

**Акционерное общество
«Научно-исследовательский центр «Строительство»
(АО «НИЦ «Строительство»)**



СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПРОТИВ ПРОДАВЛИВАНИЯ РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ

СТО 36554501-069-2022

**Москва
2022**

Предисловие

Цели и задачи разработки, а также использование стандартов организации в РФ установлены Федеральным законом от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации», а правила разработки и оформления – ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организации. Общие положения».

Сведения о стандарте организации

1 РАЗРАБОТАН И ВНЕСЕН лабораторией железобетонных конструкций и контроля качества НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство» (канд. техн. наук А.Н. Болгов, А.З. Сокуров) при участии ООО «ПЕЙККО» (инженер И.Р. Тихонов).

2 РЕКОМЕНДОВАН К ПРИМЕНЕНИЮ конструкторской секцией Научно-технического совета при НИИЖБ им. А.А. Гвоздева НТС АО «НИЦ «Строительство» (протокол № 6 от 22.07.2022 г.).

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН в действие приказом генерального директора АО «НИЦ «Строительство» от 31.08.2022 г. № 409 с 01.09.2022 г.

4 СТАНДАРТ ГАРМОНИЗИРОВАН с основными положениями российских норм.

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Замечания и предложения следует направлять в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева – институт АО «НИЦ «Строительство». Тел./факс (499) 174-75-70, (499) 174-75-15, (499) 174-79-00, E-mail: 200651@mail.ru

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве нормативного документа без разрешения АО «НИЦ «Строительство».

Помощь в разработке проектов на основе данного стандарта может осуществляться на базе договора с НИИЖБ им. А.А. Гвоздева – институтом АО «НИЦ «Строительство».

Содержание

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	2
4 Основные положения.....	2
5 Расчет плит на продавливание.....	2
6 Конструктивные требования к постановке поперечной арматуры	17
Приложение А Пример расчета плиты на продавливание	21
Приложение Б Технология установки арматуры PSB.....	26

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПРОТИВ ПРОДАВЛИВАНИЯ
РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ

DESIGN REINFORCED CONCRETE FLAT SLABS AGAIN PUNCHING
PRINCIPLES AND DESIGN

Дата введения 01.09.2022 г.

1 Область применения

Настоящий стандарт организации предназначен для расчета и конструирования железобетонных плит перекрытий, покрытий и фундаментных плит против продавливания. Стандарт распространяется на плиты из тяжелого бетона класса по прочности на сжатие не менее B15 без поперечного армирования, а также имеющих поперечное армирование в виде: хомутов, шпилек, сварных каркасов и отдельных арматурных элементов с концевыми анкерами – высаженными головками фирмы ПЕЙККО.

Допускается расширять область применения настоящего стандарта по согласованию с авторами стандарта.

Объектами стандартизации в настоящем стандарте организации являются:

- Требования к расчету железобетонных плит на продавливание без поперечного армирования.
- Требования к расчету железобетонных плит на продавливание с поперечным армированием в виде: хомутов, шпилек, отгибов, сварных каркасов.
- Требования к расчету железобетонных плит на продавливание с поперечным армированием в виде арматурных изделий PSB.
- Требования к расстановке арматуры PSB.
- Технология работ при монтаже арматуры PSB.

Стандарт предназначен для специалистов проектных и строительных организаций, строительных инспекций, а также может являться частью конструкторской и технологической документации при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте зданий и сооружений из железобетонных конструкций.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте организации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения»

СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003»

СП 20.13330.2016 «Нагрузки и воздействия»

СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции»

ТУ 25.11.23-001-68995885-2022 «Арматура PSB ПЕЙККО для армирования железобетонных конструкций. Технические условия»

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому Информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по СП 63.13330, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 продавливание: Механизм разрушения плиты от приложения нагрузки в виде сосредоточенных сил, действующих по ограниченной площадке, связанный с выделением из плиты тела в форме усеченного конуса (пирамиды) вокруг этой площадки.

3.2 арматура PSB: Система армирования фирмы ПЕЙККО, состоящая из отдельных стержней периодического профиля с концевыми анкерами в виде высаженных головок, соединенных сборочным профилем.

3.3 сборочный профиль: Конструктивный элемент, обеспечивающий расположение поперечной арматуры PSB в плане и по вертикали.

3.4 периметр расчетного сечения: Длина условного расчетного контура единичной ширины, расположенного в соответствии с указаниями СП 63.13330.2018.

4 Основные положения

Положения данного стандарта разработаны в развитие российских норм проектирования железобетонных конструкций СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003».

Применение поперечного армирования ПЕЙККО позволяет:

1. Повысить эксплуатационную надежность и безопасность плитных железобетонных конструкций и их узловых соединений.

2. Существенно сократить сроки выполнения строительных работ при возведении конструкций по сравнению с традиционным поперечным армированием в виде хомутов и сварных каркасов.

3. Сократить объем арматурных работ за счет применения готовых изделий заводского изготовления.

При разработке настоящего стандарта использовались результаты лабораторных испытаний, выполненных в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, а также материалы испытаний Швейцарского института Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.

5 Расчет плит на продавливание

5.1 Общие положения

5.1.1 Расчет плоских железобетонных плит на продавливание следует выполнять, учитывая сосредоточенные силы и неуравновешенные сосредоточенные моменты в плите, действующие на ограниченной площадке (см. рисунки 1, 2).

5.1.2 Неуравновешенный сосредоточенный момент в плите следует принимать из общего расчета конструктивной системы, численно равного сумме моментов в верхнем основании нижней колонны и нижнем основании верхней колонны (нижнем основании колонны – при расчете фундаментной плиты; верхнем основании колонны – при расчете плиты покрытия) и принимаемого с обратным знаком.

$$M = \frac{M_{col1} + M_{col2}}{2}, \quad (1)$$

где M_{col1} – изгибающий момент в нижнем основании верхней колонны;
 M_{col2} – изгибающий момент в верхнем основании нижней колонны.

5.1.3 Продавливающую сосредоточенную силу следует принимать из результата расчета конструктивной системы за вычетом сил, действующих с противоположной продавливающей силе стороне элемента (давление грунта, нагрузка на плиту перекрытия и т.п.), расположенных внутри большего основания пирамиды продавливания (см. рисунок 3).

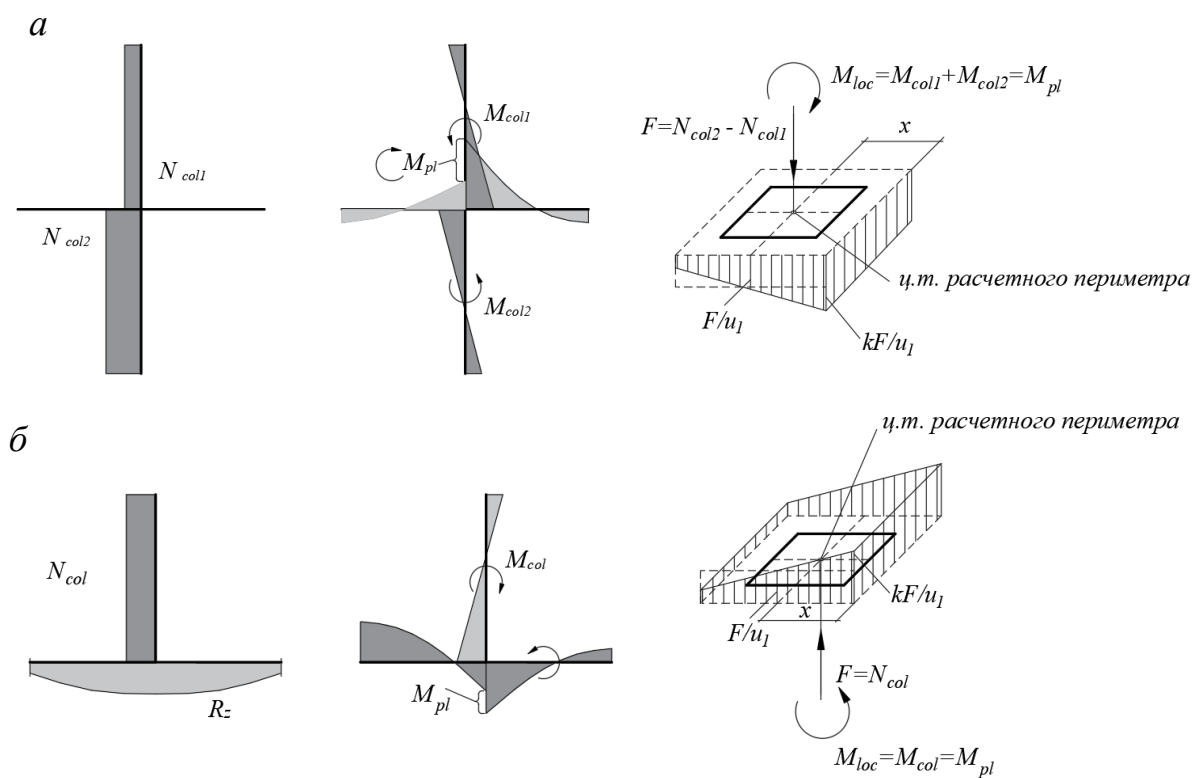
5.1.4 Проверку прочности плиты выполняют для ряда расчетных сечений (см. рисунки 3 и 7) расположенных:

- на расстоянии $h_0/2$ от площадки приложения сосредоточенной силы (периметр расчетного контура u_1);
- на расстоянии $h_{0v}/2$ от границы поперечного армирования (периметр расчетного контура u_{out});
- на расстоянии $h_0/2$ от грани капители (периметр расчетного контура u_2).

Окончательно принимают наименьшую несущую способность плиты.

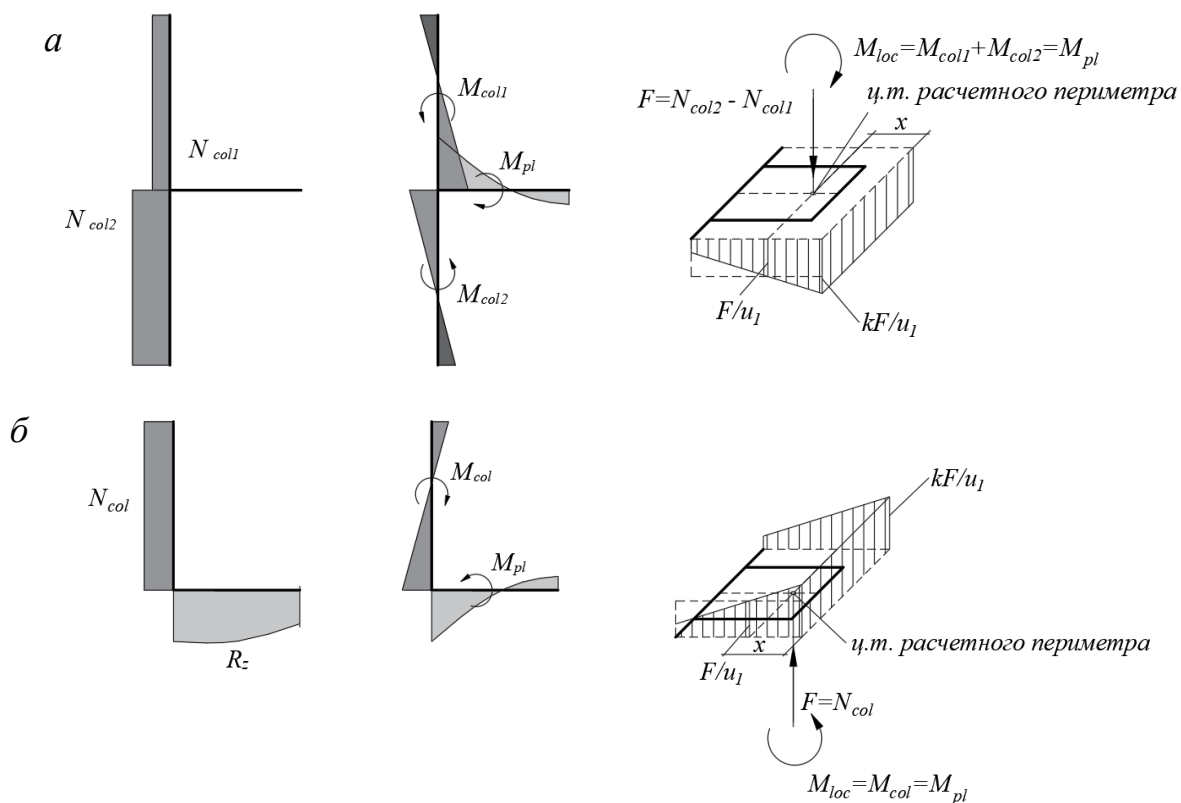
5.1.5 При наличии вблизи площадки приложения нагрузки проемов или отверстий, расположенных на расстоянии $\leq 6h$, часть расчетного периметра следует исключать согласно схеме на рисунке 4.

5.1.6 Форму и размеры расчетных периметров следует принимать в зависимости от места приложения сосредоточенной силы, а также размера площадки загрузки согласно рисункам 5, 6.



а – плита перекрытия; б – фундамент

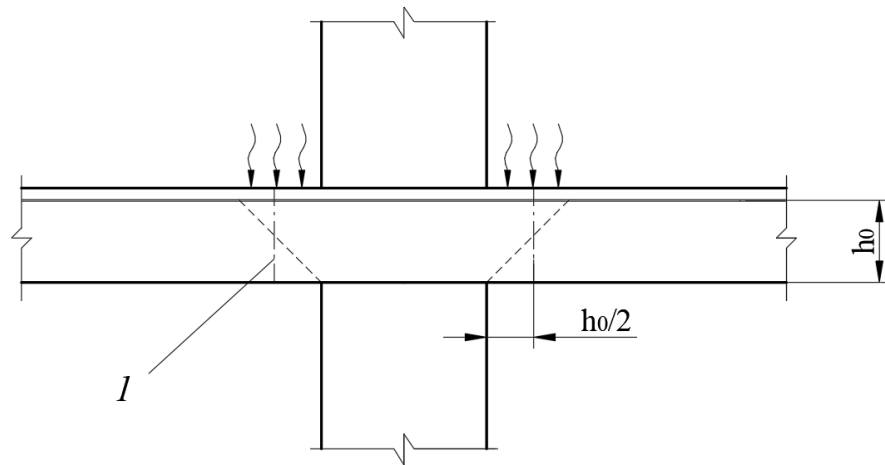
Рисунок 1 – Расчетные продавливающие усилия на плиту от промежуточной колонны



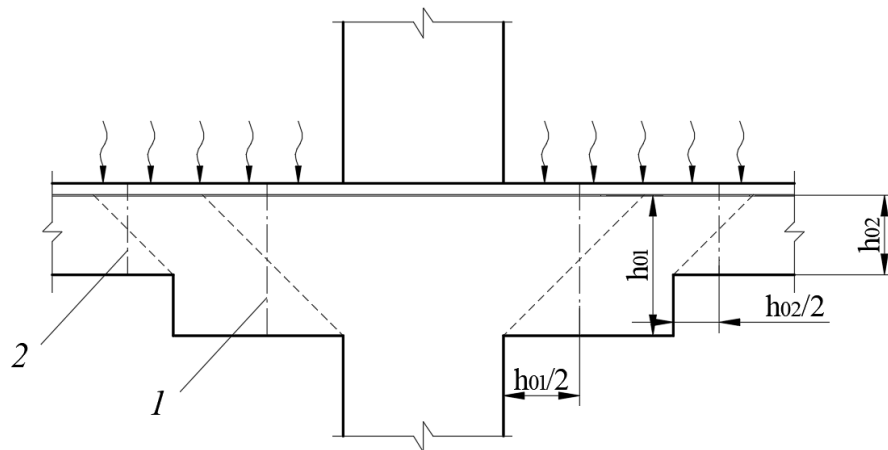
а – для плит перекрытий; б – для фундамента

Рисунок 2 – Расчетные продавливающие усилия от крайней колонны

a

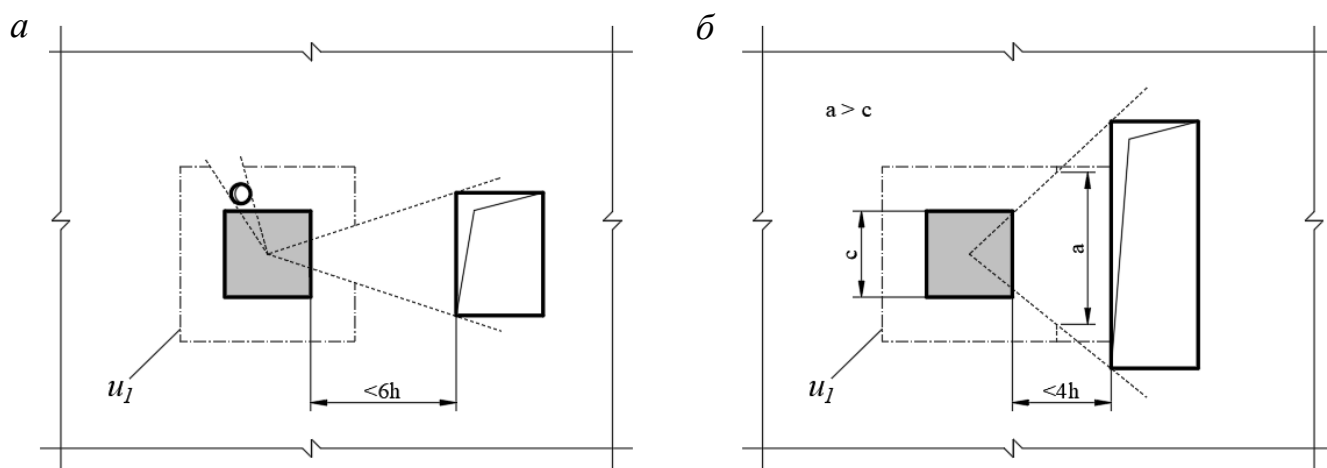


б



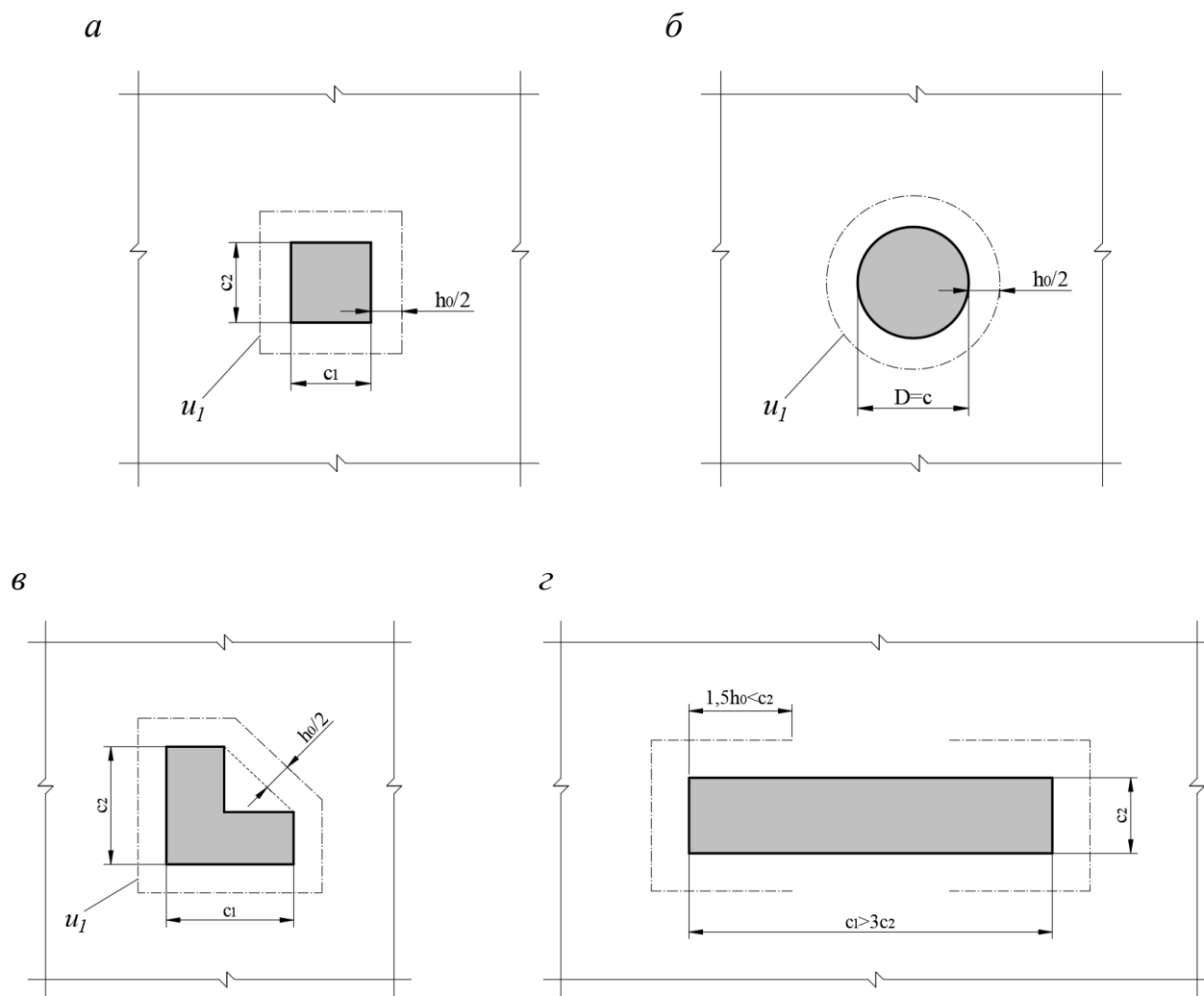
1 – расчетное сечение для периметра u_1 ; 2 – расчетное сечение для периметра u_2 ;
a – колонна без капители; *б* – колонна с капителью

Рисунок 3 – Схема для расчета плит без поперечной арматуры



a – вблизи от края; *б* – вдали от края

Рисунок 4 – Расчетный периметр для плиты с отверстиями у колонны



a – квадратное; *б* – круглое; *в* – ломаное; *г* – прямоугольное при $c_1 > 3c_2$

Рисунок 5 – Расчетный периметр у колонн с поперечным сечением различного очертания

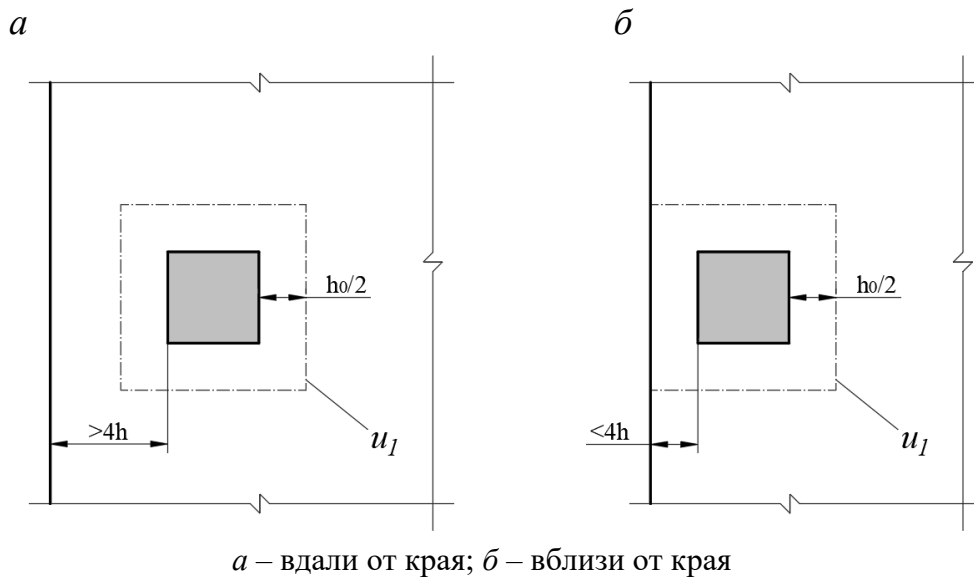


Рисунок 6 – Расчетный периметр для плиты с колонной у края

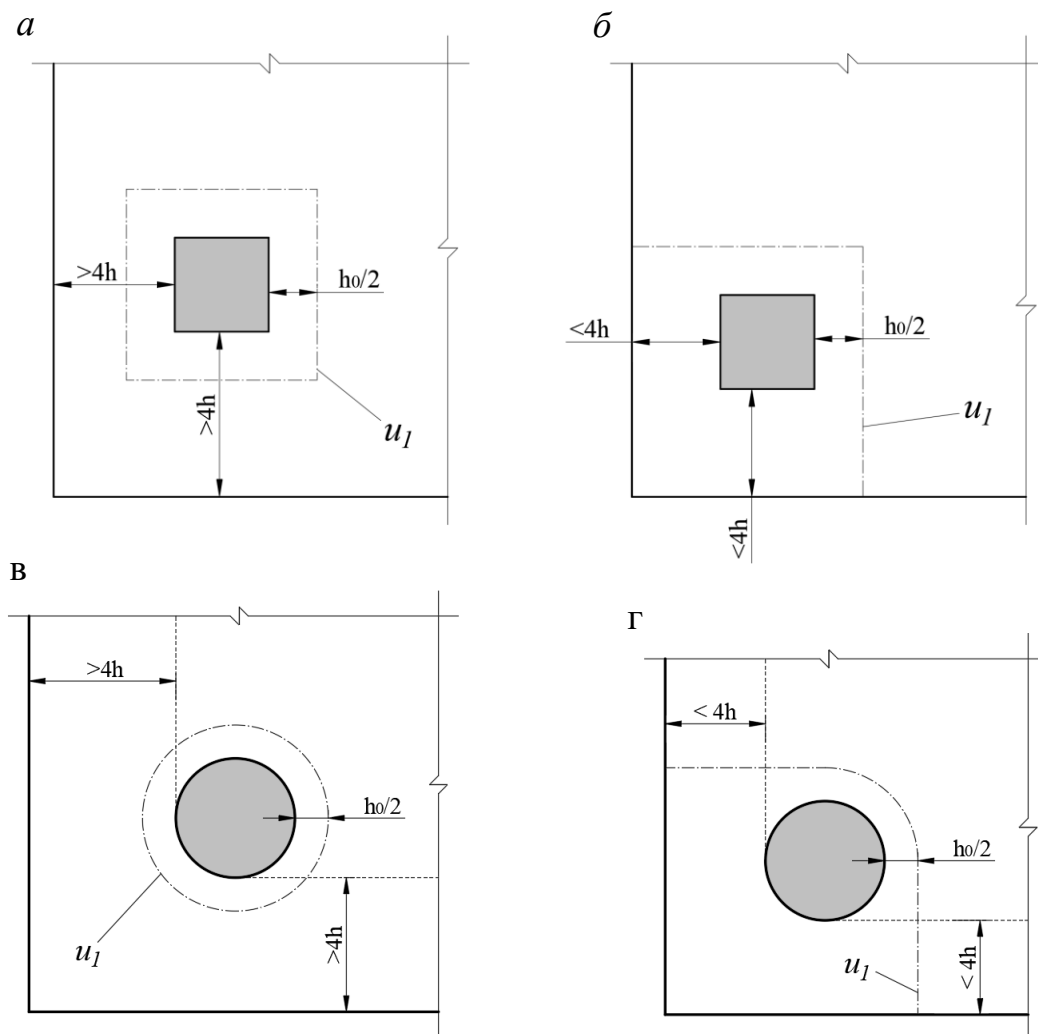


Рисунок 7 – Расчетный периметр для плиты с колонной у угла

5.2 Расчет на продавливание плит без поперечной арматуры

5.2.1 Расчет по прочности плит при действии только сосредоточенной силы следует производить из условия:

$$F \leq F_{b1,ult}, \quad (2)$$

где F – сосредоточенная сила от внешней нагрузки, действующая на плиту за вычетом разгружающих сил;

$F_{b1,ult}$ – предельное усилие, воспринимаемое бетоном расчетного поперечного сечения плиты.

5.2.2 Предельное усилие, воспринимаемое бетоном, следует вычислять по формуле:

$$F_{b1,ult} = \tau \cdot u_1 \cdot h_0, \quad (3)$$

где τ – предельные напряжения (в МПа), вычисляемые по формуле:

$$\tau = 0,5\alpha_h \sqrt[3]{R_b \cdot \mu_s} \leq R_{bt}, \quad (4)$$

где R_b , R_{bt} – расчетные сопротивления бетона на сжатие и растяжение соответственно, принимаемое согласно СП 63.13330.2018, (Н/мм²);

μ_s – количество продольной растянутой арматуры в %, вычисляемое по формуле:

$$\mu_s = \sqrt{\mu_{sx} \cdot \mu_{sy}} \leq 2, \quad (5)$$

где μ_{sx} , μ_{sy} – проценты продольной (растянутой) арматуры плиты в направлении осей X и Y соответственно, вычисляемые по формуле:

$$\mu_{sx(y)} = \frac{100 \cdot A_{sx(y)}}{(c_{x(y)} + 3h_0) \cdot h_0}, \quad (6)$$

где $c_{x(y)}$ – размер сечения площадки приложения нагрузки в направлении осей X и Y соответственно;

$A_{sx(y)}$ – площадь продольной арматуры, имеющей сцепление с бетоном, расположенной на ширине плиты равной ширине сечения колонны плюс $1,5h_0$ в каждую сторону от нее в направлении осей X и Y соответственно;

u_1 – периметр расчетного сечения бетона, принимаемый на расстоянии $h_0/2$ от границы приложения продавливающей силы;

α_h – коэффициент, вычисляемый по формуле:

$$\alpha_h = 0,7 + \frac{0,2h_0}{c} \leq 0,9, \quad (7)$$

где h_0 – рабочая высота плиты, рассчитываемая по формуле:

$$h_0 = \frac{h_{0,x} + h_{0,y}}{2}, \quad (8)$$

где $h_{0,x}$, $h_{0,y}$ – рабочая высота сечений плиты, численно равная расстоянию от сжатой грани до центра тяжести растянутой арматуры в направлении X и Y соответственно;

c – наибольший размер площадки приложения нагрузки.

5.2.3 Расчет по прочности плиты при действии **сосредоточенной силы** и **неуравновешенных сосредоточенных моментов** в плите следует производить из условия:

$$\beta \cdot F \leq F_{b1,ult}, \quad (9)$$

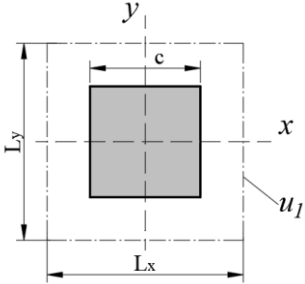
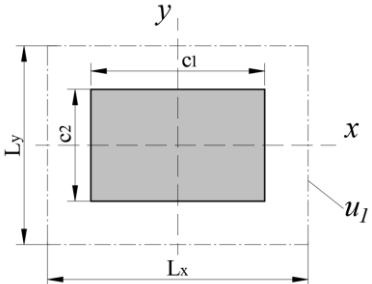
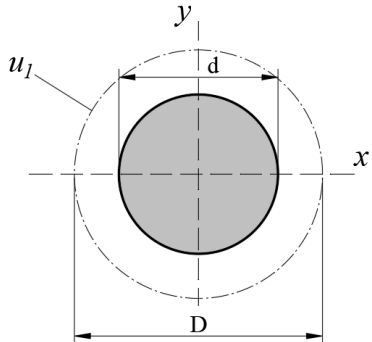
где β – коэффициент влияния моментов, рассчитываемый по формуле:

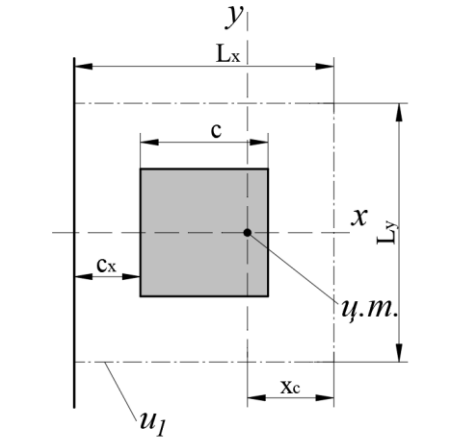
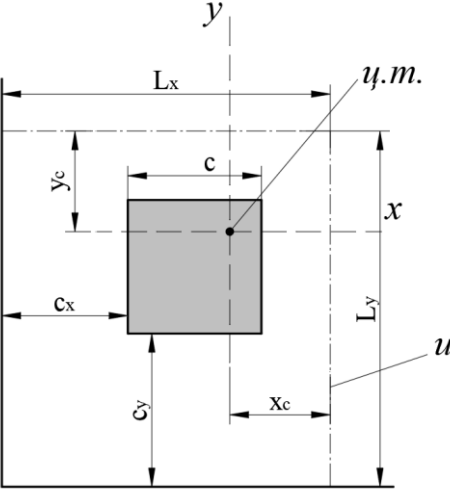
$$\beta = 1 + \sqrt{\left(\frac{M_x \cdot u_1}{F \cdot W_{1,x}}\right)^2 + \left(\frac{M_y \cdot u_1}{F \cdot W_{1,y}}\right)^2} \leq 1,5, \quad (10)$$

где $W_{1,x(y)}$ – момент сопротивления расчетного периметра плиты u_1 , вычисляемый по формуле:

$$W_{1,x(y)} = \frac{I_{1,x(y)}}{x(y)}. \quad (11)$$

Т а б л и ц а 1 – Параметры расчетного контура продавливания

Форма колонны/ расположение	Схема расчетного периметра	Длина расчетного периметра, u_1	Момент сопротивления, W_1
квадрат (среднее)		$u_1 = 4L_x = 4c + 4h_0$	$W_x = W_y = \frac{4}{3}L_x^2 = \frac{4}{3}(c + h_0)^2$
прямоугольник (среднее)		$u_1 = 2(L_x + L_y) = 2(c_1 + c_2) + 4h_0$	$W_x = \frac{L_y^2}{3} + L_x L_y = \frac{(c_2 + h_0)^2}{3} + (c_1 + h_0)(c_2 + h_0)$ $W_y = \frac{L_x^2}{3} + L_x L_y = \frac{(c_1 + h_0)^2}{3} + (c_1 + h_0)(c_2 + h_0)$
круг (среднее)		$u_1 = \pi \cdot D = \pi(d + h_0)$	$W_x = W_y = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot (d + h_0)^2}{4}$

квадрат (край)		$u_1 = 3c + 2(h_0 + c_x)$	$W_x = 2L_y^2 + L_x L_y$ $W_y = \frac{2[L_x^3/12 + L_x(L_x/2 - x_c)^2] + L_y x_c^2}{x_c}$ $x_c = L_x - \left(\frac{L_x^2 + L_x L_y}{2L_x + L_y} \right)$
квадрат (угол)		$u_1 = L_x + L_y = 2c + h_0 + c_x + c_y$	$W_x = \frac{L_y^3/12 + L_y(L_y/2 - y_c)^2 + L_x y_c^2}{y_c}$ $W_y = \frac{L_x^3/12 + L_x(L_x/2 - x_c)^2 + L_y x_c^2}{x_c}$ $x_c = L_x - \left(\frac{L_x^2/2 + L_x L_y}{L_x + L_y} \right);$ $y_c = L_y - \left(\frac{L_y^2/2 + L_x L_y}{L_x + L_y} \right)$

5.3 Расчет на продавливание плит с поперечной арматурой

5.3.1 Расчет по прочности плиты с поперечной арматурой при действии только сосредоточенной силы следует производить из условия:

$$F \leq F_{b1,ult} + F_{sw,ult}, \quad (12)$$

где $F_{sw,ult}$ – предельное усилие, воспринимаемое поперечной арматурой плиты.

5.3.2 Предельное усилие, воспринимаемое поперечной арматурой, следует вычислять по формуле:

$$F_{sw,ult} = 0,8 \cdot A_{sw} \cdot R_{sw}, \quad (13)$$

где R_{sw} – расчетное сопротивление поперечной арматуры, принимаемое согласно СП 63.13330.2018;

A_{sw} – площадь поперечной арматуры плиты, пересекаемой наклонным сечением, расположенным под углом 45° (см. рисунок 8), и расположенной по обе стороны от расчетного периметра в зоне:

- для расчетного периметра u_1 : от $-h_0/3$ до $+h_0/2$;
- для остальных периметров: от $-h_0/2$ до $+h_0/2$.

5.3.3 Количество поперечной арматуры, учитываемой в расчете, в зависимости от типа поперечной арматуры, следует принимать из условия:

- для хомутов, шпилек: $0,25F_{b,ult} \leq F_{sw,ult} \leq 0,5F_{b,ult}$;
- для сварных каркасов, арматуры PSB: $0,25F_{b,ult} \leq F_{sw,ult} \leq F_{b,ult}$.

5.3.4 Расчет по прочности плиты с поперечной арматурой при действии сосредоточенной силы и неуравновешенного момента в плите следует производить из условия:

$$\beta \cdot F \leq F_{b1,ult} + F_{sw,ult}, \quad (14)$$

5.3.5 Для плит с поперечной арматурой следует также производить проверку прочности за зоной поперечного армирования.

5.3.6 Прочность плиты за зоной поперечного армирования при действии только сосредоточенной силы следует проверять из условия (15), а при действии сосредоточенной силы и момента из условия (16).

5.3.7 Предельное усилие, воспринимаемое бетоном за зоной поперечного армирования, следует вычислять по формуле:

$$F_{b,out,ult} = \tau \cdot u_{out} \cdot h_{0V}, \quad (15)$$

где h_{0V} – рабочая высота плиты, принимаемая равной расстоянию от растянутой арматуры, до начала анкеровки поперечной арматуры у сжатой грани плиты (см. рисунок 10). Для хомутов и шпилек за начало участка анкеровки следует принимать начало прямого участка стержня, для сварных каркасов – пересечение продольной и поперечной арматуры каркаса, для арматуры PSB – конец высаженной головки.

5.3.8 Расчет по прочности плиты за зоной поперечного армирования при действии сосредоточенной силы и момента следует вычислять по формуле:

$$\beta_{out} \cdot F \leq F_{b,out,ult}, \quad (16)$$

где β – коэффициент влияния моментов, рассчитываемый по формуле:

$$\beta_{out} = 1 + \sqrt{\left(\frac{M_x \cdot u_{out}}{F \cdot W_{out,x}}\right)^2 + \left(\frac{M_y \cdot u_{out}}{F \cdot W_{out,y}}\right)^2} \leq 1,5, \quad (17)$$

где $W_{out,x(y)}$ – момент сопротивления расчетного периметра плиты u_1 , вычисляемый по формуле:

$$W_{out,x(y)} = \frac{I_{out,x(y)}}{x(y)}, \quad (18)$$

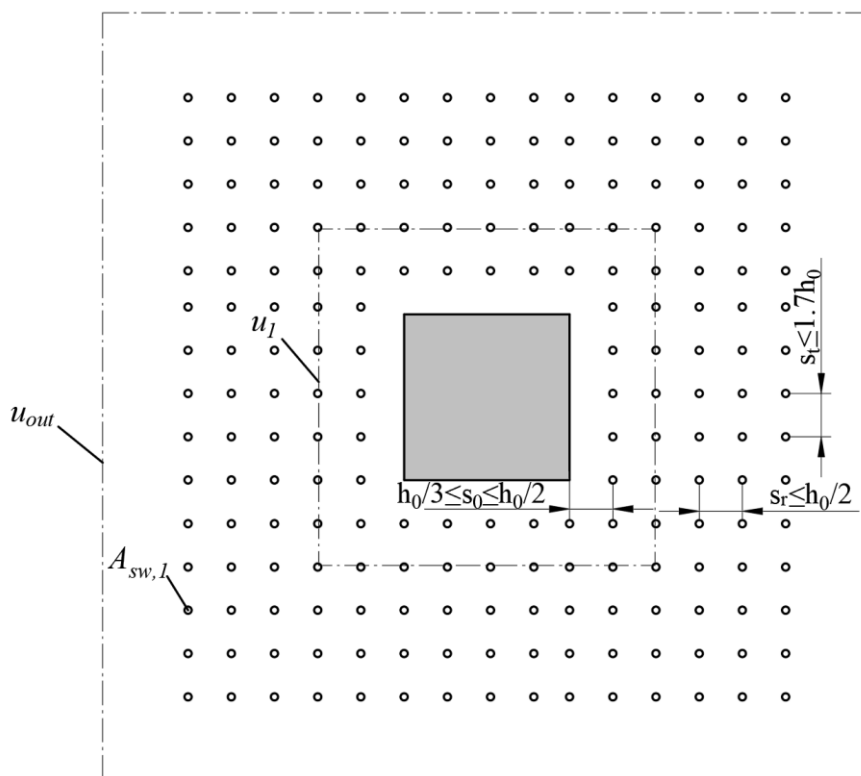


Рисунок 8 – Схема для расчета при равномерном распределении поперечной арматуры

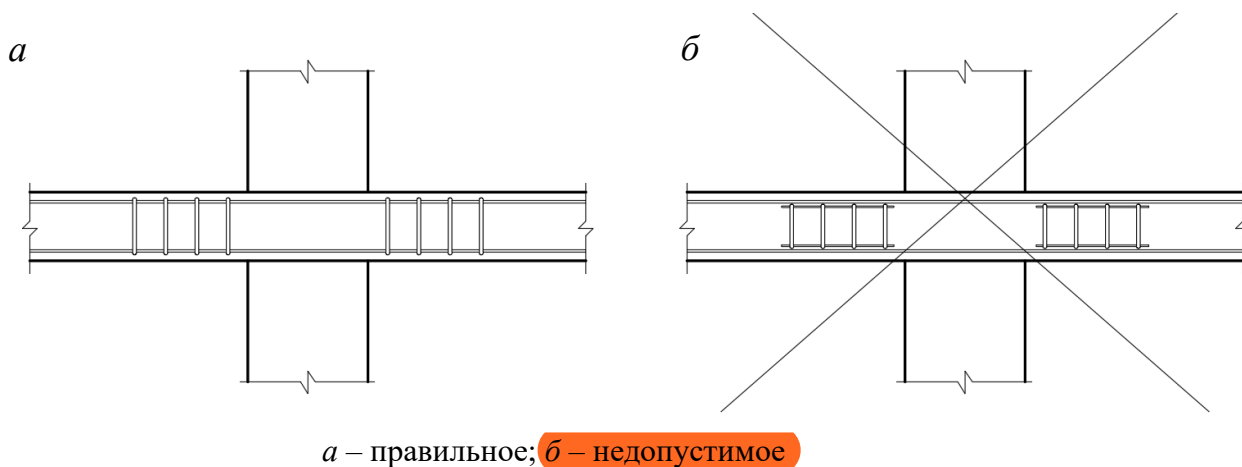
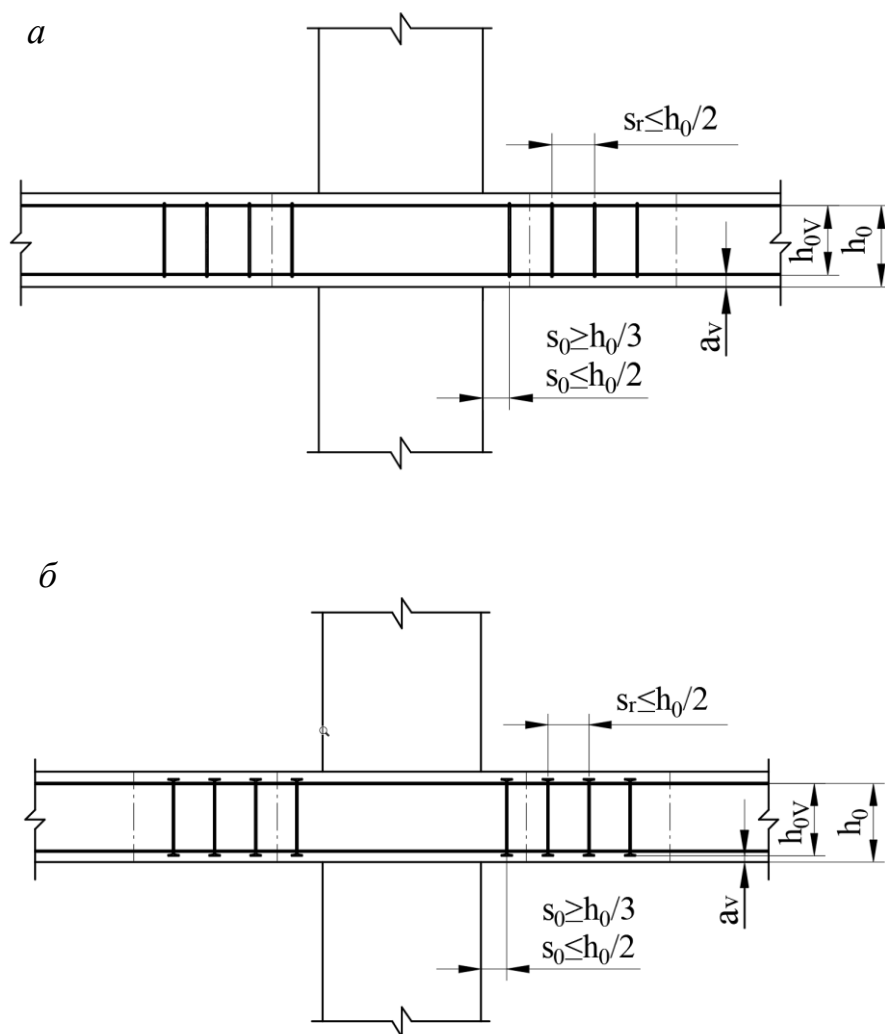
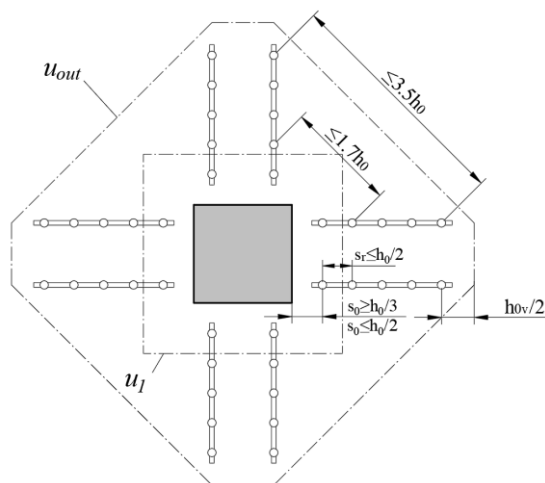
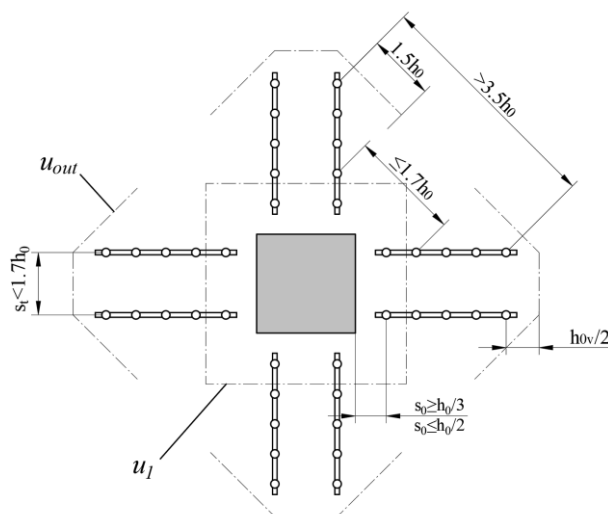
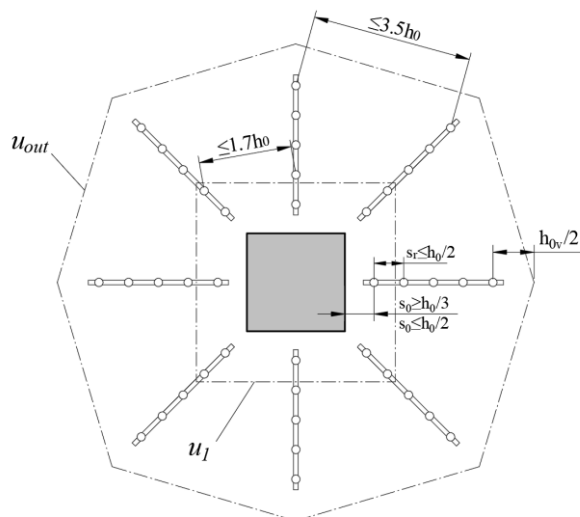


Рисунок 9 – Расположение поперечной арматуры по толщине плиты при h менее 700 мм



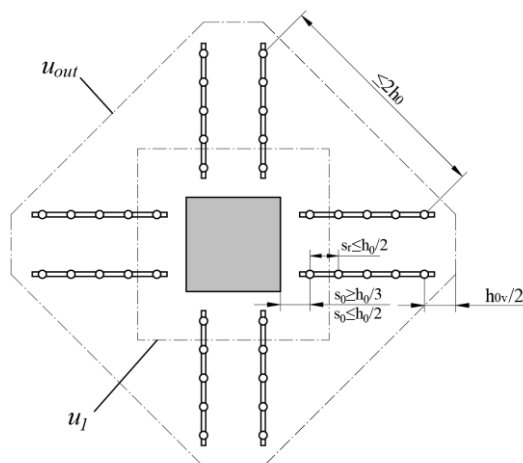
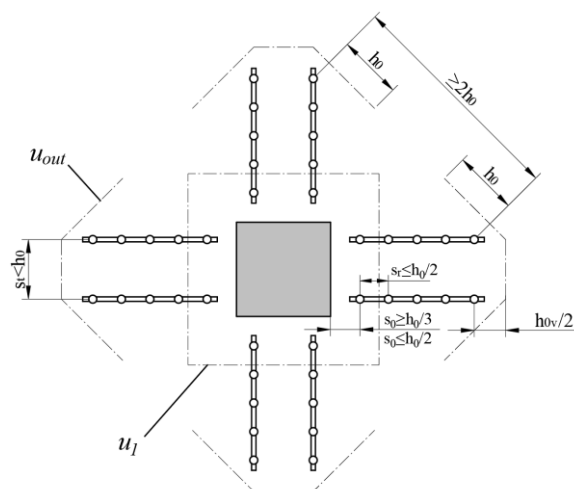
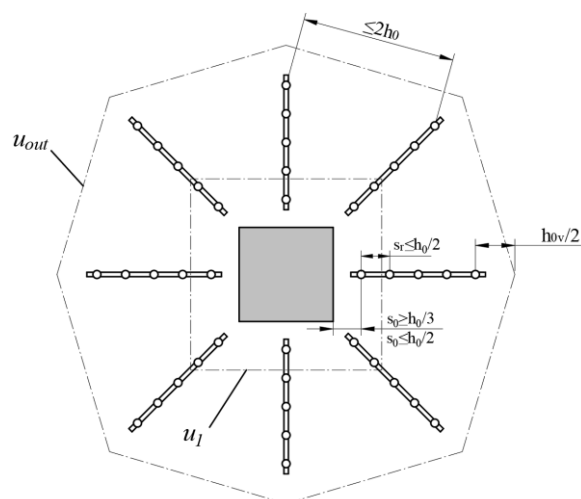
a – для хомутов, шпилек и сварных каркасов; *б* – для арматуры PSB

Рисунок 10 – Расположение поперечной арматуры по сечению плиты

a*б**в*

a и *б* – для хомутов, шпилек и сварных каркасов и PSB; *в* – для арматуры PSB

Рисунок 11 – Расположение поперечной арматуры для плит толщиной менее 700 мм

a*б**в*

a и *б* – для хомутов, шпилек и сварных каркасов и PSB; *в* – для арматуры PSB

Рисунок 12 – Расположение поперечной арматуры для плит толщиной более 700 мм

6 Конструктивные требования к постановке поперечной арматуры

6.1 Общие требования

6.1.1 Поперечное армирование учитывается в расчете при толщине плиты не менее 180 мм и не менее $16d_{sw}$ (d_{sw} – диаметр поперечной арматуры).

6.1.2 В плитах толщиной до 700 мм шаг поперечной арматуры в радиальном направлении (s_r) следует принимать не более $h_0/2$ и не более 300 мм. В плоских фундаментных плитах и плитах перекрытий (покрытий) при толщине 700 мм и более s_r следует принимать не более $h_0/3$ и не более 500 мм.

6.1.3 Ширину зоны постановки поперечной арматуры от грузовой площадки следует принимать не менее $1,5h_0$.

6.1.4 Шаг поперечной арматуры в тангенциальном направлении следует принимать:

- для плит толщиной менее 700 мм: $s_{t,2} \leq 1,7h_0$, $s_{t,n} \leq 3,5h_0$;
- для плит толщиной 700 мм и более: $s_{t,n} \leq 2h_0$.

6.1.5 Схему расположения поперечной арматуры в плитах по толщине и в плане принимают в соответствии с рисунками 9, 11 и 12.

6.1.6 В качестве поперечной арматуры следует применять хомуты, шпильки, сварные каркасы, имеющие надежную анкеровку по концам путем приварки или охвата продольной рабочей арматуры, и арматуру PSB с концевыми анкерами по концам (высаженные головки).

6.2 Хомуты и шпильки

6.2.1 В качестве арматуры для изготовления гнутых элементов хомутов и шпилек следует применять арматуру классов А240, А400 и А500.

6.2.2 Диаметр поперечной арматуры в вязаных каркасах изгибаемых элементов принимают не менее 6 мм – для плит толщиной до 700 мм и 8 мм – в остальных случаях.

6.2.3 Рекомендованные формы хомутов и шпилек приведены на рисунке 13.

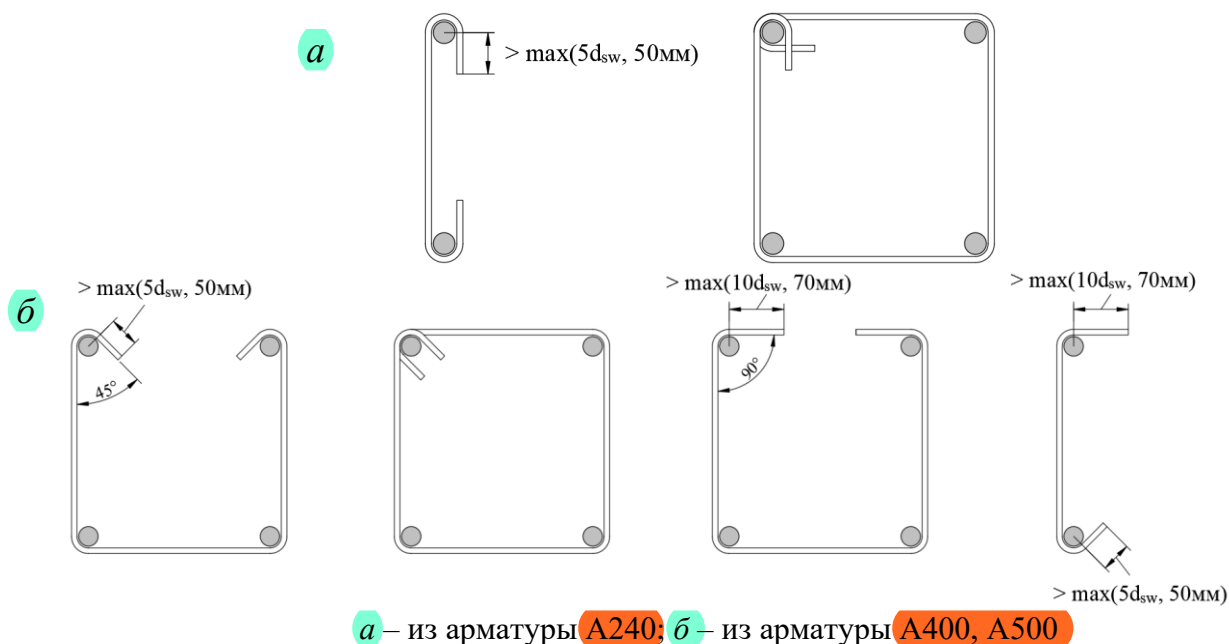


Рисунок 13 – Конструкции хомутов и шпилек для восприятия продавливающих сил

6.3 Сварные каркасы

6.3.1 В качестве арматуры для сварных каркасов следует применять арматуру классов А240С и А400С по ГОСТ 5781-82.

6.3.2 В сварных каркасах диаметр продольной арматуры d в сварном каркасе принимают не менее 1,4 диаметра поперечной арматуры d_{sw} (см. рисунок 14).

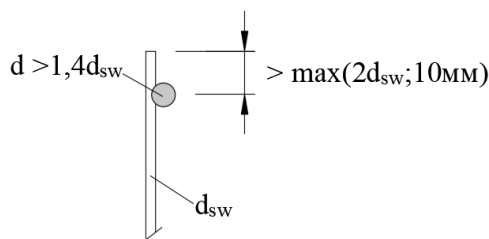


Рисунок 14 – Конструкция сварных каркасов

6.3.3 Сварные крестообразные соединения продольной и поперечной арматуры в каркасе следует выполнять по типу К1-Кт в соответствии с ГОСТ 14098-2014 с обязательным проведением приемо-сдаточных испытаний в соответствии с ГОСТ 10922-2012.

6.3.4 Образцы для испытаний крестовых соединений при механических испытаниях до разрушения должны иметь минимальное временное сопротивление C_1 не менее указанного в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Минимальное временное сопротивление крестовых соединений

Класс арматурной стали	Минимальное временное сопротивление сварных соединений C_1 , Н/мм ²
A240C	320
A400C	530

6.4 Арматура PSB

6.4.1 В качестве элементов с анкерами по концам в виде высаженных головок следует применять арматуру PSB ПЕЙККО, выпускаемую по ТУ 25.11.23-001-68995885-2022 и прошедшую приемо-сдаточные испытания.

6.4.2 Расчетное сопротивление поперечной арматуры PSB (R_{sw}) следует принимать 300 МПа.

6.4.3 В таблице 3 приведены параметры арматуры PSB и рекомендуемые толщины плит для их установки.

Т а б л и ц а 3 – Рекомендуемые параметры для арматуры PSB

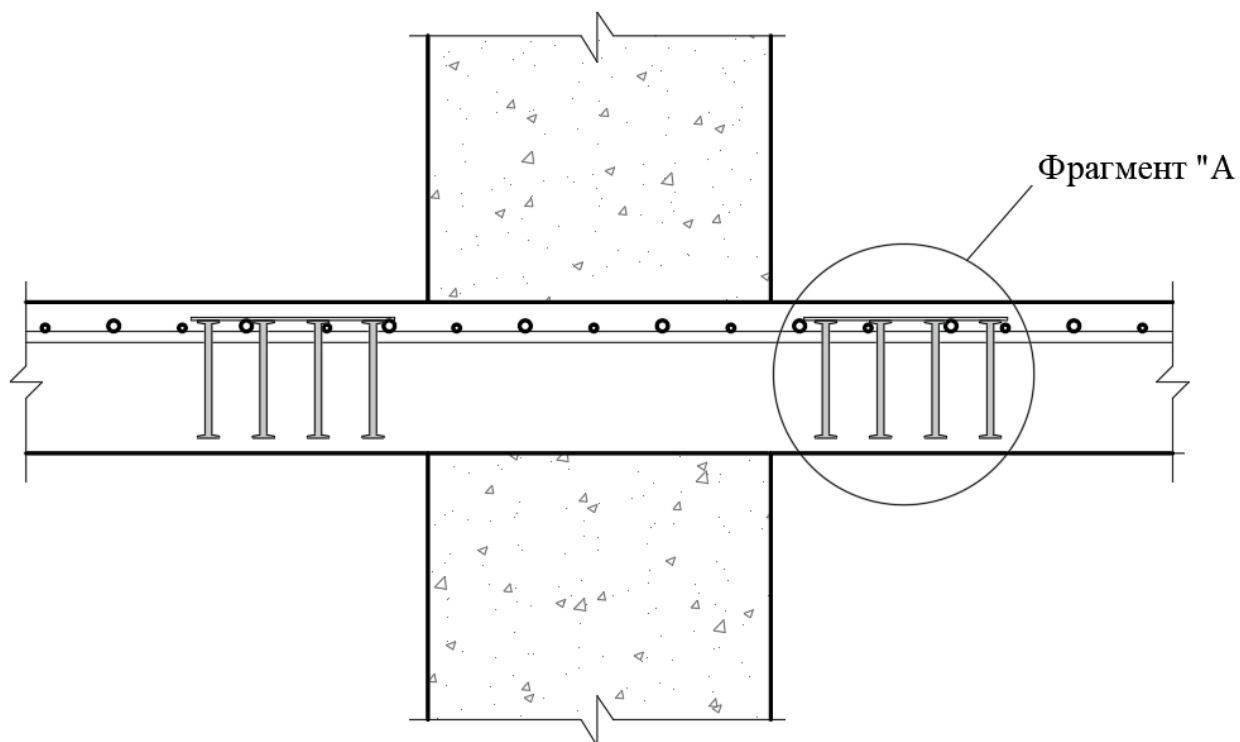
Толщина плиты, мм	Диаметр арматуры PSB, мм	Высота арматуры PSB, мм
180	10	130
200	10–12	150
220		170
240	10–14	190
250		200
260	10–16	210
280		230
300	10–18	250
350	10–20	300
400	10–25	350
450		400
500		450
600		550
700		630
800		730
900		830
1000		930

6.4.4 Положение арматуры PSB по толщине плиты следует принимать таким образом, чтобы верх стержня располагался не ниже верхней арматуры плиты (см. рисунок 15). Для обеспечения требуемого защитного слоя бетона до арматуры PSB, в случае монтажа сверху, следует использовать конструктивную арматуру.

6.4.5 При монтаже арматуры PSB допускаются следующие отклонения от проектного положения:

- смещение в радиальном направлении (вдоль луча): $h/25$ (h – толщина плиты в мм), но не более 25 мм;
- смещение в тангенциальном направлении (между лучами): $h/12$, но не более 30 мм;
- смещение стержня по толщине плиты: $h/50$, но не более 10 мм.

6.4.6 В случае поставки на строительный объект арматуры PSB в виде отдельных стержней, стержни следует объединять в группы путем приварки пластины или двух стержней арматуры в соответствии с ТУ 25.11.23-001-68995885-2022.



Фрагмент "А"

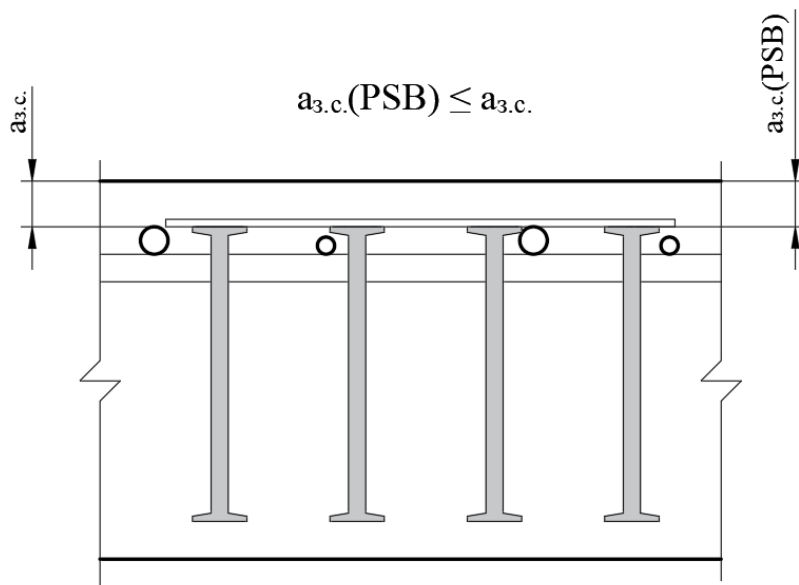


Рисунок 15 – Схема установки поперечной арматуры PSB

Приложение А

Пример расчета плиты на продавливание

Пример. Проверить прочность плиты на продавливание при опирании на промежуточную колонну (см. рисунок А.1).

Дано: Усилия в верхней и нижней колоннах: $N_{col,1} = 4520 \text{ кН}$, $N_{col,2} = 4010 \text{ кН}$, $M_{col1,x} = 54 \text{ кН} \cdot \text{м}$, $M_{col2,x} = 49 \text{ кН} \cdot \text{м}$, $M_{col1,y} = 32 \text{ кН} \cdot \text{м}$, $M_{col2,y} = 27 \text{ кН} \cdot \text{м}$.

Плита запроектирована толщиной 220 мм из тяжелого бетона класса по прочности на сжатие В25. Верхнее армирование плиты: основное (фоновое) из вязанной сетки из d10 А500 с ячейкой 200×200 мм и дополнительное из отдельных стержней d16 А500 с шагом 200 мм в двух перпендикулярных направлениях. Нижняя колонна квадратного сечения с размерами 500×500 мм (см. рисунок А.1).

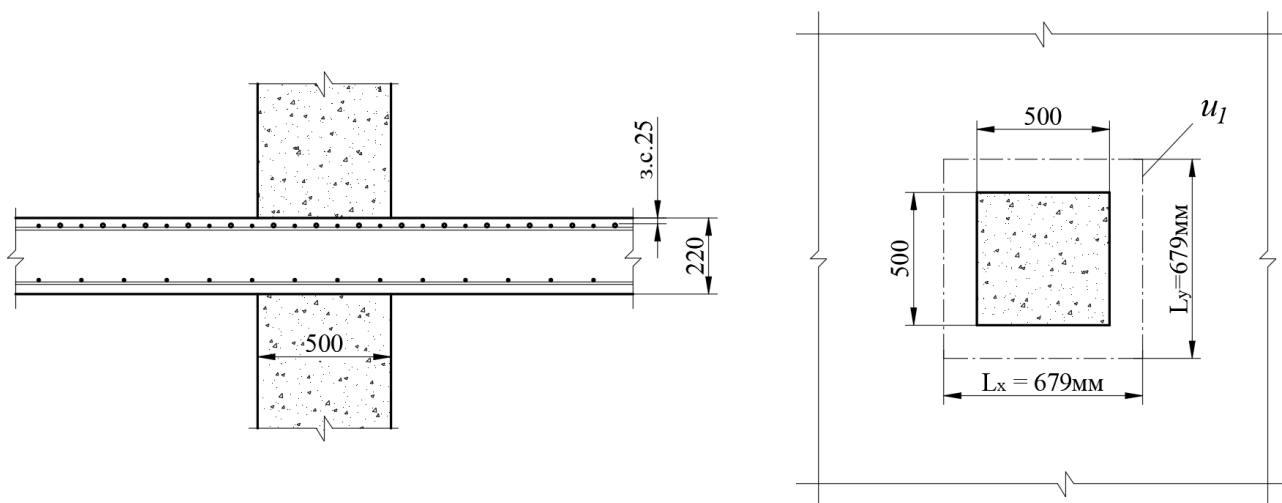


Рисунок А.1 – Схема для расчета плиты перекрытия

Общие положения:

Расчетные продавливающие усилия, действующие в плите:

$$F = 4520 - 4010 = 510 \text{ кН}; \quad M_x = 54 + 49 = 103 \text{ кН} \cdot \text{м}; \quad M_y = 32 + 27 = 59 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Расчет прочности на продавливание:

Рабочая высота плиты: $h_0 = \frac{187 + 171}{2} = 179 \text{ мм}.$

Процент продольной растянутой арматуры плиты:

Общая площадь верхней продольной растянутой арматуры на ширине плиты $0,5 + 3 \cdot 0,179 = 1,037 \text{ м}$ составляет: $A_s = 1,04 / 0,2 \cdot (78,5 + 200) = 1434 \text{ мм}^2.$

$$\mu_{sx/y} = \frac{100 \cdot A_s}{(c_{x/y} + 3h_0) \cdot h_0} = \frac{100 \cdot 1434}{179 \cdot 1037} = 0,77\%.$$

Параметры расчетного контура бетона (см. рисунок А.1):

$$u_1 = 2(L_x + L_y) = 2(679 + 679) = 2716 \text{ мм}.$$

Коэффициент α_h вычисляем по формуле (7):

$$\alpha_h = 0,7 + \frac{0,2h_0}{c} = 0,7 + \frac{0,2 \cdot 0,179}{0,5} = 0,77 \leq 0,9.$$

Предельные напряжения для расчетного контура вычисляем по формуле:

$$\tau = 0,5\alpha_h \sqrt[3]{R_b \cdot \mu_s} = 0,5 \cdot 0,77 \cdot \sqrt[3]{14,5 \cdot 0,77} = 0,86 \text{ МПа} \leq R_{bt} = 1,05 \text{ МПа}.$$

Предельное усилие, воспринимаемое бетоном расчетного контура, составит:

$$F_{b,ult} = \tau \cdot u_1 \cdot h_0 = 0,86 \cdot 2716 \cdot 179 / 1000 = 418 \text{ кН}.$$

Момент сопротивления для плиты, опирающейся на промежуточную колонну квадратного сечения, рассчитываем по формуле (см. таблицу 1):

$$W_x = W_y = \frac{4L_x^2}{3} = \frac{4 \cdot 0,679^2}{3} = 0,614 \text{ м}^2.$$

Коэффициент влияния момента рассчитываем по формуле (10):

$$\beta = 1 + \sqrt{\left(\frac{M_x \cdot u_1}{F \cdot W_x}\right)^2 + \left(\frac{M_y \cdot u_1}{F \cdot W_y}\right)^2} = 1 + \sqrt{\left(\frac{51,5 \cdot 2,716}{510 \cdot 0,614}\right)^2 + \left(\frac{29,5 \cdot 2,716}{510 \cdot 0,614}\right)^2} = 1,51 > 1,5, \text{ принимаем}$$

$$\beta = 1,5$$

Проверяем условие прочности плиты на продавливание по формуле (9):

$\beta \cdot F = 1,5 \cdot 510 = 765 \text{ кН} > 418 \text{ кН}$, прочность не обеспечена, необходима постановка поперечного армирования.

Дефицит прочности плиты без поперечного армирования составляет: $765 / 418 = 1,83$, учитывая, что максимальный вклад поперечного армирования в виде хомутов и шпилек не более 50 % (см. пункт 5.3.3), принимаем армирование ПЕЙККО (стержни с высаженными головками).

Принимаем расстановку по лучевой схеме согласно схеме на рисунке А.2.

Высоту арматуры PSB принимаем равной $220 - 30 - 30 = 160 \text{ мм}$.

Защитный слой бетона от нижней грани до арматуры PSB составит: $a_v = 30 \text{ мм}$.

Рабочая высота плиты за контуром продавливания: $h_{0v} = h_0 - a_v = 179 - 30 = 149 \text{ мм}$.

Учитывая снижение влияния моментов с ростом контура продавливания, принимаем (ориентировочно) коэффициент $\beta_{out} = 1,2$.

Тогда требуемая длина периметра за контуром поперечного армирования PSB составит:

$$u_{out}^{треб} = \frac{\beta_{out} \cdot F}{\tau \cdot h_{0v}} = \frac{1,2 \cdot 510}{0,86 \cdot 149} = 4,78 \text{ м}.$$

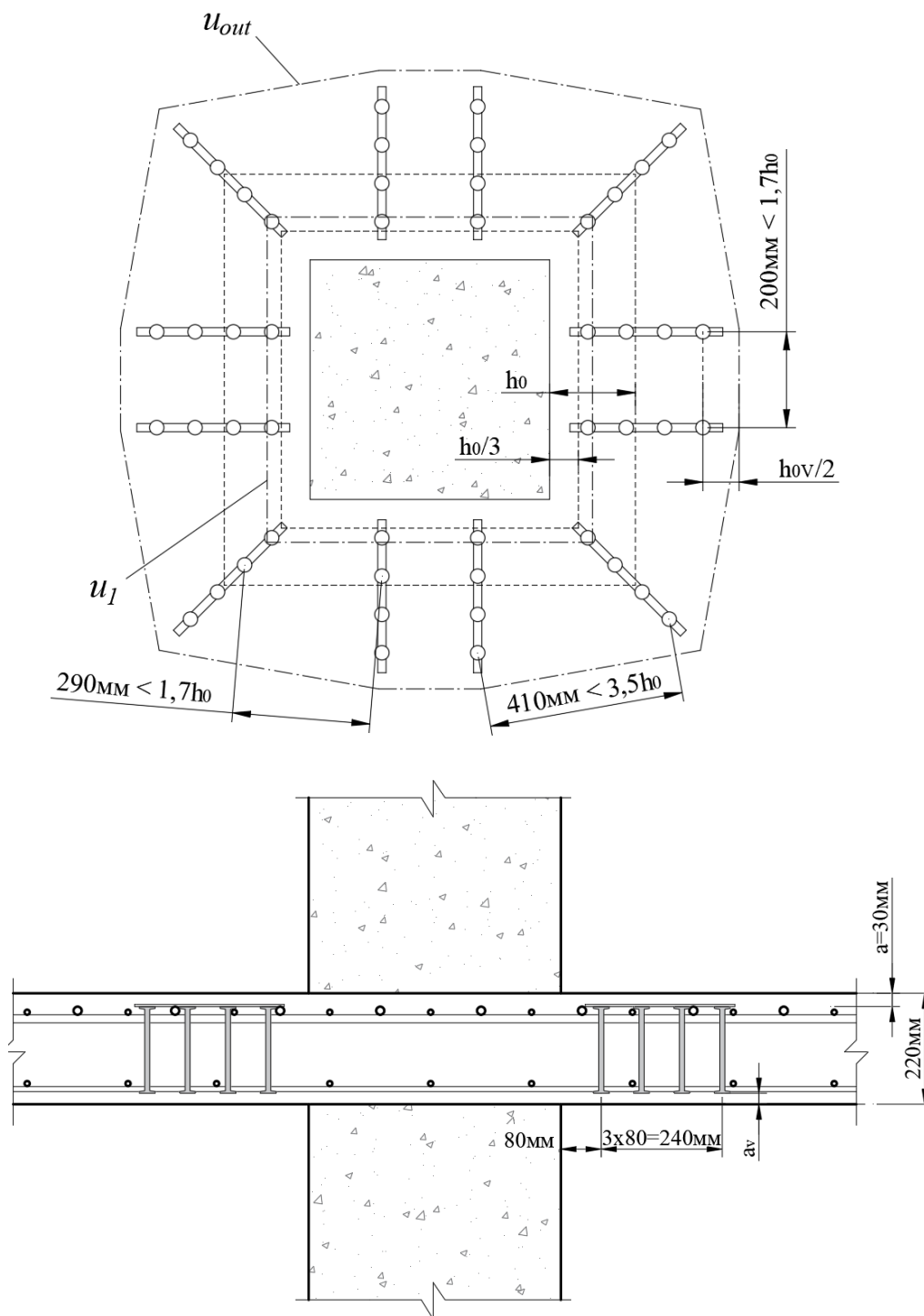


Рисунок А.2 – Схема поперечного армирования

Принимаем четыре стержня арматуры PSB по длине луча, тогда параметры расчетного контура бетона u_{out} (см. рисунок А.2) составляют:

$$u_{out} = 8(213 + 465) = 5424 \text{ мм} ,$$

$$W_{out,x(y)} = \frac{J_{out,x(y)}}{y(x)}$$

$$W_{out,x(y)} = \frac{\sum_i \frac{l_i}{3} (a_i^2 + a_i b_i + b_i^2)}{y(x)} = \frac{4 \left[\frac{213}{3} \cdot (646^2 + 2 \cdot 646 + 646^2) + \frac{465}{3} \cdot (646^2 + 646 \cdot 565 + 565^2) + \frac{465}{3} \cdot (565^2 + 565 \cdot 107 + 107^2) + \frac{213}{3} (107^2 + 107 \cdot (-107) + 107^2) \right]}{646} = 1,805 \cdot 10^6 \text{ мм}^2;$$

Коэффициент влияния момента составит:

$$\beta = 1 + \sqrt{\left(\frac{M_x \cdot u_{out}}{F \cdot W_x} \right)^2 + \left(\frac{M_y \cdot u_{out}}{F \cdot W_y} \right)^2} = 1 + \sqrt{\left(\frac{51,5 \cdot 5,42}{510 \cdot 1,805} \right)^2 + \left(\frac{29,5 \cdot 5,42}{510 \cdot 1,805} \right)^2} = 1,35 < 1,5.$$

Принимаем $\beta = 1,35$.

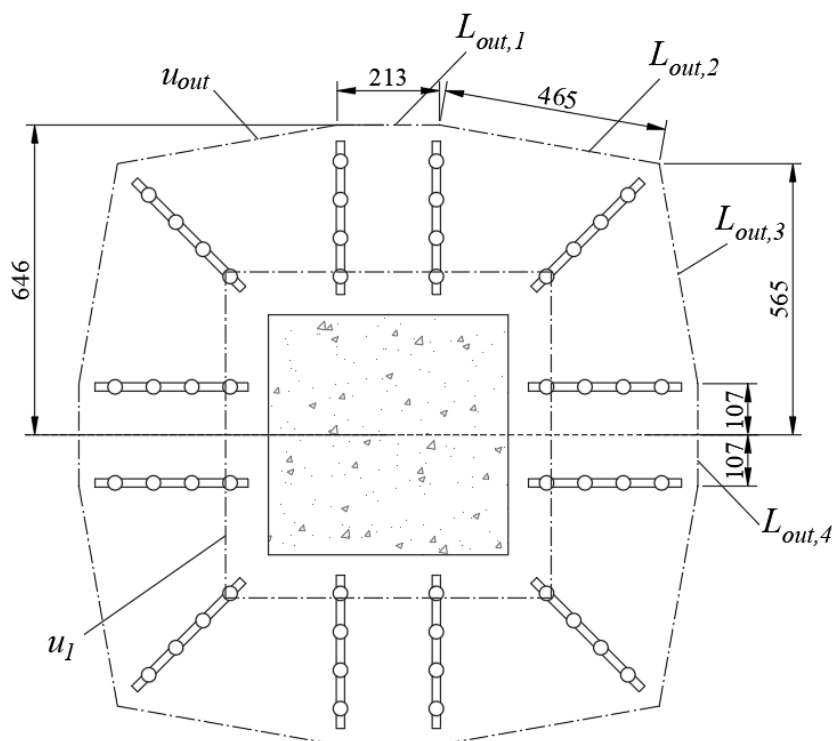


Рисунок А.3 – Параметры внешнего расчетного контура продавливания

Предельное усилие, воспринимаемое бетоном за зоной поперечного армирования, составляет:

$$F_{b,out,ult} = 0,86 \cdot 5424 \cdot 149 = 695 \text{ кН}.$$

Проверяем условие прочности плиты на продавливание за контуром установки поперечного армирования:

$$\beta_{out} \cdot F = 1,35 \cdot 510 = 688 \text{ кН} < 695 \text{ кН}.$$

Прочность за контуром поперечного армирования обеспечена.

Определяем требуемый диаметр арматуры PSB по формуле:

$$F_{sw,ult} \geq \beta \cdot F - F_{b1,ult}$$

Требуемое количество поперечной арматуры составит:

$$A_{sw}^{мреб} = \frac{\beta \cdot F - F_{b1,ult}}{0,8R_{sw}} \geq \frac{0,25F_{b1,ult}}{0,8R_{sw}}$$

$$A_{sw}^{мреб} = \frac{(1,5 \cdot 510 - 418) \cdot 10^3}{0,8 \cdot 300} = 1446 \text{ мм}^2 > 435 \text{ мм}^2 = \frac{0,25 \cdot 418 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 300}.$$

Принимаем количество поперечной арматуры, попадающей в расчетное сечение, равным 24d10 мм, с площадью сечения 1884 мм².

Окончательно принимаем поперечное армирование в виде 12 деталей PSB марки PSB10/165×4/S80 – 2Ø5/Bp500.

Приложение Б

Технология установки арматуры PSB

Изделия PSB устанавливаются в плиту в соответствии с проектными чертежами. Арматура PSB должна иметь клеймо завода изготовителя на одном торце и символ PSB с соответствующим диаметром на противоположном торце высаженной головки в соответствии с рисунком Б.1.

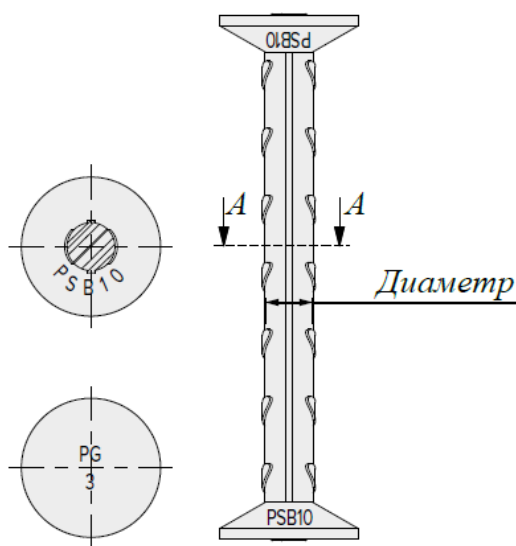


Рисунок Б.1 – Арматурная деталь PSB

Изделия PSB могут быть установлены на опалубку перед монтажом продольного армирования (см. рисунок Б.3) или сверху на продольную арматуру после ее монтажа (см. рисунок Б.4).

При установке на опалубку для обеспечения проектного защитного слоя бетона на сборочный профиль изделий PSB устанавливаются пластмассовые клипсы PSB (см. рисунок Б.2).

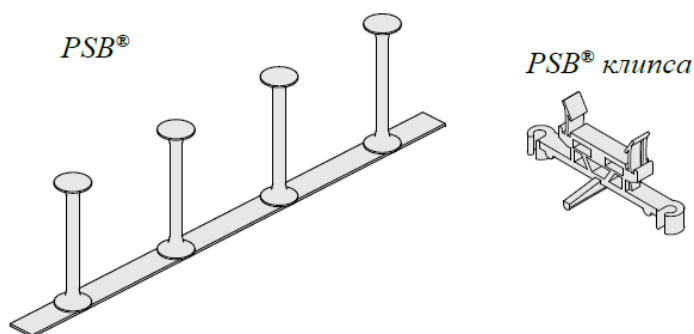


Рисунок Б.2 – Арматурная деталь PSB со сборочным профилем

При установке сверху изделия PSB крепят на основную арматуру плиты, для этого могут быть использованы крестовины PSB-Q.

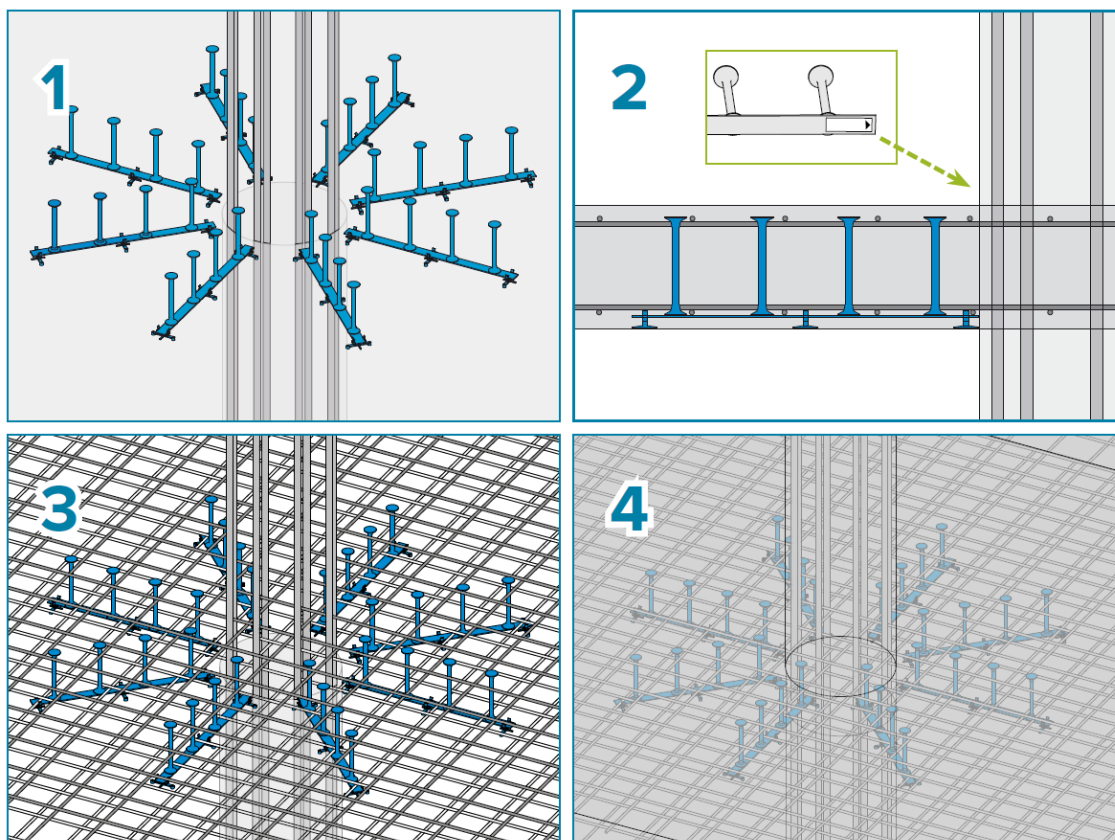


Рисунок Б.3 – Установка изделий PSB снизу

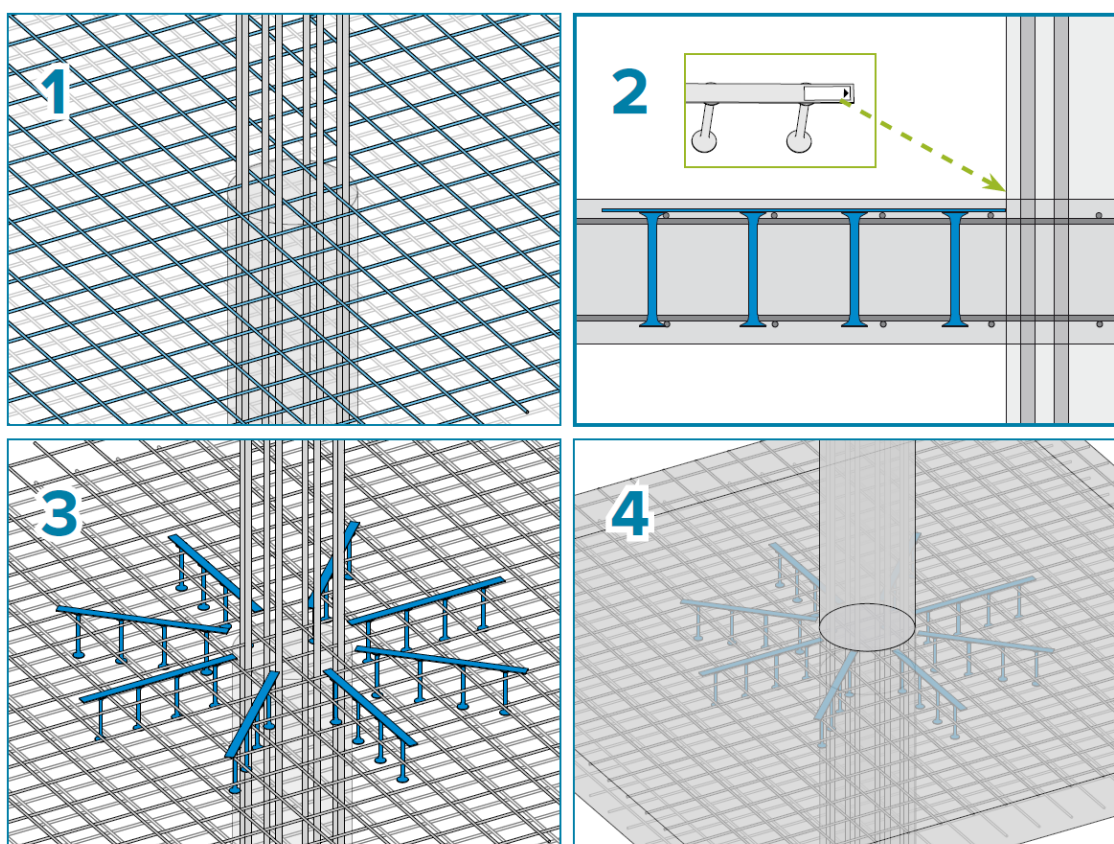


Рисунок Б.4 – Установка изделий PSB сверху

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
АО «НИЦ «СТРОИТЕЛЬСТВО»
**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПРОТИВ
ПРОДАВЛИВАНИЯ
РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ**

СТО 36554501-069-2022

Подготовлено к изданию АО «НИЦ «Строительство»

Тел.: (499) 602-00-70