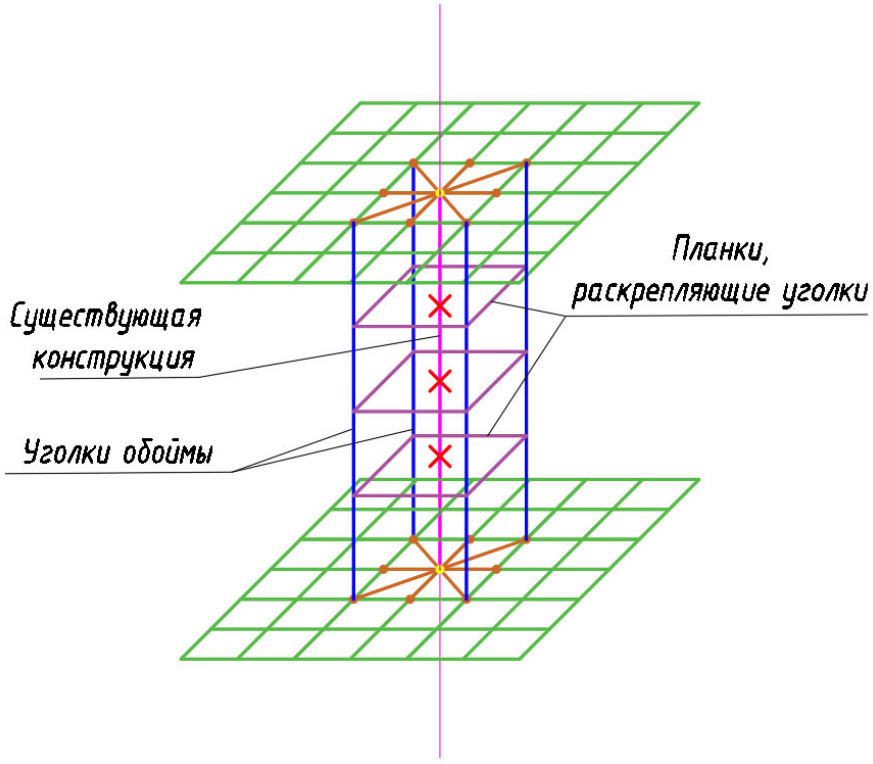
4. Включение домкратов конструкций усиления в работу. Эффект от домкрата в схеме можно задать усилиями от него (рекомендовано автором как метод с меньшим количеством ошибок).

Если моделировать домкрат, то нужно задать стальные стержни по диаметру болтов и использовать специальные методы их преднапряжения (специальные КЭ или старым методом – температурой).

5. Догрузка всеми эксплуатационными нагрузками.

Примечание. Проверку существующей конструкции на достаточность армирования требуется проводить вручную только по финально полученным усилиям на этапе догрузки всеми эксплуатационными нагрузками (последний этап монтажа). Эта необходимость связана с тем, что программа в большинстве случаев учитывает все РСУ, в т.ч. и в момент когда конструкция еще не усилена и не разгружена.

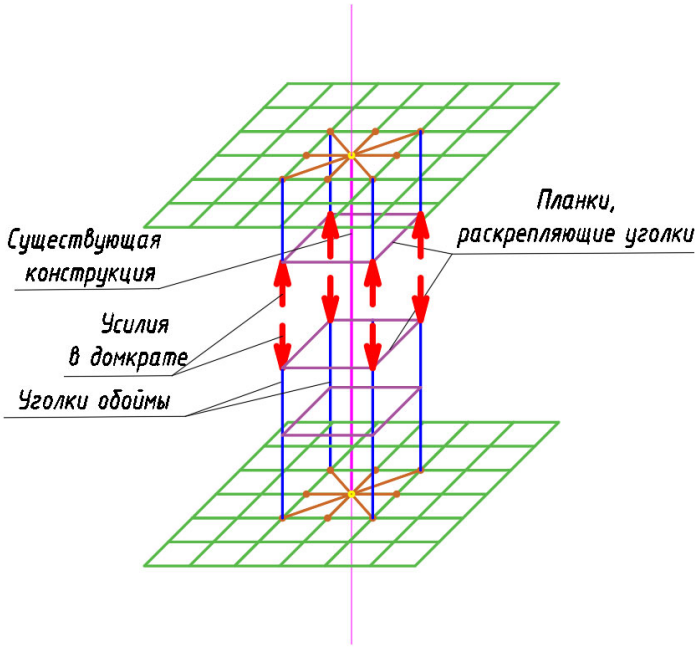
Справочная таблица 26. Моделирование

Случай №1
Обойму из уголков моделируют стержневыми КЭ. 
Случай №2
Моделирование аналогично Случаю №1. 

Случай №3

Колонна/пилон с разгрузкой домкратом.

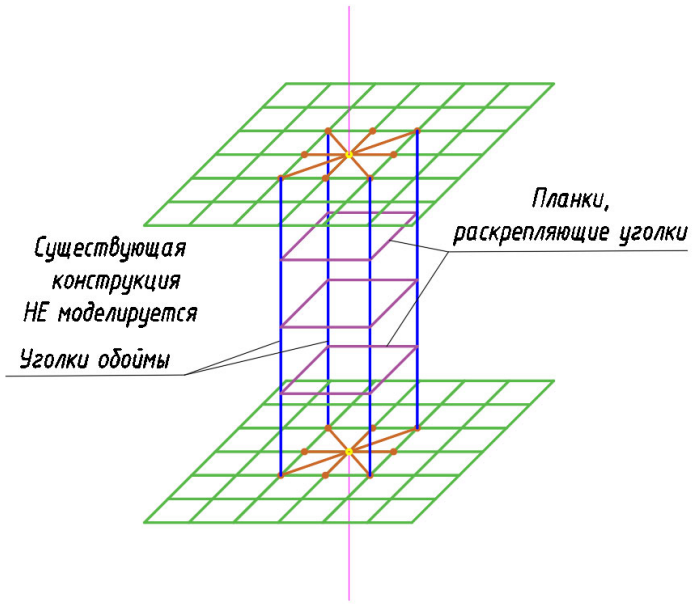
Обойма «разрывается», т.е. удаляется участок, где установлен домкрат. Эффект действия домкрата учитывается приложением усилия возникающего в нем в противоположных направлениях.



Случай №4

Колонна/пилон

При моделировании полного переопирания без «монтажа» нет смысла в моделировании существующей конструкции, моделируется только обойма.



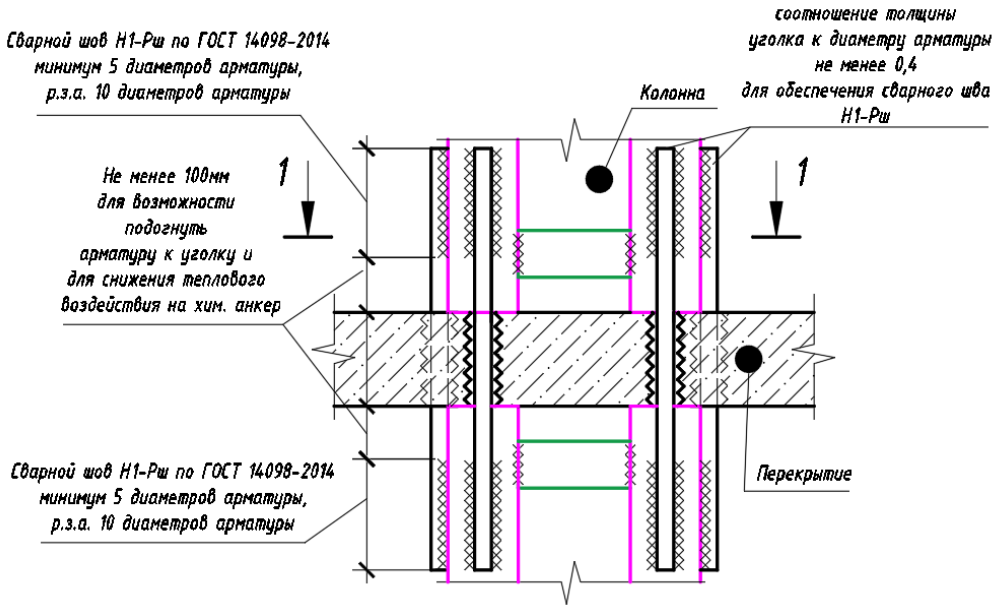
Случай №5

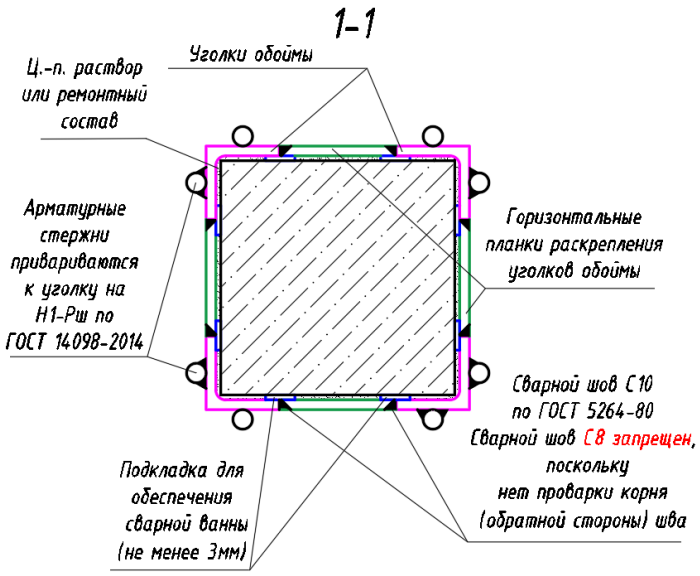
Колонна/пилон с домкратом

См. случай №3

3.3. Ручные расчеты

Расчет армирования (сечение 1-1)





Требуемая площадь армирования на одну ветвь A_s при **растяжении** R_s подбирается из условия:

$$A_s = \frac{N_1}{R_s}$$

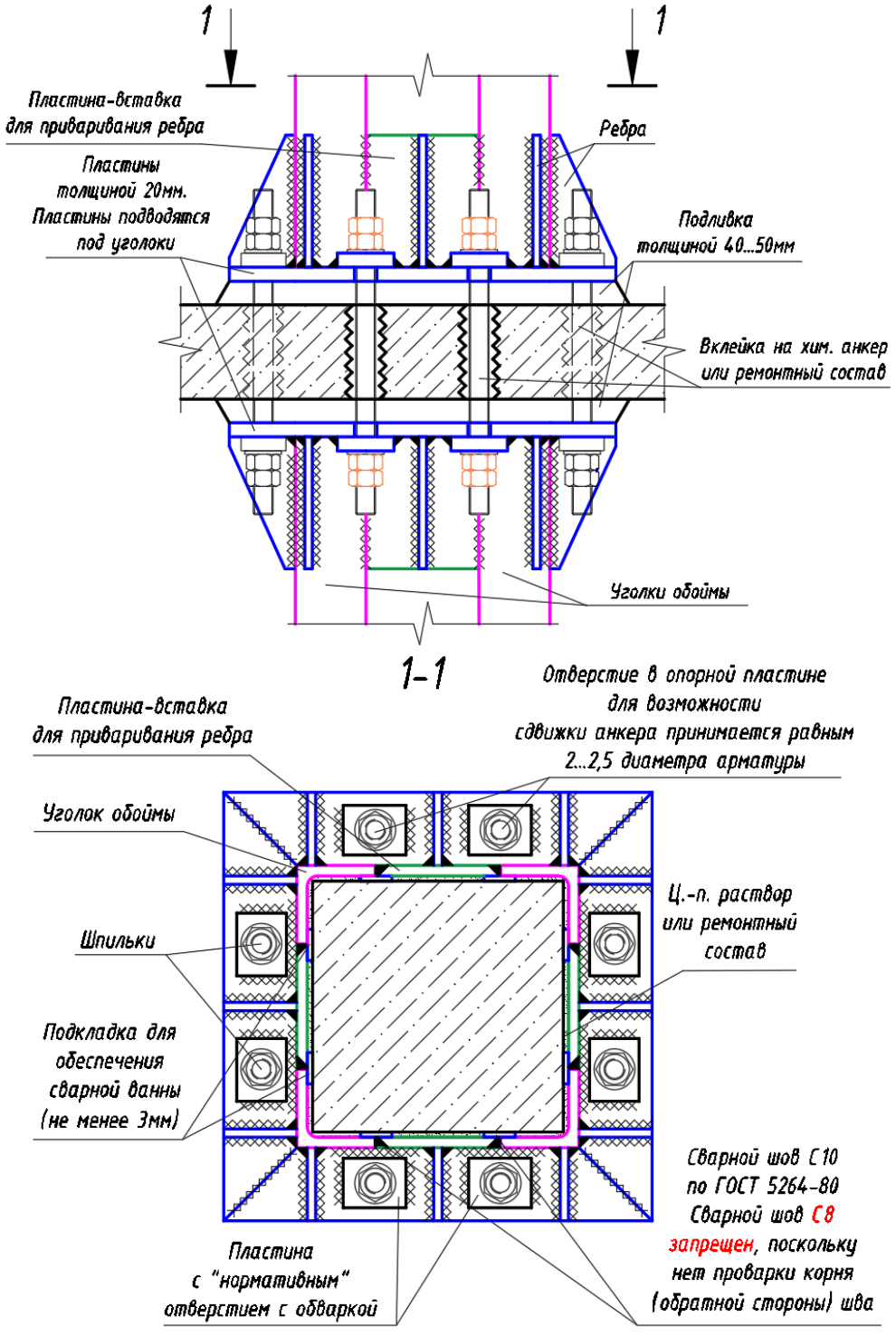
Требуемая площадь армирования на одну ветвь A'_s при **сжатии** R_{sc} подбирается из условия:

$$A'_s = \frac{N_1}{R_{sc}}$$

R_s, R_{sc} – расчетное сопротивление арматуры на растяжение и сжатие по СП 63.13330.

N_1 – усилие в одной ветви.

Расчет шпилек (сечение 1-1)



Требуемая площадь нетто шпилек на один уголок A_{bn} при растяжении R_{bt} подбирается из условия:

$$A_{bn} = \frac{N_1}{R_{bt}}$$

R_{bt} – расчетное сопротивление шпильки на растяжение;

N_1 – максимальное усилие в одном уголке.

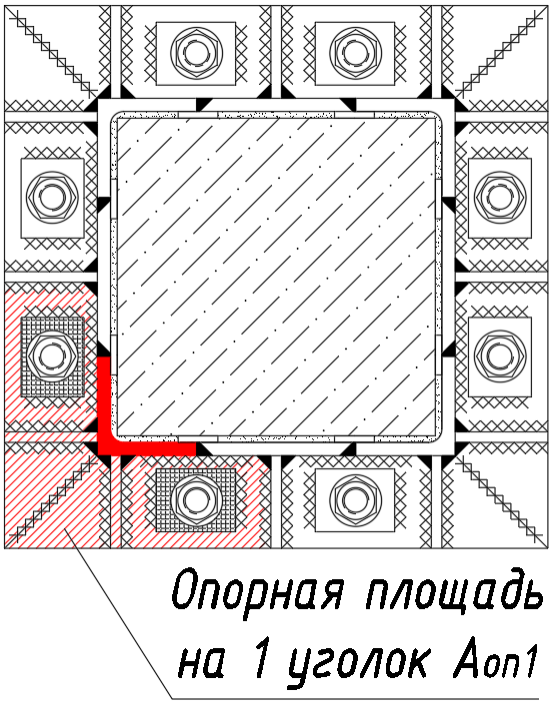
Шпильки при **сжатии** устанавливаются без расчета. Минимально 8 штук диаметром 16мм.

Сжатие передают опорные пластины, их минимальная опорная площадь $A_{\text{оп}1}$ на одну ветвь вычисляется по формуле:

$$A_{\text{оп}1} = \frac{N_1}{R_b}$$

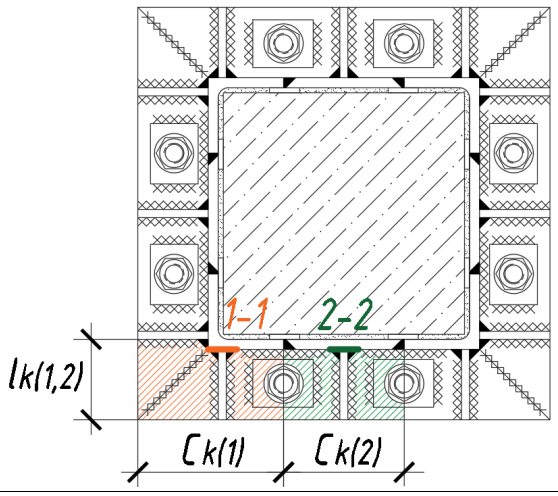
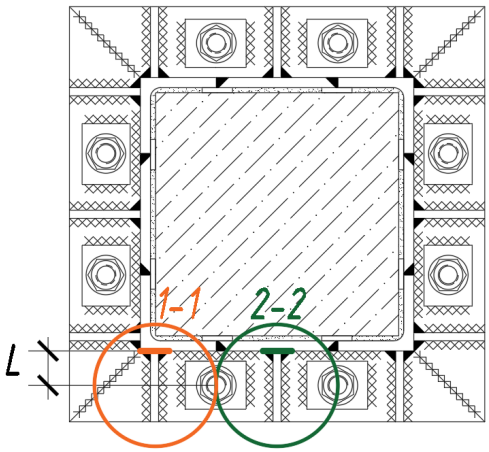
R_b – расчетное сопротивление бетона плиты перекрытия на сжатие;

N_1 – максимальное усилие в одном уголке.



Расчет опорных ребер (сечение 1-1)

Справочная таблица 27. Случаи расчета опорных ребер

Случай сжатия	Случай растяжения
Схема определения грузовой площади на 1 ребро  	Схема определения количества шпилек на 1 ребро 
Условие прочности ребер по моменту: $\frac{M}{W R_y \gamma_c} \leq 1$ γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1 $W = \frac{th^2}{6}$ t – толщина ребра h – высота ребра $M = \frac{qC_k l_k^2}{2}$ C_k – ширина грузовой площади l_k – вылет консоли $q = \frac{N_1}{A_{оп1}}$ N_1 – максимальное усилие в одно в одном уголке $A_{оп1}$ – минимальная опорная площадь	**Условие прочности ребер по моменту:** $\frac{M}{W R_y \gamma_c} \leq 1$ γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1 $W = \frac{th^2}{6}$ t – толщина ребра h – высота ребра $M = n_{ш.реб} R_{bt} A_{bn} L$ R_{bt} – расчетное сопротивление шпильки на растяжение; A_{bn} – площадь шпилек нетто L – расстояние от центра шпильки до уголка $n_{ш.реб}$ – количество шпилек, приходящихся на одно ребро. В примере на центральное ребро приходится 2х0,5=1 шпилька, на крайнее ребро 0,5 шпильки.
Условие прочности ребер по поперечной силе: $\frac{3Q_k}{2ht\,0,58R_y\gamma_c} \leq 1$ $Q_k = qC_k l_k$ $0,58R_y$ – расчетное сопротивление на срез γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1	**Условие прочности ребер по поперечной силе:** $\frac{3Q_k}{2ht\,0,58R_y\gamma_c} \leq 1$ $Q_k = n_{ш.реб} R_{bt} A_{bn}$ $0,58R_y$ – расчетное сопротивление на срез γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1

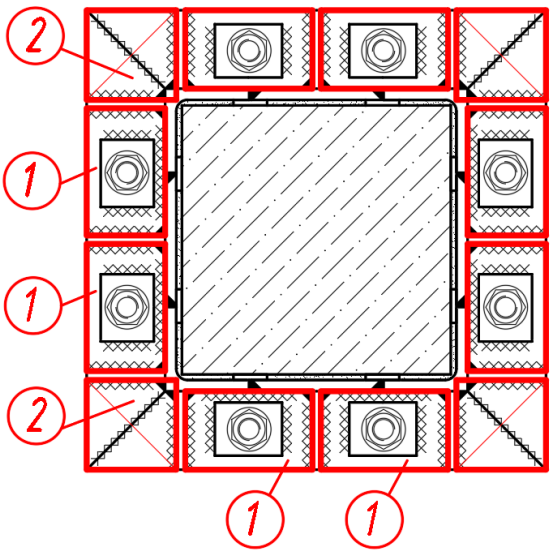
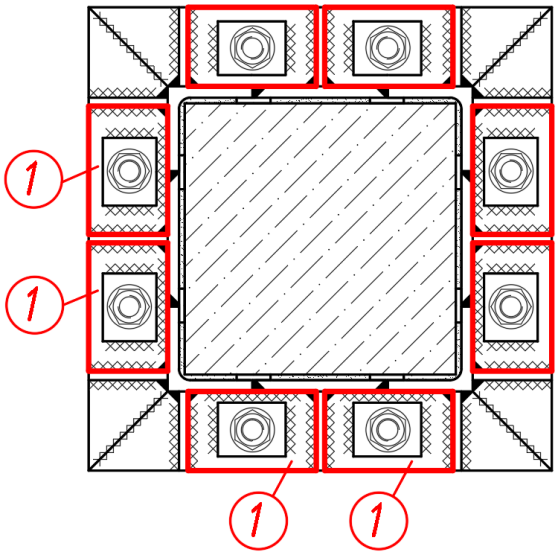
Случай сжатия	Случай растяжения
Проверка сварных швов, крепящих ребро: Условие прочности сварного шва: $\tau < R_{wf}\gamma_c$ $\tau = \sqrt{(\tau_Q + \tau_M)^2}$ Касательные напряжения в сварном шве от поперечной силы: $\tau_Q = \frac{Q_k}{nhk_f\beta_f}$ $Q_k = qC_k l_k$ C_k – ширина грузовой площади l_k – вылет консоли h - высота ребра n – количество швов, прикрепляющих ребро к уголку (2 штуки) $\beta_f = 0,7$ (ручная сварка) k_f- катет сварного шва R_{wf} – расчетное сопротивление сварочного материала Касательные напряжения в сварном шве от изгибающего момента: $\tau_M = \frac{6M}{nk_f\beta_f h^2}$ $M = \frac{qC_k l_k^2}{2}$	**Проверка сварных швов, крепящих ребро:** Условие прочности сварного шва: $\tau < R_{wf}\gamma_c$ $\tau = \sqrt{(\tau_Q + \tau_M)^2}$ Касательные напряжения в сварном шве от поперечной силы: $\tau_Q = \frac{Q_k}{nhk_f\beta_f}$ $Q_k = n_{\text{ш.реб}} R_{bt} A_{bn}$ h - высота ребра n – количество швов, прикрепляющих ребро к уголку (2 штуки) $\beta_f = 0,7$ (ручная сварка) k_f- катет сварного шва R_{wf} – расчетное сопротивление сварочного материала Касательные напряжения в сварном шве от изгибающего момента: $\tau_M = \frac{6M}{nk_f\beta_f h^2}$ $M = n_{\text{ш.реб}} R_{bt} A_{bn} L$

Справочная таблица 28. Фрагмент Таблицы В.3 СП 16.13330.2017 – Нормативные и расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе листового, широкополосного универсального, сортового проката и труб

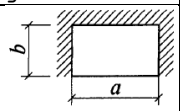
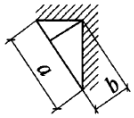
Сталь	Толщина проката, мм	Расчетное сопротивление R_y, Н/мм²
С245	От 2,0 до 20 включ.	240
С255	От 2,0 до 3,9 включ.	250
	" 4,0 " 10 "	240
	Св. 10 до 20 включ.	240
	" 20 " 40 "	230
С355	От 2,0 до 16 включ.	350
	" 16 " 40 "	340
	" 40 " 60 "	330

Расчет опорных ребер (сечение 1-1)

Справочная таблица 29. Случаи расчета опорных пластин

<table>
<tr><th>Случай сжатия</th><th>Случай растяжения</th></tr>
<tr><td>Схема определения грузовой площади
на 1 ребро
 
</td><td>Схема определения количества шпилек
на 1 ребро
 
</td></tr>
<tr><td>Для участков 1,2:
$$M = \alpha q a^2$$
$q = \frac{N}{A \cdot B}$
N – усилие в стойке
A, B – габариты опорной пластины
По результатам расчета для всех участков определяется толщина опорной пластины:
$t_f \geq \sqrt{\frac{6M_{max}}{\gamma_c R_y}}$
В любом случае толщина пластины должна быть не менее 20мм.</td><td>Для участка 1:
$$M = w\alpha q a^2$$
$q = \frac{P_{уч}}{a \cdot b}$
$P_{уч}$ – суммарное усилие в болтах/шпильках на рассматриваемом участке
a, b – габариты участка
$w = 2$ – коэффициент перехода от сосредоточенных нагрузок к равномерно распределенной нагрузке. Значение равное 2 дано в запас как для самого худшего случая при нахождении сосредоточенной силы в центре:
$w = \frac{\frac{Pl}{4}}{\frac{ql^2}{8}} = \frac{\frac{Pl}{4}}{\frac{Pl^2}{8l}} = 2$
По результатам расчета определяется толщина опорной пластины для всех участков:
$t_f \geq \sqrt{\frac{6M_{max}}{\gamma_c R_y}}$
В любом случае толщина пластины должна быть не менее 20мм.</td></tr>
</table>

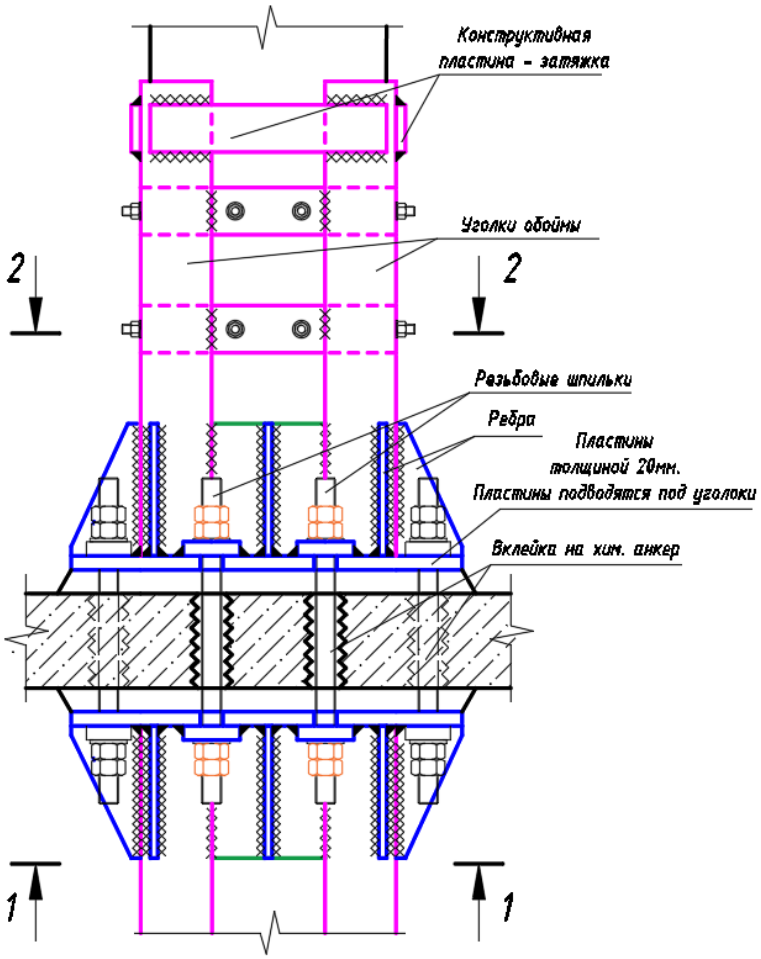
Справочная таблица 30. Значение коэффициента α

Номер участка	Расчетная схема и расчетные размеры участка	Значение α при отношении размеров $\frac{b}{a}$										
		<0,5	0,5	0,7	0,9	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	>2
1		–	*0,060*	*0,088*	*0,107*	*0,112*	*0,120*	*0,126*	*0,129*	*0,131*	*0,132*	*0,133*
2	*Нужно найти диагональ* 	*Расчет как для консольного участка с длиной консоли b по ф-ле:* $M = \frac{qb^2}{2}$	*0,060*	*0,088*	*0,107*	*0,112*	*0,120*	*0,126*	*0,129*	*0,131*	*0,132*	*0,133*

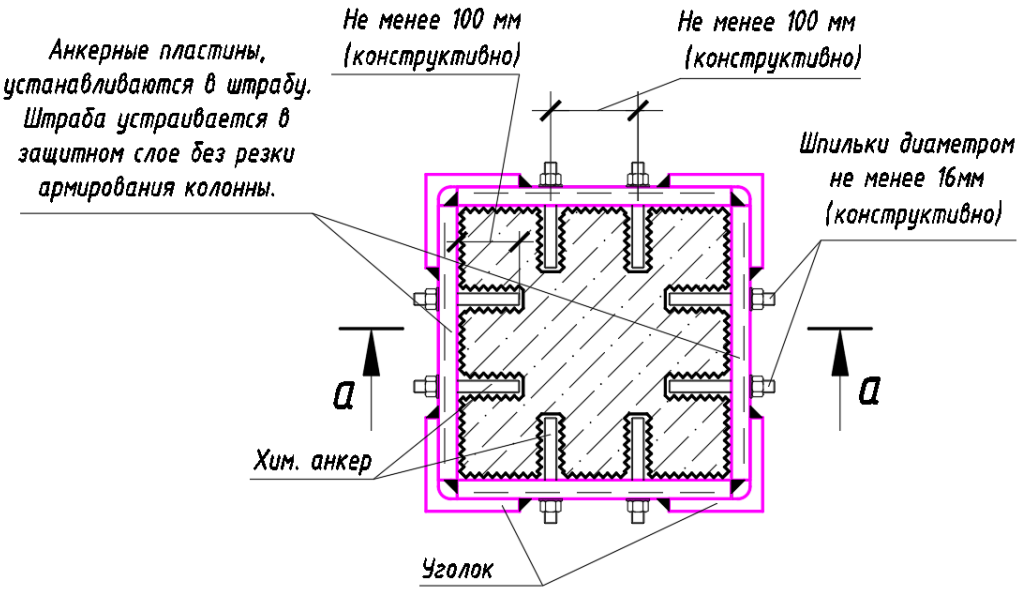
Справочная таблица 31. Фрагмент Таблицы В.3 СП 16.13330.2017 – Нормативные и расчетные сопротивления при растяжении, сжатии и изгибе листового, широкополосного универсального, сортового проката и труб

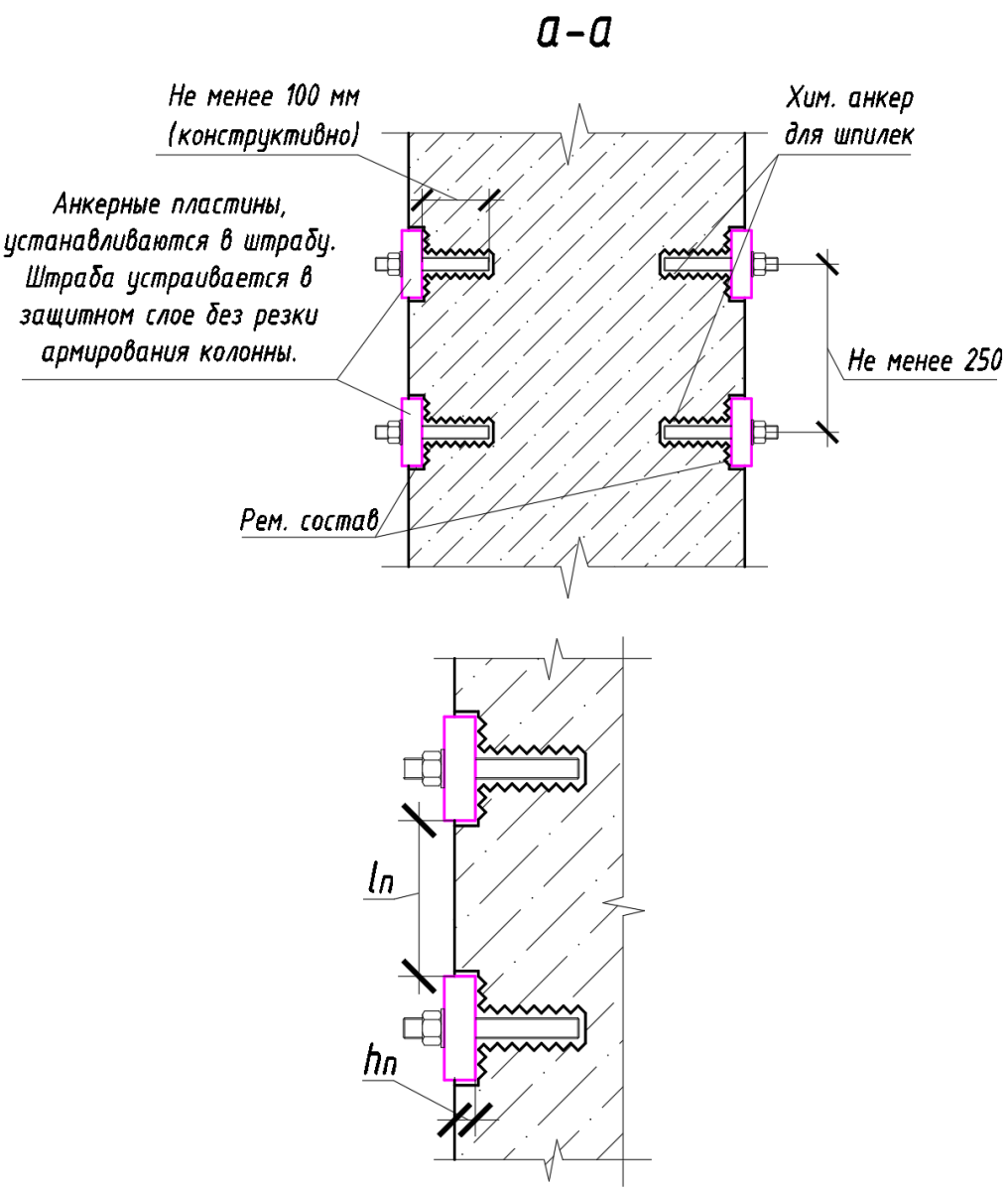
Сталь	Толщина проката, мм	Расчетное сопротивление R_y, Н/мм²
С245	От 2,0 до 20 включ.	240
С255	От 2,0 до 3,9 включ.	250
	" 4,0 " 10 "	240
	Св. 10 до 20 включ.	240
	" 20 " 40 "	230
С355	От 2,0 до 16 включ.	350
	" 16 " 40 "	340
	" 40 " 60 "	330

Расчет анкерного узла (сечение 2-2)



2-2





Количество n уровней анкерного крепления обоймы через пояса, установленные в тело колонны, рассчитывается на наибольшее усилие в **одной из ветви (одного уголка) обоймы** N_1:

$$n = \frac{N_1}{2R_{bt}\left(\frac{h}{2}+\frac{b}{2}\right)l_n n}$$

$$n = \frac{N_1}{R_b\left(\frac{h}{2}+\frac{b}{2}\right)h_n}$$

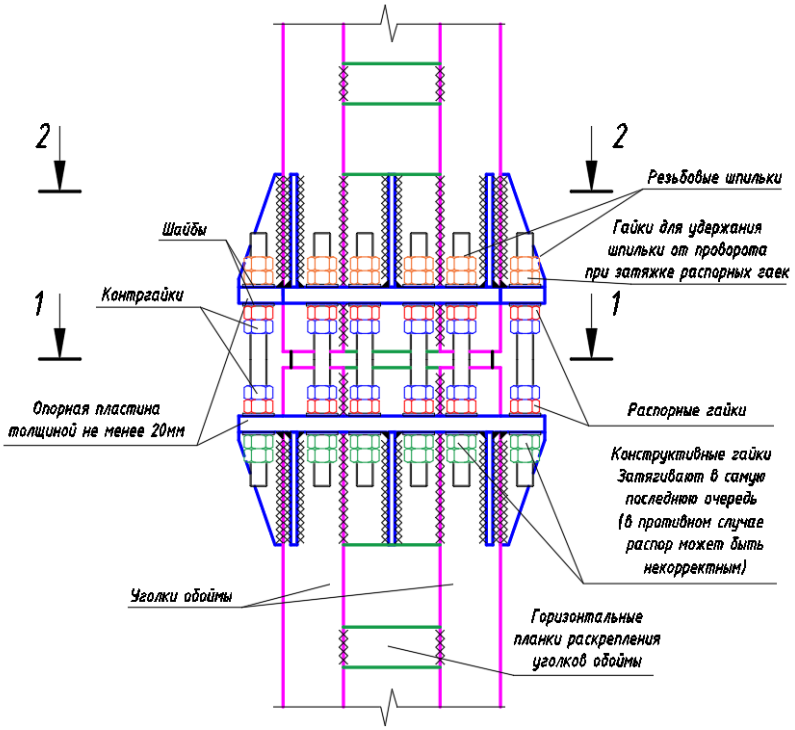
R_{bt} – расчетное сопротивление бетона растяжению.
R_b – расчетное сопротивление бетона сжатию;
l_n – длина шпонок

h, b – ширина и высота сечения колонны.

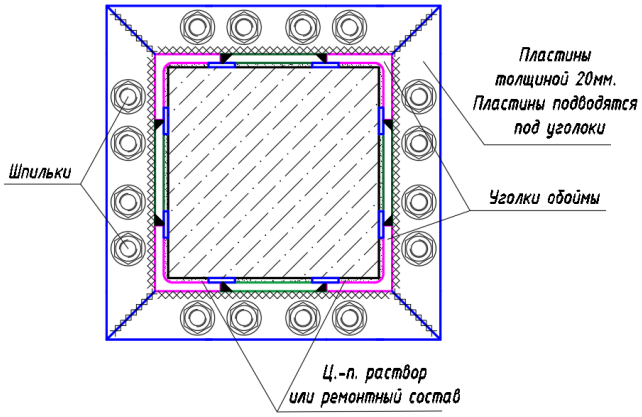
h_n – глубина установленной пластины.

Расчет болтового домкрата

Подбор количества шпилек (сечение 1-1)



1-1



1. Требуемое количество болтов/шпилек

$$n = \frac{N}{P},\ n \text{ округляется в большую сторону}$$

Проверка №1. Проверка прочности

Предельно допустимая вертикальная нагрузка на 1 болт/шпильку P определяется исходя из уравнения:

$$\frac{P}{k_{\text{затяжки}} A_{bn} R_{bt} \gamma_c} + \frac{M}{k_{\text{затяжки}} W_c R_{bt} \gamma_c} = 1$$

$$W_c = \frac{\pi d^3}{32}$$

A_{bn} – площадь болта/шпильки нетто

γ_c – коэффициент условий работы по таблице 1 СП 16.13330.2017. В запас допустимо принять 0,9.

d – диаметр болта/шпильки

$$M = 0,25d \cdot P$$

$k_{\text{затяжки}}$– коэффициент максимального натяжения болтов, принимаемый равным 0,6 (не более 60% предела текучести) Данный коэффициент одновременно учитывает неравномерность затяжки болтов и распределение на них нагрузки, а также возможность случайного превышения момента затяжки.

Проверка №2. Проверка устойчивости

Предельно допустимая вертикальная нагрузка на 1 болт/шпильку P:

$$P = k_{\text{затяжки}} \varphi_e A_{bn} R_{bt} \gamma_c$$

γ_c – коэффициент условий работы по таблице 1 СП 16.13330.2017. В запас допустимо принять 0,9.

$k_{\text{затяжки}}$– коэффициент максимального натяжения болтов, принимаемый равным 0,6

φ_e – коэффициент устойчивости при сжатии с изгибом (определяется по таблице Д.3)

A_{bn} – площадь шпильки/болта нетто

$$m_{ef} = \eta m$$

$$m = e\frac{A_{bn}}{W_c}$$

$e = \frac{M}{N} = 0,25d$ – эксцентриситет. Он возникает только при работе болта на сжатие, поскольку гайка при малейшем перекосе начинает давить только на одну половину болта. Его значение дано в запас и установлено экспериментально автором при реализации болтовых домкратов.

$$W_c = \frac{\pi d^3}{32}$$

η – коэффициент влияния формы сечения (таблица Д.2 СП 16.13330.2017)

Справочная таблица 32. Фрагмент таблицы Д.2. СП 16.13330.2017

Тип сечения	Схема сечения и эксцентри-ситет	Значения η при			
		$0 \le \bar{\lambda} \le 5$		$\bar{\lambda} > 5$	
		$0,1 \le m \le 5$	$5 < m \le 20$	$0,1 \le m \le 5$	$5 < m \le 20$ 5
4		$(1,35 - 0,05m) - 0,01(5 - m)\bar{\lambda}$	1,1	1,1	

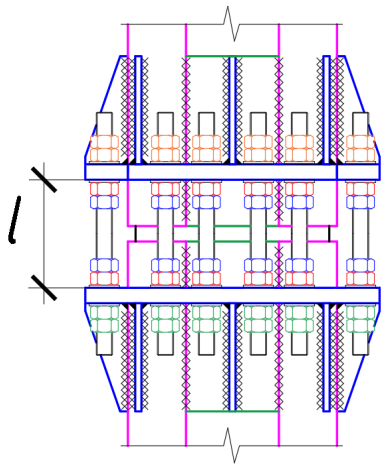
$\bar{\lambda} = \lambda\sqrt{\frac{R_{byn}/\gamma_m}{E}}$ – условная гибкость стержня

$\gamma_m = 1,1$

$\lambda = \frac{l_0}{i}$

$l_0 = \mu l$ – расчетная длина

l – расстояние по рисунку ниже



μ – коэффициент расчетной длины, принимается равным 0,5, поскольку нет защемления концов болта

$i = \frac{d}{4}$ – радиус инерции

d – диаметр болта/шпильки

Справочная таблица 33. Фрагмент таблицы Г.9. СП 16. – Площадь болтов и шпилек

d, мм	16	20	24	30	36	42	48
A_b, см^2 (для расчета среза)	2,01	3,14	4,52	7,06	10,17	13,85	18,09
A_{bn}, см^2 (для расчета растяжения и сжатия)	1,57	2,45	3,53	5,61	8,16	11,20	14,72

Справочная таблица 34. Таблица Д.3 СП 16.13330.2017 – Коэффициенты устойчивости φ_e при внецентренном сжатии сплошностенчатых стержней в плоскости действия момента, совпадающей с плоскостью симметрии

Условная гибкость $\bar{\lambda}$	Значение φ_e при приведенном относительном эксцентриситете m_{ef}								
	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0
0,5	967	922	850	782	722	669	620	577	538
1,0	925	854	778	711	653	600	563	520	484
1,5	875	804	716	647	593	548	507	470	439
2,0	813	742	653	587	536	496	457	425	397
2,5	742	672	587	526	480	442	410	383	357
3,0	667	597	520	465	425	395	365	342	320
3,5	587	522	455	408	375	350	325	303	287
4,0	505	447	394	356	330	309	289	270	256
4,5	418	382	342	310	288	272	257	242	229
5,0	354	326	295	273	253	239	225	215	205
5,5	302	280	256	240	224	212	200	192	184
6,0	258	244	223	210	198	190	178	172	166
6,5	223	213	196	185	176	170	160	155	149
7,0	194	186	173	163	157	152	145	141	136
8,0	152	146	138	133	128	121	117	115	113
9,0	122	117	112	107	103	100	098	096	093

Продолжение таблицы Д.3 СП 16.13330.2017

Условная гибкость $\bar{\lambda}$	Значение φ_e при приведенном относительном эксцентриситете m_{ef}								
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
0,5	469	417	370	337	307	280	260	237	222
1,0	427	382	341	307	283	259	240	225	209
1,5	388	347	312	283	262	240	223	207	195
2,0	352	315	286	260	240	222	206	193	182
2,5	317	287	262	238	220	204	190	178	168
3,0	287	260	238	217	202	187	175	166	156
3,5	258	233	216	198	183	172	162	153	145
4,0	232	212	197	181	168	158	149	140	135
4,5	208	192	178	165	155	146	137	130	125
5,0	188	175	162	150	143	135	126	120	117
5,5	170	158	148	138	132	124	117	112	108
6,0	153	145	137	128	120	115	109	104	100
6,5	140	132	125	117	112	106	101	097	094
7,0	127	121	115	108	102	098	094	091	087
8,0	106	100	095	091	087	083	081	078	076

Продолжение таблицы Д.3 СП 16.13330.2017

Условная гибкость $\bar{\lambda}$	Значение φ_e при приведенном относительном эксцентриситете m_{ef}							
	7,0	8,0	9,0	10	12	14	17	20
0,5	210	183	164	150	125	106	090	077
1,0	196	175	157	142	121	103	086	074
1,5	182	163	148	134	114	099	082	070
2,0	170	153	138	125	107	094	079	067
2,5	158	144	130	118	101	090	076	065
3,0	147	135	123	112	097	086	073	063
3,5	137	125	115	106	092	082	069	060
4,0	127	118	108	098	088	078	066	057
4,5	118	110	101	093	083	075	064	055
5,0	111	103	095	088	079	072	062	053
5,5	104	095	089	084	075	069	060	051

Справочная таблица 35. Фрагмент таблицы Г.5 СП 16 – Нормативные сопротивления стали болтов и расчетные сопротивления одноболтовых соединений растяжению, кН/см²

Класс прочности болтов	R_{byn}	R_{bt}
5.6	30,0	22,5
5.8	40,0	-
8.8	66,4	45,1
10.9	93,6	72,8
12.9	109,8	85,4

Справочная таблица 36. Рекомендованные автором длины болтов (несущая способность для такой длины указана в таблице ниже)

Диаметр резьбы, мм	16	20	24	30	36	42	48
Длина болта в конструктивном исполнении с резьбой до шляпки (о длине такой резьбы необходимо прописать в проекте!), мм	200	200	200	220	250	280	320
Несущая способности (предельное усилие) в одном болте класса 8.8., кН	**14,9**	**23,3**	**33,5**	**52,7**	**76,2**	**104,1**	**136,4**
Несущая способности (предельное усилие) в одном болте класса 10.9., кН	**24,0**	**37,6**	**54,1**	**85,2**	**123,1**	**168,2**	**220,2**

2. Определяется момент затяжки шпилек

Момент затяжки болтов определяется в соответствии с РД 37.0001.131-89

Момент затяжки для работы на полную несущую способность одного болта P:

$$M_{\text{кр.}} = Q(0,161P_{\text{резьбы}} + 0,583\mu_0 d_2 + 0,25\mu_0(d_T + d_0))$$

Q – усилие затяжки

$$Q = \frac{N}{n} k_{\text{включения}}$$

N – общее усилие в стойке

n – количество болтов

$k_{\text{включения}} = \frac{N_{\text{факт}}}{N}$ – коэффициент, который учитывает фактическое загружение перекрытий на момент установки стоек. Как правило, принимается равным от 0,5 до 1.

$N_{\text{факт}}$ – усилие, которое нужно рассчитать на действующие нагрузки в момент установки стойки и создания в ней напряжения. В дальнейшем при возрастании нагрузки стойка будет уже включена в работу и будет уже сама догружена до величины полной нагрузки N.

Справочная таблица 37. Коэффициент закручивания/коэффициент трения μ_0

Обработка	РД 37.0001.131-89	ГОСТ Р 72004-2025	ГОСТ Р 70132-2022	Авторский
Для резьбового соединения без покрытия и смазки	$\mu_0 = 0,14$	$\mu_0 = k = 0,14 \dots 0,2$	0,17	-
Для резьбового соединения с цинковым покрытием	$\mu_0 = 0,13$	$\mu_0 = k = 0,11 \dots 0,2$		
Со смазкой WD-40	-	-	-	μ_0=0,06

d_0 – диаметр отверстия

d_T – диаметр опорной поверхности гайки

$P_{\text{резьбы}}$ – шаг резьбы

$d_2 = d - 0,649519053P$ – средний диаметр резьбы

Справочная таблица 38. Характерные размеры

Диаметр болта/шпильки d, мм	**16**	**20**	**24**	**30**	**36**	**42**	**48**
Диаметр отверстия d_0, мм	18	22	26	33	39	45	56
Шаг резьбы P, мм	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
Диаметр опорной поверхности гайки класса 8 (шпилька 8.8) $d_T = S$, мм	24	30	36	46	55	65	75
Диаметр опорной поверхности гайки класса 10 (шпилька 10.9.) $d_T = S$, мм	26.16...27	33...34	40...41	49...50	58.8...60	63.1...65	73.1...75

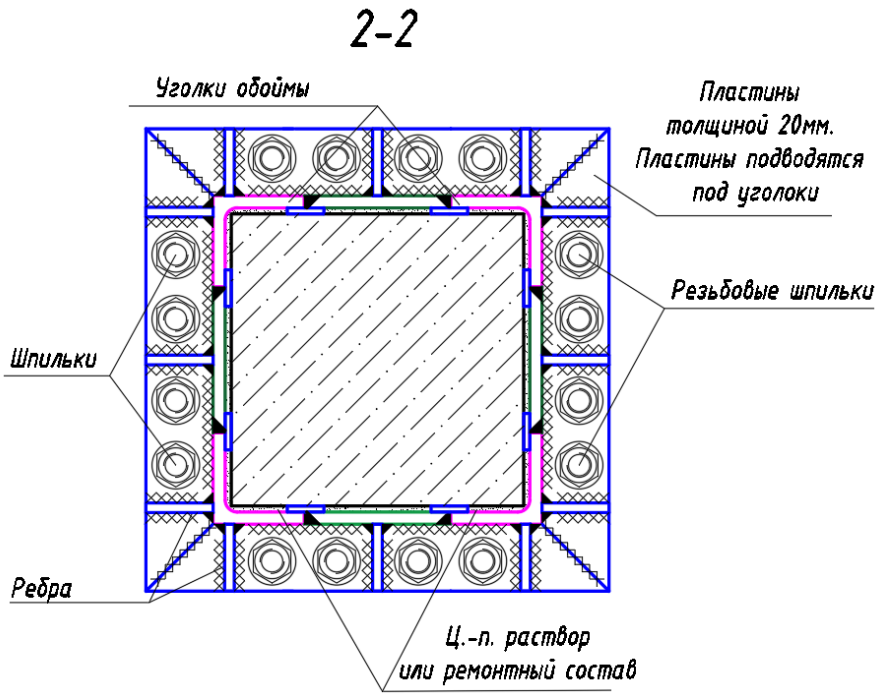
Справочная таблица 39. Момент затяжки для болтов класса 8.8 при максимально допустимых усилиях при максимальной N при $k_{\text{включения}} = 1$

№ п/п	Диаметр шпильки, d, мм	**Класс шпилек**	Коэффициент закручивания μ_0	Усилие в шпильке, кН	**Момент затяжки, Н*м**
1	16	**8.8**	0,13	14,9	**44**
2	20	**8.8**	0,13	23,3	**85**
3	24	**8.8**	0,13	33,5	**145**
4	30	**8.8**	0,13	52,7	**288**
5	36	**8.8**	0,13	76,2	**493**
6	42	**8.8**	0,13	104,1	**783**
7	48	**8.8**	0,13	136,4	**1220**

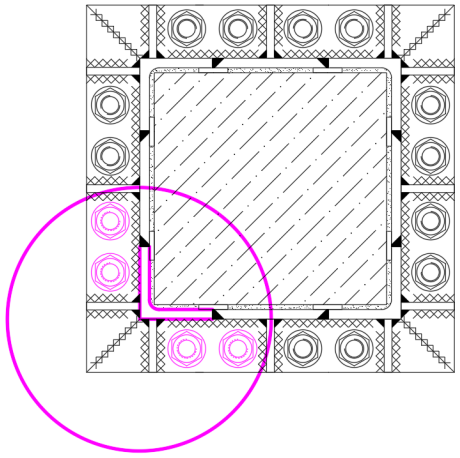
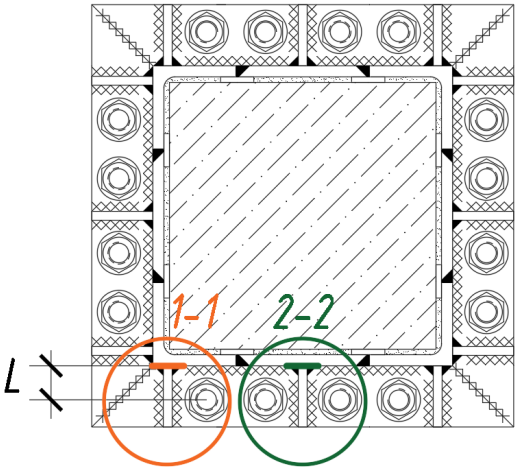
Справочная таблица 40. Момент затяжки для болтов класса 10.9 при максимально допустимых усилиях при максимальной N при $k_{\text{включения}} = 1$

№ п/п	Диаметр шпильки, d, мм	**Класс шпилек**	Коэффициент закручивания μ_0	Усилие в шпильке, кН	**Момент затяжки, Н*м**
1	16	**10.9**	0,13	24,0	**73**
2	20	**10.9**	0,13	37,6	**141**
3	24	**10.9**	0,13	54,1	**243**
4	30	**10.9**	0,13	85,2	**475**
5	36	**10.9**	0,13	123,1	**813**
6	42	**10.9**	0,13	168,2	**1259**
7	48	**10.9**	0,13	220,2	**1962**

Расчет опорных ребер (сечение 2-2)



Справочная таблица 41. Расчет опорных ребер

Схема сбора нагрузок	
Определение количества шпилек на 1 уголок 	Определение количества шпилек на 1 ребро 

Условие прочности ребер по моменту:

$$\frac{M}{W R_y \gamma_c} \leq 1$$

γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1

$$W = \frac{th^2}{6}$$

t – толщина ребра

h – высота ребра

$$M = \frac{N_1}{n_{\text{ш.1уг}}} n_{\text{ш.реб}} L$$

R_{bt} – расчетное сопротивление шпильки на растяжение;

A_{bn} – площадь шпилек нетто

L – расстояние от центра шпильки до уголка

N_1 – максимальное усилие в одном уголке.

$n_{\text{ш.1уг}}$ – количество шпилек, приходящихся на один уголок. В примере на 1 уголок приходится 4 шпильки.

$n_{\text{ш.реб}}$ – количество шпилек, приходящихся на одно ребро. В примере на центральное ребро приходится 2x1=2 шпильки, на крайнее ребро 1 шпилька.

Условие прочности ребер по поперечной силе:

$$\frac{3Q_k}{2ht\,0,58R_y\gamma_c} \le 1$$

$$Q_k = \frac{N_1}{n_{\text{ш.1уг}}} n_{\text{ш.реб}}$$

$0,58R_y$ – расчетное сопротивление на срез

γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1

Проверка сварных швов, крепящих ребро:

Условие прочности сварного шва:

$$\tau < R_{wf}\gamma_c$$

$$\tau = \sqrt{(\tau_Q + \tau_M)^2}$$

Касательные напряжения в сварном шве от поперечной силы:

$$\tau_Q = \frac{Q_k}{nhk_f\beta_f}$$

$$Q_k = \frac{N_1}{n_{\text{ш.1уг}}} n_{\text{ш.реб}}$$

h - высота ребра

n – количество швов, прикрепляющих ребро к уголку (2 штуки)

$\beta_f = 0,7$ (ручная сварка)

k_f- катет сварного шва

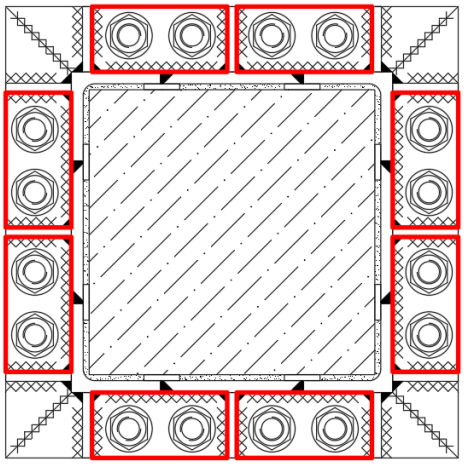
R_{wf} – расчетное сопротивление сварочного материала

Касательные напряжения в сварном шве от изгибающего момента:

$$\tau_M = \frac{6M}{nk_f\beta_f h^2}$$

$$M = \frac{N_1}{n_{\text{ш.1уг}}} n_{\text{ш.реб}} L$$

Расчет опорных пластин (сечение 2-2)



Расчетные участки пластин

Момент на участке:

$$M = w\alpha q a^2$$

$$q = \frac{P_{уч}}{a \cdot b}$$

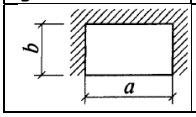
$P_{уч}$ – суммарное усилие в болтах/шпильках на рассматриваемом участке

a, b – габариты участка

$w = 2$ – коэффициент перехода от сосредоточенных нагрузок к равномерно распределенной нагрузке. Значение равное 2 дано в запас как для самого худшего случая при нахождении сосредоточенной силы в центре:

$$w = \frac{\frac{Pl}{4}}{\frac{ql^2}{8}} = \frac{\frac{Pl}{4}}{\frac{Pl^2}{8l}} = 2$$

Справочная таблица 42. Значение коэффициента α

Расчетная схема и расчетные размеры участка	Значение α при отношении размеров $\frac{b}{a}$										
	<0,5	0,5	0,7	0,9	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	>2
	–	*0,060*	*0,088*	*0,107*	*0,112*	*0,120*	*0,126*	*0,129*	*0,131*	*0,132*	*0,133*

По результатам расчета определяется толщина опорной пластины для всех участков:

$$t_f \geq \sqrt{\frac{6M_{max}}{\gamma_c R_y}}$$

В любом случае толщина пластины должна быть не менее 20мм.

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;

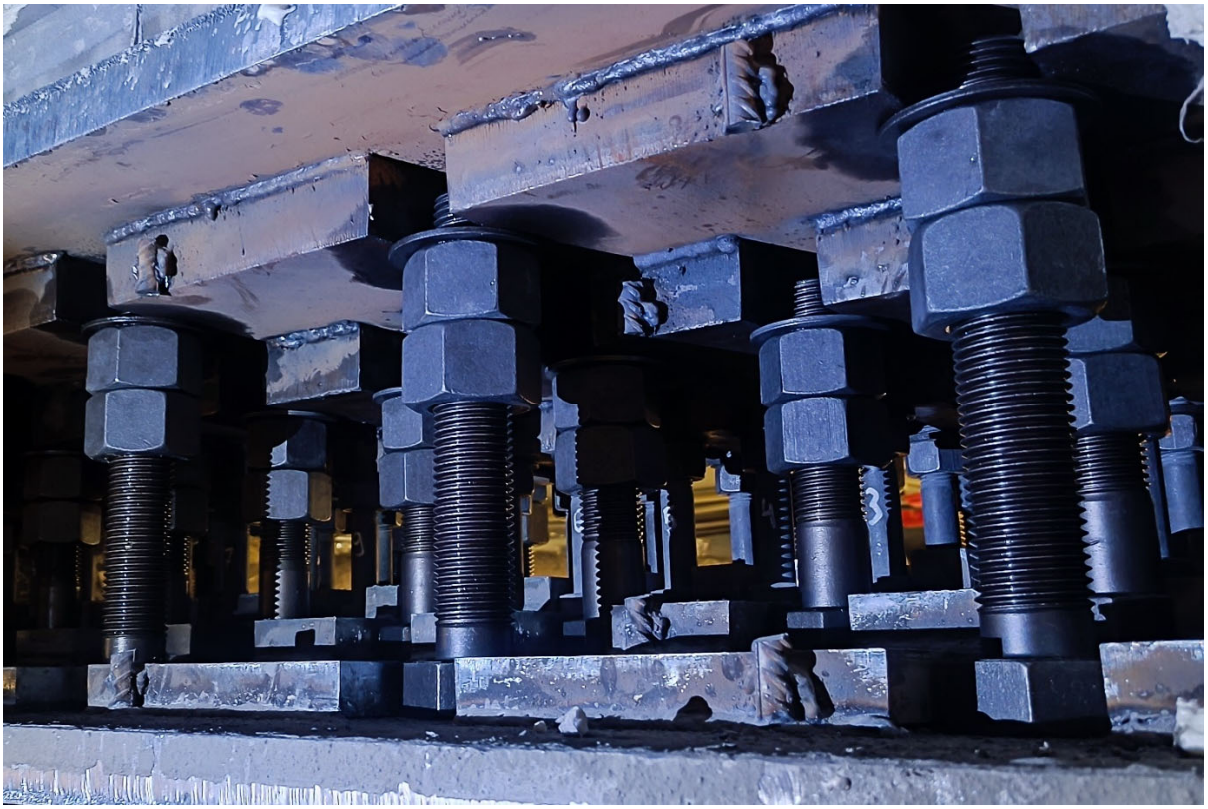
34. СП 435.1325800.2018 Конструкции бетонные и железобетонные монолитные. Правила производства и приемки работ : свод правил : дата введения 2019-05-27 / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2019;

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. Фотографии с объектов





Болтовые домкраты при усилении стен. Домкрат вставлен в проем стены. Болты М48 класса 10.9.



Домкрат при усилении стен. Существующая стена удлинена, в нее установлен домкрат. Болты М42 класса 10.9.



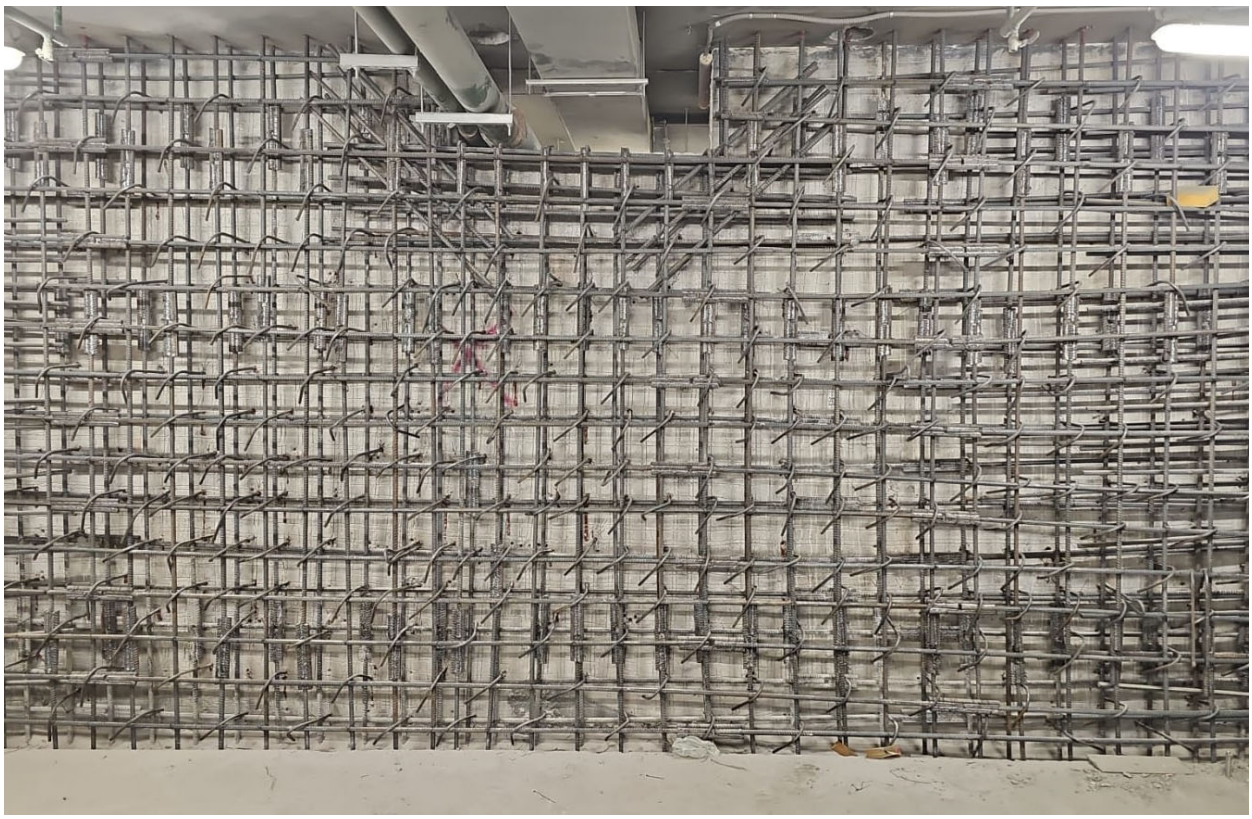


Домкрат при усилении стен. Домкрат установлен в обойму. Болты М20 класса 10.9.





Болтовой домкрат в стальном исполнении. Болты М48 10.9.





Армирование обойм. Арматура диаметром 20мм. Шпильки диаметром 12мм.





Армирование обойм. Арматура диаметром 20мм. Шпильки диаметром 12мм.