

## РАСЧЕТ ПЛИТЫ МОНОЛИТНОГО БЕЗБАЛОЧНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ НА ПРОДАВЛИВАНИЕ

© 2017 С. И. Меркулов<sup>1</sup>, О. Э. Чуйкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> докт. техн. наук, профессор, зав. кафедрой промышленного  
и гражданского строительства  
e-mail: [mersi.dom@yandex.ru](mailto:mersi.dom@yandex.ru)

<sup>2</sup> магистр кафедры промышленного и гражданского строительства  
e-mail: [sinok46@yandex.ru](mailto:sinok46@yandex.ru)

Курский государственный университет

В результате обзора и анализа информации из источников были определены конструктивные решения, обеспечивающие прочность плит на продавливание. В статье рассмотрена методика расчета на продавливание монолитных безбалочных перекрытий. Сделаны выводы по актуальному вопросу применения безбалочных перекрытий.

**Ключевые слова:** безбалочные перекрытия, расчет на продавливание.

В строительстве широко распространено применение безбалочных перекрытий пролетами до 5–6 м. Существенными обстоятельствами, ограничивающими применение безбалочных перекрытий с пролетами более 5–6 м, являются сложности с обеспечением прочности на продавливание.

Продавливание происходит вокруг колонны в результате разрушения бетона и приводит к мгновенному обрушению несущей плиты перекрытия. Существующие конструктивные решения, обеспечивающие прочность плит на продавливание, можно разделить на следующие типы:

- 1) увеличение рабочей толщины плиты;
- 2) увеличение площади опирания;
- 3) постановка поперечной арматуры.

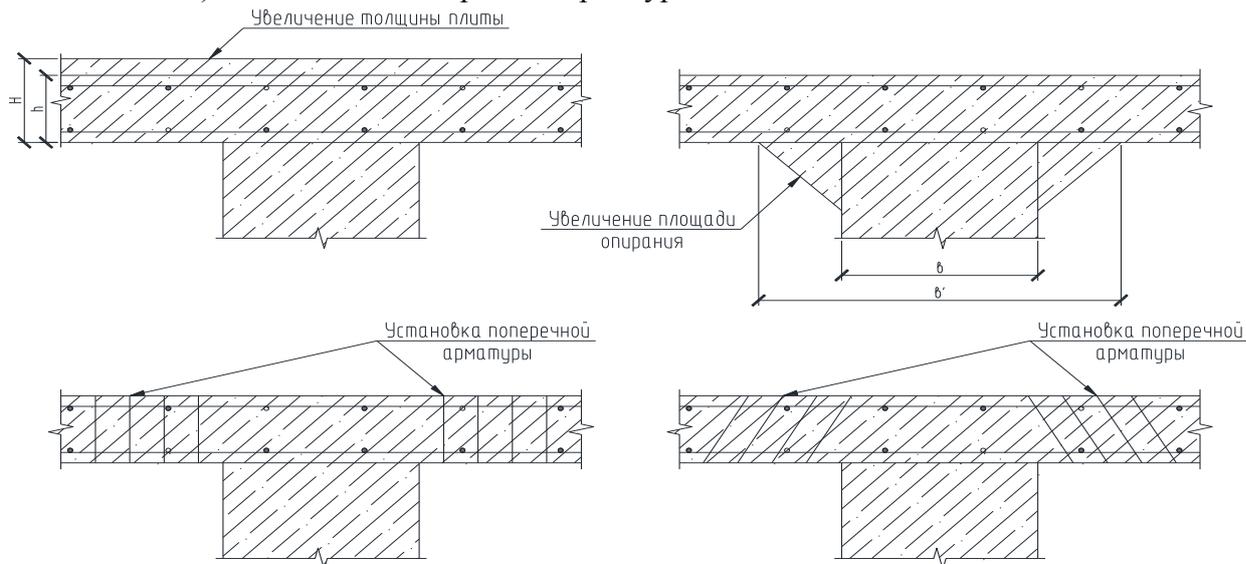


Рис. 1. Основные типы усиления плит на продавливание

Каждый из этих типов имеет свои преимущества, но также и недостатки: высокая трудоемкость при исполнении, увеличение нагрузки на плиту, уменьшение

полезного объема помещения, ограничение по максимальной величине усиления, определяемой предельной несущей способностью плиты на продавливание по грани колонны.

Расчет на продавливание ранее относился к числу редко применяемых в массовой практике проектирования. Им пользовались в основном тогда, когда к перекрытиям прикладывалась большая нагрузка по небольшой площади.

Методика расчёта на продавливание была предложена А.А. Гвоздевым [Гвоздев 1978: 109–110], в дальнейшем она была усовершенствована в работах других исследователей [Коровин, Голосов 1974: 5–12; Коровин, Ступкин 1974: 23–30; Дофман, Левонтин 1975: 46–49] и др.

Основная идея метода заключается в следующем.

Продавливание происходит по боковой поверхности пирамиды, меньшее основание – площадь действия продавливающей силы, а боковые грани наклонены под углом  $45^\circ$  к горизонтали. При этом исходят из предположения, что продавливание происходит в момент, когда растягивающие напряжения превосходят предел прочности бетона на растяжение.

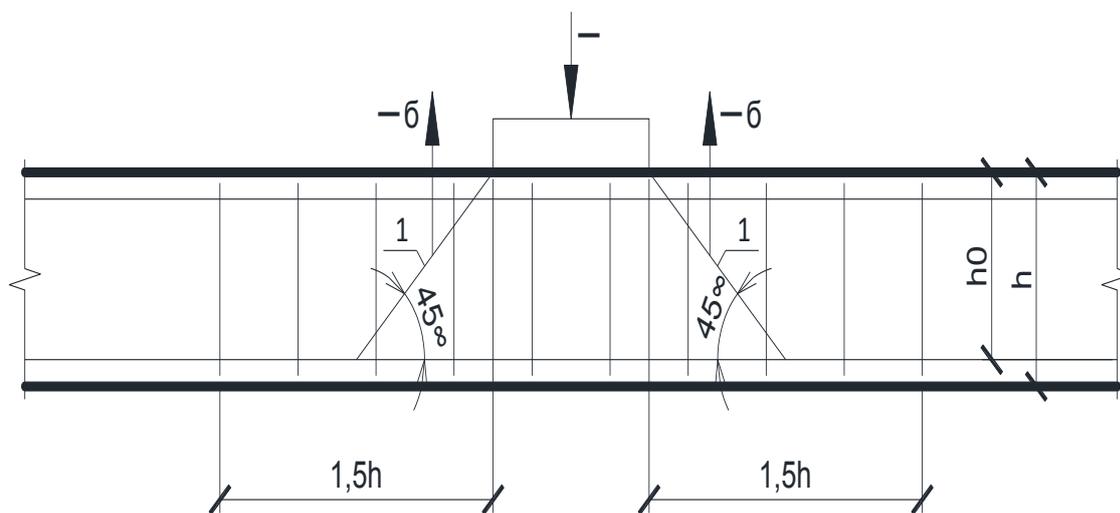


Рис. 2. Схема расчёта на продавливание согласно СНиП II–21–75: 1 – расчётная пирамида продавливания

По предложенной формуле Гвоздева расчёт на продавливание выполняется из условия

$$P \leq k \cdot R_p \cdot b_{cp} \cdot h_0, \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий неравномерный характер распределения напряжений по поверхности (0,75);  $b_{cp}$  – среднее между верхним и нижним периметрами основания тела продавливания;  $h_0$  – рабочая высота перекрытия;  $R_p$  – прочность бетона на растяжение.

После проведения дополнительных экспериментальных исследований коэффициент  $k$  был повышен до 1,0 для тяжелых бетонов и до 0,8 для бетонов на пористых заполнителях.

Полученная формула (1) была принята в СНиП II–21–75 «Бетонные и железобетонные конструкции», в котором в случае установки поперечной арматуры расчёт на продавливание плит производился из следующих условий:

$$P \leq 1,4 \cdot k \cdot R_p \cdot b_{cp} \cdot h_0, \quad (2)$$

$$P \leq R_{ax} \cdot F_x, \quad (3)$$

где  $F_x$  – суммарная площадь сечения поперечной арматуры, пересекающей боковые грани пирамиды продавливания.

По нормам СНиП II–21–75 для случая поперечного армирования величина внешней концентрированной нагрузки не должна превышать несущую способность по бетону более чем в 1,4 раза. При этом поперечная арматура должна устанавливаться в таком количестве, чтобы она воспринимала всю внешнюю нагрузку.

С.Г. Качановским была предложена формула для расчёта на продавливание плит с поперечной арматурой, которая в последующем была принята в СНиП 2.03.01–84 «Бетонные и железобетонные конструкции». Согласно СНиП 2.03.01–84 расчёт на продавливание плит с поперечной арматурой необходимо было выполнять из условия

$$P \leq P_0 \cdot P_x, \quad (4)$$

но не более  $2 \cdot P_0$ , где  $P_0$  – усилие, воспринимаемое бетоном в расчётном сечении и определяемое по формуле (5), а  $P_x$  – усилие, воспринимаемое поперечной арматурой, пересекающей боковые грани расчётной пирамиды продавливания, определяется по формуле (6).

$$F_b = k \cdot R_p \cdot b_{cp} \cdot h_0. \quad (5)$$

Здесь  $F$  – продавливающая сила;  $k$  – коэффициент, принимаемый равным для бетона: тяжелого – 1,00; мелкозернистого – 0,85; легкого – 0,80.

$$P_x \leq k_1 \cdot R_{a,x} \cdot F_x. \quad (6)$$

Здесь  $k_1$  – коэффициент, принимаемый равным 0,8. При учете поперечной арматуры значение  $P_x$  должно быть не менее  $0,5 P_0$ .

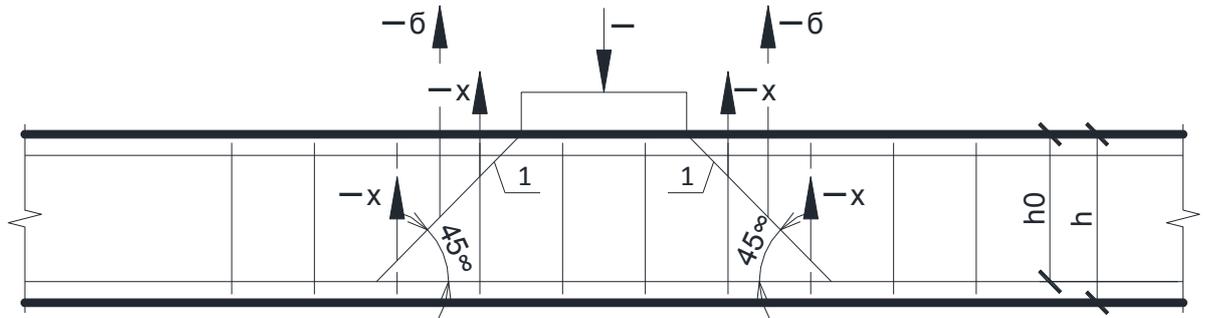


Рис. 3. Схема расчёта на продавливание плит согласно СНиП 2.03.01-84: 1 – расчётная пирамида продавливания

В 2003 г. А. Иванов и А.С. Залесов в своих работах [Иванов 2003; Иванов, Залесов 2003] предложили в расчётах на продавливание поверхность пирамиды продавливания заменить на условное, вертикальное сечение, расположенное от площадки нагружения на расстоянии, равном половине рабочей высоты  $h_0/2$ . Данное предложение было принято для методики расчёта на продавливание в СП 52–102–2003 «Проектирование и устройство свайных фундаментов». Методика расчёта на продавливание элементов с поперечной арматурой, приведенная в СП 52–102–2003, была перенесена с незначительными изменениями, касающимися в основном конструктивных требований, в действующий на данный момент нормативный документ СП 63.13330.2012, в котором расчет прочности плиты на продавливание без поперечной арматуры при действии сосредоточенной силы производят из условия.

$$F \leq F_{b,ult}, \quad (7)$$

где  $F$  – сосредоточенная сила от внешней нагрузки,  $F_{b,ult}$  – предельное усилие, воспринимаемое бетоном.

Усилие  $F_{b,ult}$  определяют по формуле

$$F_{b,ult} = R_{bt} \cdot A_b, \quad (8)$$

где  $A_b$  – площадь расчетного поперечного сечения, расположенного на расстоянии  $0,5h_0$  от границы площади приложения сосредоточенной силы  $F$  с рабочей высотой сечения  $h_0$ .

Площадь  $A_b$  определяют по формуле

$$A_b = u \cdot h_0, \quad (9)$$

где  $u$  – периметр контура расчетного поперечного сечения;  $h_0$  – приведенная рабочая высота сечения  $h_0 = 0,5(h_{0x} + h_{0y})$ , здесь  $h_{0x}$  и  $h_{0y}$  – рабочая высота сечения для продольной арматуры, расположенной в направлении осей  $X$  и  $Y$ .

Расчет прочности плиты на продавливание с поперечной арматурой при действии сосредоточенной силы производят из условия

$$F \leq F_{b,ult} + F_{sw,ult}, \quad (10)$$

где  $F_{sw,ult}$  – предельное усилие, воспринимаемое поперечной арматурой при продавливании;  $F_{b,ult}$  – предельное усилие, воспринимаемое бетоном, определяемое согласно 8.1.47 СП 63.13330.2012.

Усилие  $F_{sw,ult}$ , воспринимаемое поперечной арматурой, нормальной к продольной оси плиты и расположенной равномерно вдоль контура расчетного поперечного сечения, определяют по формуле

$$F_{sw,ult} = 0,8 \cdot q_{sw} \cdot u, \quad (11)$$

где  $q_{sw}$  – усилие в поперечной арматуре на единицу длины контура расчетного поперечного сечения, расположенной в пределах расстояния  $0,5h_0$  по обе стороны от контура расчетного сечения:

$$q_{sw} = \frac{R_{sw} \cdot A_{sw}}{s_w}. \quad (12)$$

$A_{sw}$  – площадь сечения поперечной арматуры с шагом  $s_w$ , расположенная в пределах расстояния  $0,5h_0$  по обе стороны от контура расчетного поперечного сечения по периметру контура расчетного поперечного сечения;  $u$  – периметр контура расчетного поперечного сечения, определяемый согласно 8.1.47 СП 63.13330.2012.

Расчет прочности плиты на продавливание производят при действии сосредоточенных силы и изгибающего момента и отсутствии поперечной арматуры согласно 8.1.49 СП 63.13330.2012, а при действии сосредоточенных силы и изгибающего момента и наличии поперечной арматуры – согласно 8.1.50 СП 63.13330.2012.

Таким образом, на сегодняшний день отсутствуют методы расчета железобетонных плит перекрытий на продавливание, полностью учитывающие все факторы конструктивных решений и условий эксплуатации.

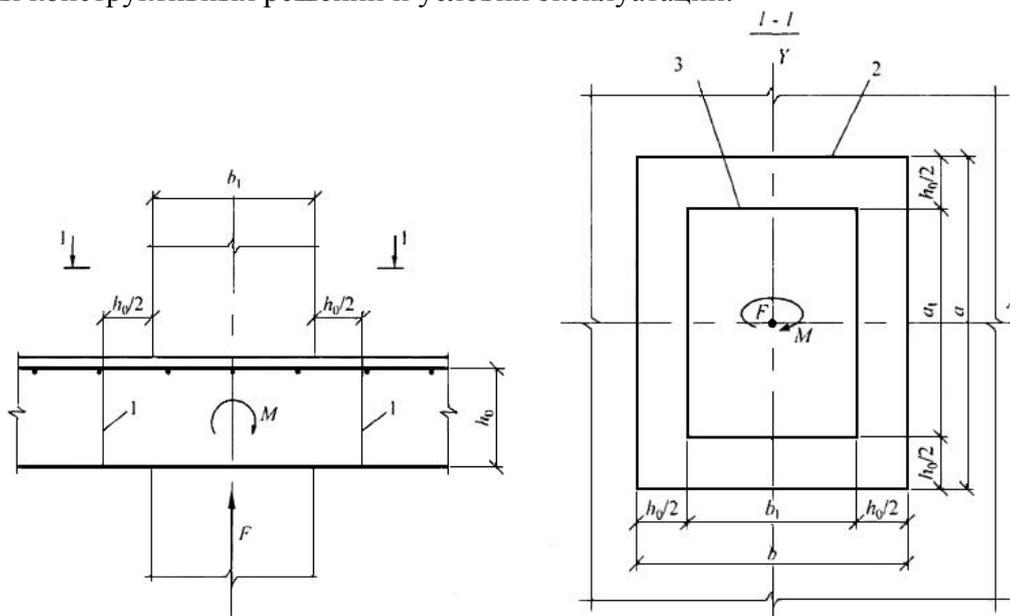


Рис. 4. Схема расчёта на продавливание плит согласно СП 63.13330.2012: 1 – расчетное поперечное сечение; 2 – контур расчетного поперечного сечения; 3 – контур площадки приложения нагрузки

*Библиографический список*

- Гвоздев А. А.* Новое в проектировании бетонных и железобетонных конструкций. М.: Стройиздат, 1978. 204 с.
- Коровин Н. Н, Голосов В. Н.* Продавливание свайных ростверков колоннами // Труды НИИЖБ. 1974. Вып.10. С. 25–40.
- Коровин Н.Н., Ступкин А. В.* Продавливание фундаментов колоннами // Труды НИИЖБ, 1974. Вып. 10. С. 4–24.
- Дофман А.Э, Левонтин Л.Н.* Проектирование безбалочных бескапитальных перекрытий. М.: Стройиздат, 1975. 124 с.
- Иванов А.* Расчет прочности плоских плит перекрытий с поперечной арматурой монолитных зданий на продавливание // Известия вузов. Строительство и архитектура. –2003. С. 206–210.
- Иванов А., Залесов А.С.* Расчет прочности плоских плит перекрытий без поперечной арматуры монолитных каркасных зданий на продавливание // Известия вузов. Строительство и архитектура. – 2003. С. 200–205.
- СП 63.13330.2012.* Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52–01–2003. 2011. М., 2012.
- Болгов А.Н.* Работа узлов сопряжения колонн из высокопрочного бетона с перекрытием в монолитных зданиях с рамно – связевой системой: дис. ... канд. техн. наук. М., 2005.