

**АНАЛИЗ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА АНКЕРОВКИ
НЕНАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ ПО СП 5.03.01-2020***ХОТЬКО А. А.*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Расчет анкеровки арматуры в железобетонных конструкциях по методике СП 5.03.01-2020 принципиально не отличается от методик расчета анкеровки ненапрягаемых стержней согласно ТКП EN 1992-1-1-2009 и СНБ 5.03.01. Требуемая базовая длина анкеровки ($l_{b,rqd}$) вычисляется по формуле:

$$l_{b,rqd} = \left(\frac{\varnothing}{4} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}} \right); \quad (1)$$

где \varnothing – диаметр стержня;

σ_{sd} – расчетное напряжение стержня в сечении, от которого измеряется длина анкеровки;

f_{ctd} – расчетное значение предельного напряжения сцепления по контакту арматуры с бетоном.

Величина f_{ctd} вычисляется по эмпирической формуле, и идентична для рассматриваемых нормативных документов:

$$f_{bd} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctd}; \quad (2)$$

где f_{ctd} – расчетное значение предела прочности бетона при растяжении;

η_1 – коэффициент, учитывающий влияние условий сцепления и положение стержней при бетонировании;

η_2 – коэффициент, учитывающий влияние диаметра стержня [1].

При этом, в методике СП 5.03.01-2020 имеется некоторое отличие в схеме рис. 11.2, иллюстрирующей расположение рабочих стержней в зависимости от направления бетонирования, при котором значение $\eta_1 = 1,0$ (касаемо ситуации, когда $h > 600$). На схеме

указано, что хорошие условия сцепления в образцах с $h > 600$ наблюдаются в нижних сечения элементов, за исключением верхней зоны, высотой, более или равной 300 (на рисунке указано ≥ 300), что на наш взгляд, не совсем понятно. Зона, конкретно, какой высоты будет иметь условия сцепления, отличные от хороших условий? Согласно данной схеме можно считать всю высоту сечения с условиями, отличными от хороших условий, так как эта высота будет больше 300.

Одним из отличий методики расчета анкеровки по СП 5.03.01-2020 является правило п. 11.2.4.1, согласно которому продольные стержни растянутой и сжатой арматуры должны быть заведены за нормальное к продольной оси элемента сечение, в котором они используются с полным расчетным сопротивлением, на расчетную длину анкеровки (l_{bd}). На наш взгляд, данное правило является лишним, так как является частным случаем общего требования по расчетной длине анкеровки п. 11.2.7, зависящей от требуемой базовой длины анкеровки, которая определяется от сечения с расчетным напряжением в стержне (σ_{sd}), а не с полным расчетным сопротивлением (f_{yd}), которое вполне вероятно может и не достигаться в анкеруемых арматурных стержнях.

Расчетную длину анкеровки (l_{bd}) определяют по формуле:

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 \cdot l_{b,rqd} \geq l_{b,\min}. \quad (3)$$

Коэффициенты в формуле расчетной длины анкеровки учитывают влияние на сцепление арматуры с бетоном таких факторов, как формы стержней при достаточном защитном слое бетона (α_1), минимальную толщину защитного слоя бетона (α_2), влияние поперечной арматуры, не приваренной к рабочей (α_3), влияние одного или нескольких приваренных поперечных стержней вдоль расчетной длины анкеровки (α_4), и поперечного давления в плоскости раскалывания вдоль расчетной длины анкеровки (α_5) [1].

Следует отметить резонным снятие в методике СП 5.03.01-2020 ограничения по минимальному значению коэффициента (α_3), которое было предусмотрено в ТКП EN 1992-1-1-2009, так как условие:

$$\alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_5 \geq 0,7 \quad (4)$$

уже гарантирует от использования значения $\alpha_3 < 0,7$.

Однако, условие (11.7) для минимальной длины анкеровки при растяжении (при отсутствии других ограничений), во всех указанных нормативных документах выглядит следующим образом:

$$l_{b,\min} \geq \max [0,3 \cdot l_{b,rqd}; 10\emptyset; 100\text{мм}]. \quad (5)$$

Не совсем понятно, для чего в условии вводится одно из ограничений, равное $0,3 l_{b,rqd}$, потому, как следуя методике расчета даже при самых благоприятных условиях сцепления, самое минимальное значение произведения всех коэффициентов:

$$\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot \alpha_5 = 0,343 > 0,3, \quad (6)$$

что уже гарантирует нас от возникновения ситуации, когда $l_{bd} < 0,3 \cdot l_{b,rqd}$.

Заслуживает внимания и коэффициент α_5 , зависящий от поперечного давления в плоскости раскалывания вдоль расчетной длины анкеровки, и определяемый при растяжении по формуле:

$$\alpha_5 = 1 - 0,04P \quad (0,7 \leq \alpha_5 \leq 1,0) \quad (7)$$

где P – поперечное давление, МПа, в предельном состоянии несущей способности вдоль расчетной длины анкеровки [1].

Указанная зависимость предполагает уменьшение расчетной длины анкеровки по сравнению с требуемой базовой при увеличении поперечного давления. Влияние на сцепление поперечного (по отношению к продольной оси стержня) обжатия бетона отражено в исследованиях А. С. Залесова, Д. Н. Лазовского, Е. Ф. Лукьянова, К. Локке и др. [2, 3, 4]. Все исследования свидетельствуют об увеличении прочности сцепления с увеличением интенсивности обжатия до определенного уровня, после которого эффект увеличения прочности снижается. Показательными могут являться результаты экспериментальных исследований Лазовского Д. Н., Голубева К. К., Серякова Г. Н. [2].

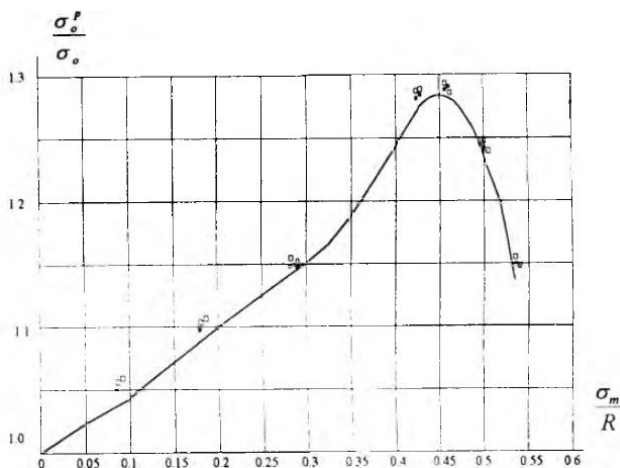


Рис. 1. Зависимость прочности сцепления от степени обжатия бетона согласно исследованиям [1]

По приведенной авторами опытной зависимости можно заметить, что с увеличением интенсивности обжатия бетона в пределах $0,1-0,45f_{cm}$ прочность сцепления при выдергивании возрастает. Увеличение прочности достигает 30 %. Дальнейшее увеличение обжатия снижает его эффективность. Исследователи объясняют данный факт возникновением раскалывающих микротрещин в бетоне, в связи с чем, рекомендуют в опорных участках элементов не допускать сжимающих напряжений в бетоне выше $0,5f_{cm}$ при расчетных нагрузках. Полученные в опытах данные свидетельствуют о том, что при поперечном давлении 6,8...11,25 МПа (в зависимости от прочностных характеристик бетона) достигается максимальное увеличение прочности анкеровки (в 1,3 раза), после чего дальнейшее увеличение поперечного давления снижает эффективность обжатия.

Представленная в нормативном документе зависимость коэффициента α_5 от поперечного давления (P) показывает уменьшение значения коэффициента с 1,0 до 0,7 (повышение прочности анкеровки на 30 %) при увеличении поперечного давления от нуля до 7,5 МПа, после чего при дальнейшем увеличении поперечного давления, значение коэффициента α_5 остается неизменным и равным 0,7. То есть, ниспадающий участок графика, характерный для опыт-

ных данных, отсутствует. Данный факт может привести к тому, что при больших значениях поперечного давления, нормативный документ СП 5.03.01-2020 может выдавать заниженные расчетные значения длины анкеровки.

Указанные выше факты свидетельствуют о необходимости проведения дополнительных исследований прочности анкеровки ненапрягаемой арматуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 5.03.01-2020 Бетонные и железобетонные конструкции.
2. Лазовский, Д. Н. Влияние поперечного обжатия на прочность анкеровки арматуры / Д. Н. Лазовский, Н. Н. Голубев, Г. Н. Серянов // Бетон и железобетон. – 1996. – № 1. – С. 15–17.
3. Лукьянов, Е. Ф. Влияние поперечного обжатия на сцепление арматуры с конструктивным керамзитобетоном / Е. Ф. Лукьянов // Железобетонные конструкции. Экспериментально-теоретические исследования : сб. тр. – Куйбышев. 1984. – С. 120–131.
4. Залесов, А. С. Анкеровка продольной арматуры балок на свободных опорах / А. С. Залесов, Р. Ш. Шариков, С. Х. Гулалиев // Бетон и железобетон. – 1991. – № 3. С.19–21.
5. Холмянский, М. М. Контакт арматуры с бетоном. – М.: Стройиздат, 1981. – 184 с.
6. Карпенко, Н. И. Общие модели механики железобетона. – Москва: Стройиздат, 1996. – 414 с.