

УДК 624.012.45

*Воронцова Н.С., кандидат технических наук
доцент кафедры «Железобетонные и каменные конструкции»*

*Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет*

Россия, г. Санкт-Петербург

Анкудинов Д.А.

инженер

ООО «РЛ Проект»

Россия, г. Санкт-Петербург

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА НА ПРОДАВЛИВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БЕЗБАЛОЧНЫХ ПЛИТ ПЕРЕКРЫТИЙ

***Аннотация:** Статья посвящена анализу методов расчета железобетонных безбалочных плит перекрытий. Рассмотрены методы расчета по СП 430.1325800.2018 и Model Code 2010. Выполнено численное исследование и приведен сравнительный анализ полученных результатов. По результатам сравнительного анализа приведены выводы характеризующие описанные методики.*

***Ключевые слова:** железобетонная плита, арматура, бетон, безбалочное перекрытие, расчет на продавливание.*

***Annotation:** The article is devoted to the analysis of calculation methods for reinforced concrete flat slab floor. Calculation methods for SP 430.1325800.2018 and Model Code 2010 are considered. A numerical study is performed and a comparative analysis of the results obtained is presented. Based on the results of the comparative analysis, the conclusions characterizing the described methods are presented.*

Key words: reinforced concrete slab, reinforcement, concrete, flat slab floor, punching calculation.

В современной строительной практике безбалочные железобетонные плиты, встречаются достаточно часто. Такой тип плит применяется в зданиях различного функционального назначения, начиная с жилых и заканчивая административно-бытовыми корпусами промышленных зданий.

На данный момент случай расчета безбалочных перекрытий на продавливание по не замкнутому контуру (у торца стен и пилонов) остается не до конца изученным и существующие методики расчета не дают однозначных результатов. Рассмотрим две современные методики расчета, представленные в СП 430.1325800.2018 [1] и Model Code 2010 [2].

Для оценки прочности плиты перекрытия в зоне опирания на торец стены рассмотрим конструктивную схему с вертикальными несущими конструкциями в виде пилонов габаритами 1000x300мм, стеной толщиной 300 мм и плитой перекрытия толщиной $t=200$ мм с двумя пролетам в обоих направлениях. Пролеты в перпендикулярном направлении, обозначенные на схеме l_0 приняты длиной 3 м. Длина стены l_1 4 м, а второй пролет l_2 будет иметь переменную длину от 8 м до 1 м (рис. 1).

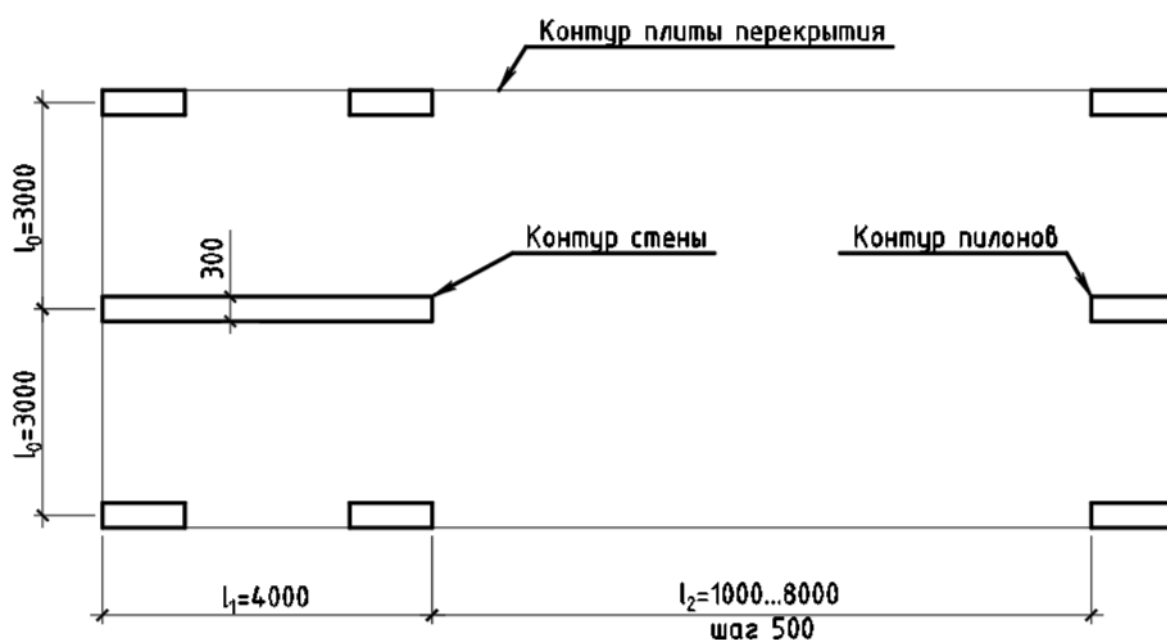


Рисунок 1. Схема расположения конструкций

При выбранной конструктивной схеме момент из плоскости будет отсутствовать, поэтому при расчете по незамкнутому контуру будет учитываться только сосредоточенное усилие, приходящее на торец стены, так как СП 430.1325800.2018 [1] говорит, о том, что момент в плоскости не участвует в данном расчете.

Для определения усилий, приходящих на контур продавливания по торцу стены, использовался программный комплекс ЛИРА-САПР. Результаты расчета приведены на рис. 2 ниже.

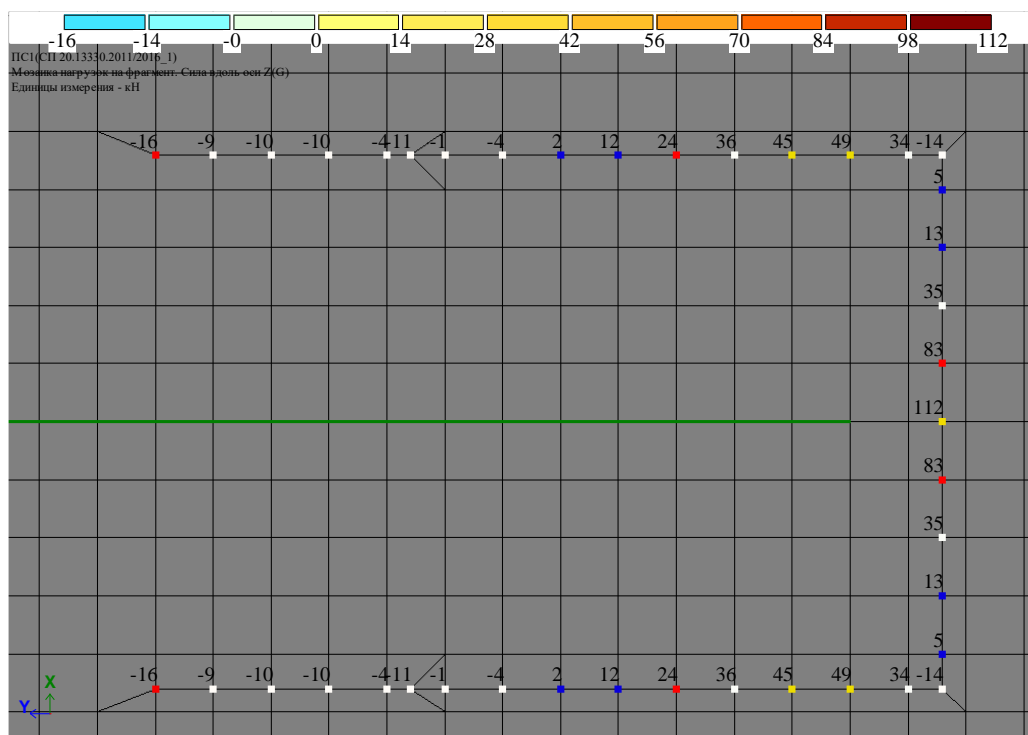


Рисунок 2. Усилия на незамкнутый контур продавливания от фрагмента схемы

Итоговая нагрузка на контур продавливания:

$$(-11-1-4+2+12+24+36+45+49+34-14+5+13+35+83) \times 2 + 112 = 728 \text{ кН.}$$

Определим несущую способность плиты перекрытия на продавливание без учета поперечной арматуры по СП 430.1325800.2018

$$\frac{F}{u \cdot R_{bt} \cdot h_0} = \frac{728}{1,38 \cdot 1,05 \cdot 10^3 \cdot 0,16} = 3,14. \quad (1)$$

При заданных исходных данных в проведенном расчете, получаем, что несущая способность плиты на продавливание по бетону не обеспечена.

Проверим прочность плиты на продавливание с учетом поперечного армирования. Для расчета принимаем поперечную арматуру А500С диаметром 8 мм с шагом 60 мм.

Условие прочности перекрытия на продавливание при учете поперечного армирования:

$$\frac{F}{R_{bt} \cdot u \cdot h_o + 0,8 \cdot q_{sw} \cdot u} \leq 1. \quad (2)$$

При этом необходимо чтобы выполнялось условие, по которому поперечная арматура не может взять на себя больше усилий, чем бетон.

Определим коэффициент запаса прочности перекрытия на продавливание с учетом поперечного армирования по (2):

$$\frac{F}{2F_{b,ult}} = 1,57.$$

Аналогично расчету, проведенному выше, рассмотрим несущую способность плиты на продавливание по методике расчета, представленной в СП 430.1325800.2018 [1] с изменением длины пролета плиты перекрытия l_2 (рис. 1) с 8 до 1 м с шагом 0,5 м. Полученные результаты расчетов представлены в виде графика на рис. 3.

Аналогично выполним оценку несущей способности на продавливание плиты перекрытия в зоне опирания на торец пилона в соответствии с Model Code 2010 [2] используем ту же конструктивную схему, исходные данные и предпосылки к расчету аналогичные рис. 1 при оценке несущей способности плиты перекрытия на продавливание по СП 430.1325800.2018 [1].

Несущая способность элементов на продавливание в соответствии с Model Code 2010:

$$V_{Rd} = V_{Rd,c} + V_{Rd,s} \geq V_{Ed} \cdot \quad (3)$$

Несущая способность элементов на продавливание в соответствии с формулой (3):

$$V_{Rd} = V_{Rd,c} + V_{Rd,s} \geq V_{Ed},$$

$$V_{Rd} = 209,7 + 367,3 = 576,9 \text{ кН}.$$

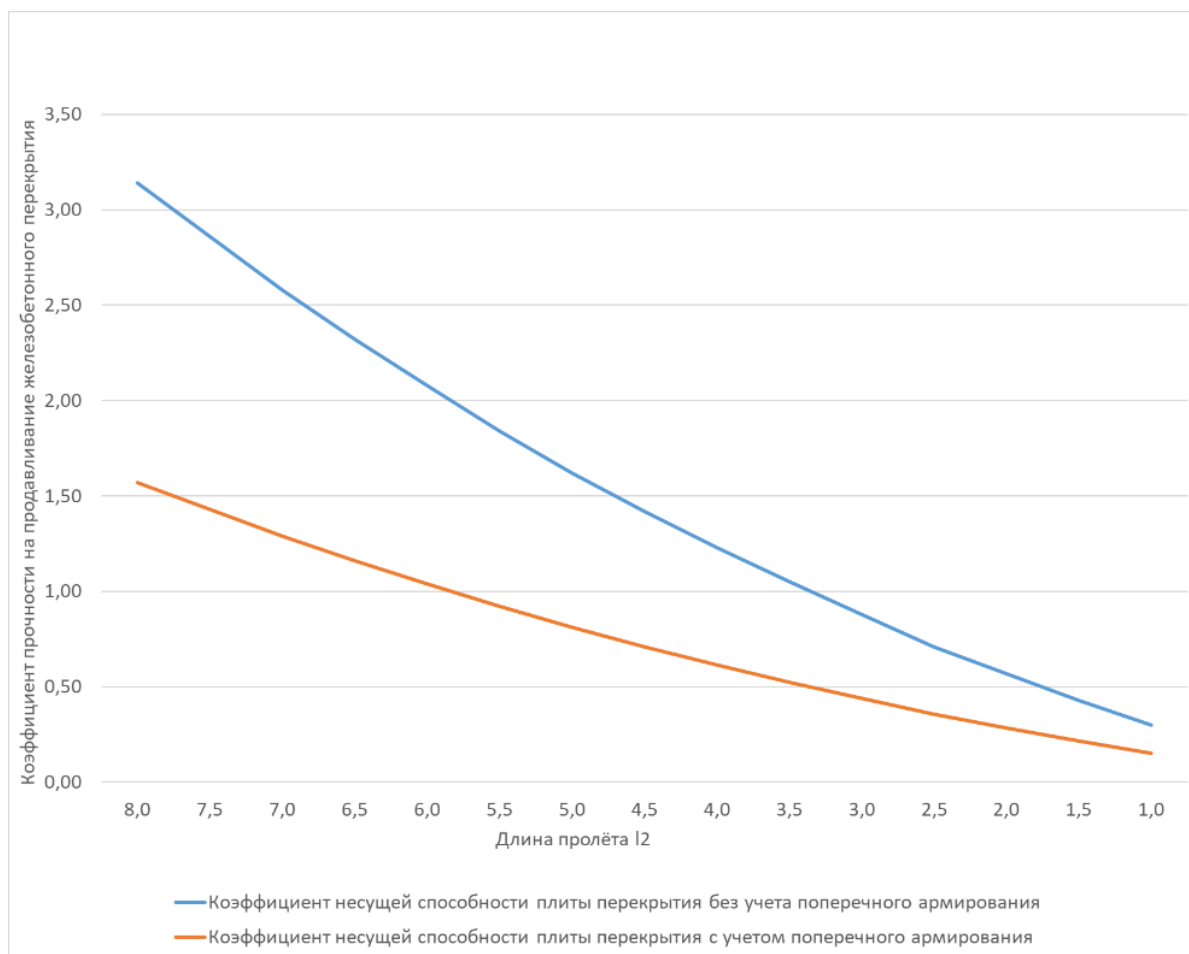


Рисунок 3. График зависимости несущей способности плиты перекрытия на продавливание по незамкнутому контуру в соответствии с методикой расчета по СП 430.1325800.2018 [1]

В соответствии с Model Code 2010 [2] несущая способность при продавливании ограничена, из-за возможного разрушения бетона в опорной зоне. Следовательно, коэффициент несущей способности по бетону будет следующим:

$$k_{бет}^{np} = \frac{V_{ed}}{V_{Rd,c}} = \frac{728 \text{ кН}}{209,7 \text{ кН}} = 3,47.$$

Коэффициент несущей способности перекрытия на продавливание с учетом поперечного армирования:

$$k_{арм}^{np} = \frac{V_{ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{728 \text{ кН}}{503,2 \text{ кН}} = 1,45.$$

Аналогично расчету, проведенному выше, рассмотрим несущую способность плиты на продавливание по методике расчета представленной в Model Code 2010 [40] с изменением длины пролета плиты перекрытия l_2 (рис. 1) с 8 до 1 м с шагом 0,5 м. Полученные результаты расчетов представлены на рис. 4 в виде графика.

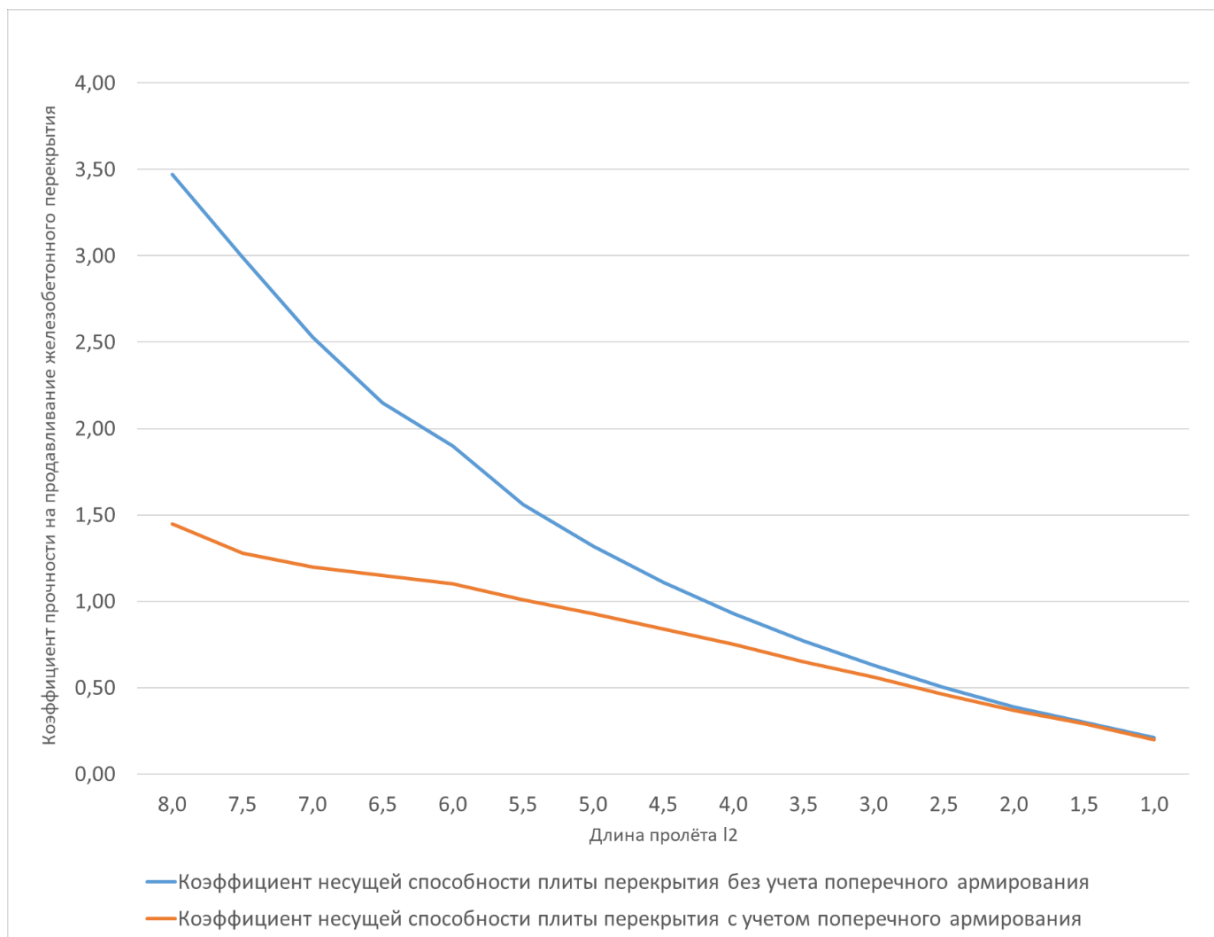


Рисунок 4. График зависимости прочности плиты перекрытия на продавливание по незамкнутому контуру по Model Code 2010 [2]

В результате численного эксперимента по оценке несущей способности плиты перекрытия на продавливание по незамкнутому контуру по методике российских норм СП 430.1325800.2018 [1] и методике расчета по зарубежным нормам в соответствии с Model Code 2010 [2] были получены графики зависимости коэффициентов несущей способности плиты на продавливание без учета поперечного армирования и с учетом поперечного армирования в зоне узла сопряжения плиты с торцом стены в зависимости от длины пролета перекрытия в направлении параллельном стене.

На рис. 5 представлен график несущей способности плиты на продавливание по методике отечественных норм [1] и методике расчета в соответствии с Model Code 2010 [2].

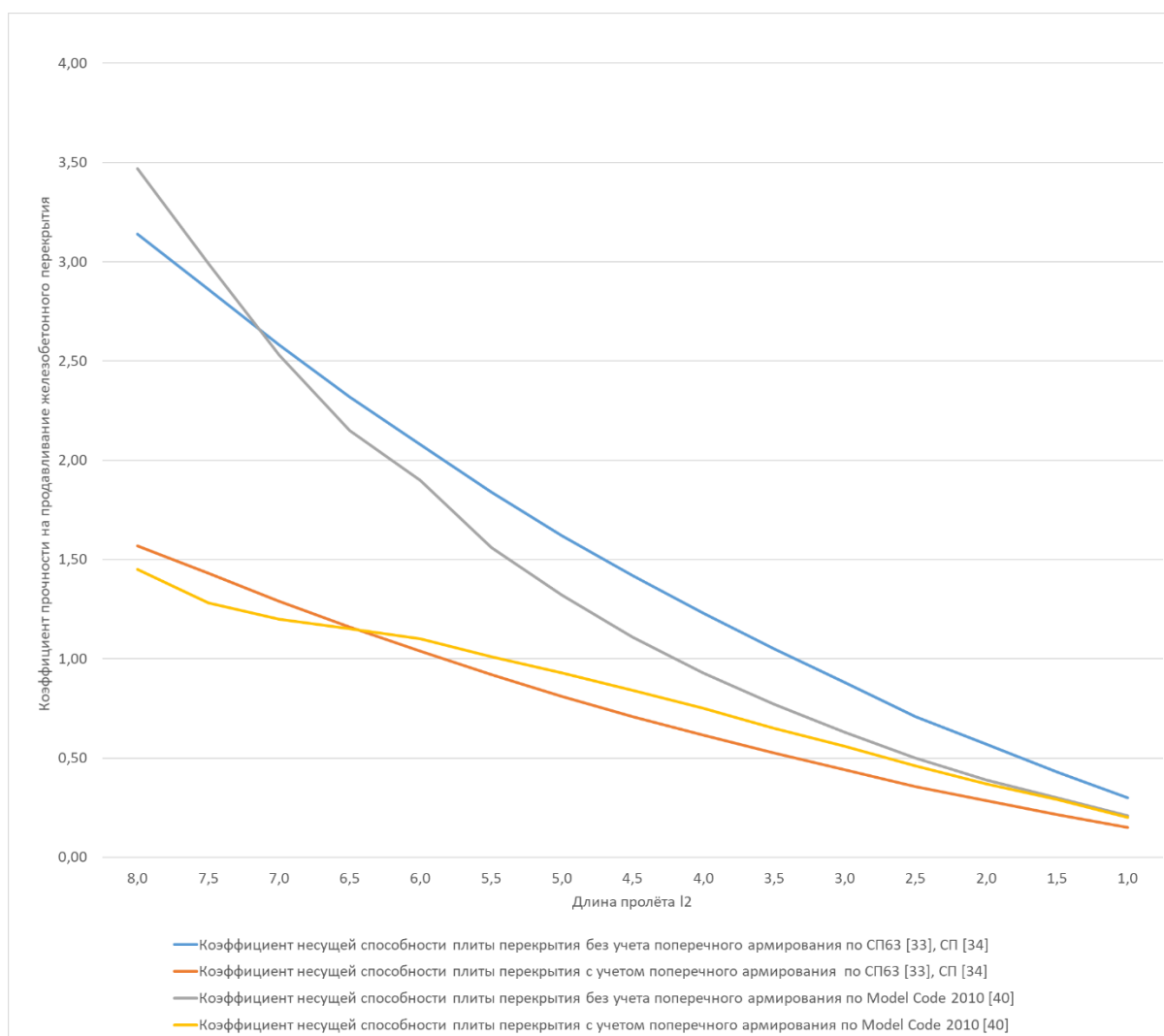


Рисунок 5. График зависимости прочности плиты перекрытия на продавливание по незамкнутому контуру в соответствии с методикой расчета по отечественным нормам [1] и Model Code 2010 [2]

Несущая способность плиты перекрытия на продавливание с учетом поперечного армирования в соответствии с Model Code 2010 [2] зависит от угла поворота конструкции и длины пролетов плиты. При небольших пролетах, поперечная арматура работает не эффективно, а большую часть несущей способности забирает на себя бетон, при больших пролетах ситуация получается обратная, несущая способность бетона на продавливание уменьшается, а значительную часть нагрузки берет на себя поперечное

армирование. В связи с чем, несущая способность плиты перекрытия на продавливание с учетом поперечного армирования в соответствии с Model Code 2010 [2] получается выше, чем при определении несущей способности плиты на продавливание по СП 430.1325800.2018 [1] при значительных пролетах конструкции.

Использованные источники:

1. СП 430.1325800.2018 Монолитные конструктивные системы. Правила проектирования. – М.: Минстрой России, 2018. – 40 с.
2. Model Code for Concrete Structures 2010. – fib International Federation of Structural Concrete. – Ernst and Sohn, Berlin, Germany. – 2013. – 434 p.