

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРОМЫШЛЕННОЕ
И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»
(г. Минск, БНТУ — 24.05.2011)

УДК 624.012.46

**АНАЛИЗ МЕТОДИК РАСЧЕТА АНКЕРОВКИ
НЕНАПРЯГАЕМОЙ АРМАТУРЫ ПО СНБ 5.03.01-02
И ТКП EN 1992-1-1-2009**

ХОТЬКО А.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Одним из критериев надежности железобетонных конструкций является наличие надежной анкеровки арматуры (анкеровка арматуры на свободных опорах балок, анкеровка арматуры в местах теоретического обрыва стержней, длина стыков арматуры внахлестку, прочность заделки анкеров). Методика СНБ 5.03.01-02 для расчета анкеровки арматуры в железобетонных конструкциях построена более логично и обоснованно чем методика расчета анкеровки по СНиП 2.03.01-84*, и, принципиально не отличается от методики ТКП EN 1992-1-1-2009. Расчет анкеровки растянутой арматуры согласно обоим действующим в РБ нормативным документам производится с использованием главного параметра – базовой (номинальной) длины анкеровки (l_b).

Базовая длина анкеровки определяется из условия, при котором усилие в продольной арматуре воспринимается сопротивлением сцепления бетона с арматурой (f_{bd}) по периметру стержня (U_s) на длине анкеровки. Сопротивление сцеплению принимается равномерным по длине анкеровки и определяется в основном в зависимости от сопротивления бетона растяжению (f_{ctd}).

$$f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd} \quad (1)$$

На основе базовой длины анкеровки определяется расчетная длина анкеровки, учитывающая дополнительные факторы, такие как толщина защитного слоя, поперечное сжатие в пределах длины анкеровки, соотношение между фактической площадью арматуры и требуемой по расчету (для методики СНБ 5.03.01-02) и т.д.

Несмотря на общее сходство методик расчета анкеровки по СНБ 5.03.01-02 и по ТКП EN 1992-1-1, между ними имеется ряд отличий, влияющих на конечное расчетное значение величины анкеровки. Базовая длина анкеровки по СНБ 5.03.01-02 определяется из условия, согласно которому напряжения сцепления по контакту бетона и арматуры не достигнут предельных значений вплоть до достижения в арматуре напряжений, равных расчетному сопротивлению арматуры (f_{yd}).

$$l_b = \left(\frac{\varnothing}{4}\right) \left(\frac{f_{yd}}{f_{bd}}\right) \quad (2)$$

Таким образом, базовая длина анкеровки, согласно расчетной зависимости, не гарантирует надежность анкеровки при напряжениях в арматуре, равных физическому пределу текучести. Было бы логично в формуле для определения базовой длины анкеровки использовать расчетное сопротивление арматуры (f_{yd}) с повышающим коэффициентом надежности по отношению к нормативному значению, что гарантировало бы использование арматуры в конструкциях вплоть до достижения предела ее текучести без нарушения анкеровки.

Методика расчета базовой длины анкеровки по ТКП EN 1992-1-1-2009 в этом отношении более универсальна. Зависимость для определения базовой длины анкеровки не привязана к расчетному сопротивлению арматуры, а зависит от расчетного напряжения в стержне (σ_{sd}) в месте, от которого измеряется анкеровка.

$$l_b = \left(\frac{\varnothing}{4}\right) \left(\frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}\right) \quad (3)$$

Следует отметить, что в большинстве практических случаев расчета анкеровки по СНБ 5.03.01-02, ее длину определяют от сечения, нормального к продольной оси элемента, в котором фактическое напряжение в анкеруемой арматуре менее ее расчетного сопротивления. Это противоречит п.11.2.31 данного документа, но учитывается введением множителя в формуле для определения расчетной

длины анкеровки, учитывающего соотношение между фактической площадью арматуры и требуемой по расчету.

При определении базовой длины анкеровки методика ТКП EN 1992-1-1-2009 не учитывает вид периодического профиля арматуры, в то время как методика СНБ 5.03.01-02 дает различные значения коэффициента η_3 для гладких стержней (1,5), для стержней серповидного периодического профиля и проволоки с вмятинами (2,0), и для стержней кольцевого периодического профиля (2,5). Здесь следует отметить, что расчет анкеровки по ТКП EN 1992-1-1 дает единое для всех видов профилей арматуры значение коэффициента $\eta_3=2.5$, в том числе и для случая с наиболее широко распространенной арматурой серповидного периодического профиля. Несомненно, это в результате приводит к большим запасам в определении базовой длины анкеровки по методике СНБ 5.03.01-02.

На рис. 1 показано соотношение между базовой длиной анкеровки, рассчитанной по методике СНБ 5.03.01-02 и базовой длиной анкеровки, определенной по методике ТКП EN 1992-1-1-2009 для арматуры с серповидным и кольцевым периодическими профилями.

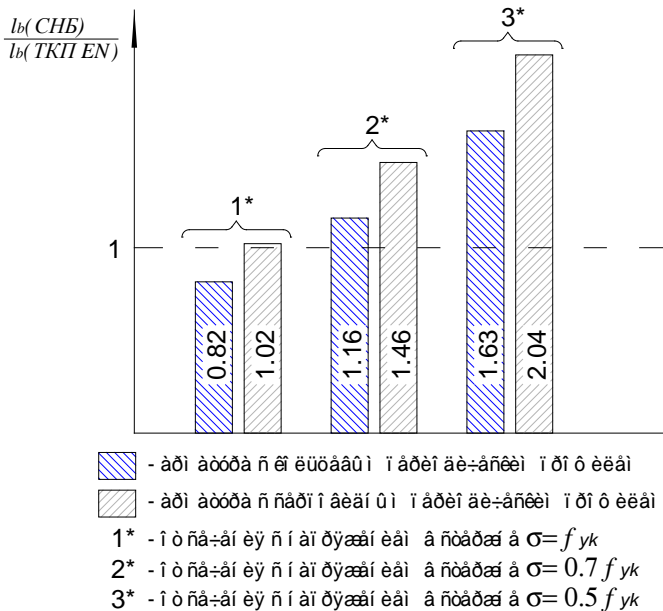


Рис. 1. Сравнение базовой длины анкеровки, вычисленной по методикам СНБ 5.03.01-02 и ТКП EN 1992-1-1-2009

Имеются отличия и в определении минимальной длины анкеровки ($l_{b,min}$). Это значение согласно СНБ 5.03.01-02 в любом случае не должно быть меньше $15\emptyset$, в то время, как согласно ТКП EN 1992-1-1 минимальное значение длины анкеровки ($l_{b,min}$) ограничивается значением равным $10\emptyset$.

Кроме того, $l_{b,min}$ не должно быть меньше значения, кратного l_b . Коэффициент кратности также отличается для рассматриваемых нормативных документов (табл. 1).

Таблица 1. Минимальная длина анкеровки $l_{b,min}$

Нормативный документ	для растянутых стержней равна большому из следующих значений	для сжатых стержней равна большому из следующих значений
СНБ 5.03.01-02	$\{0.6l_b; 15\emptyset; 100\dot{\imath}\}$	$\{0.3l_b; 15\emptyset; 100\dot{\imath}\}$
ТКП EN 1992-1-1	$\{0.3l_b; 10\emptyset; 100\dot{\imath}\}$	$\{0.6l_b; 10\emptyset; 100\dot{\imath}\}$

Методика определения длины анкеровки СНБ 5.03.01-02 в отличие от ТКП EN 1992-1-1-2009 кроме всего прочего, ограничивает минимальную длину анкеровки стержней, обрываемых в пролете и заводимых за внутреннюю грань опоры. Как видно из приведенного сравнения, методика СНБ 5.03.01-02 дает большие запасы и в минимальных значениях длины анкеровки растянутых стержней.

Отличительной особенностью определения расчетной длины анкеровки по методике СНБ 5.03.01-02 является не учет ряда факторов, благоприятно влияющих на анкеровку, которые учтены в методике ТКП EN 1992-1-1-2009. Одним из таких факторов является форма анкеруемых стержней при достаточном защитном слое бетона. Так, в формуле для расчетной длины анкеровки по ТКП EN для случая отличной от прямой формы стержней и при условии, что $s_d > 3\emptyset$, присутствует понижающий коэффициент $\alpha_1 = 0,7$.

Различные подходы к определению длины анкеровки наблюдаются в рассматриваемых нормативных документах и для случаев усиления анкеруемой арматуры приваренными поперечными стержнями. Так, если СНБ 5.03.01-02 допускает уменьшение расчетной длины анкеровки (введением понижающего коэффициента $\alpha_3 = 0,7$) только в случае для стержней периодического профиля, имеющих не менее трех поперечных стержней на длине анкеровки, то ТКП EN 1992-1-1 допускает такое снижение уже для случая все-

го с одним приваренным поперечным стержнем. К тому же, согласно ТКП EN 1992-1-1, дополнительно базовая длина анкеровки может быть уменьшена, в определенных случаях, введением множителя (F_{btd}/A_s), учитывающего анкерующую способность приваренного поперечного стержня (диаметр 14–32 мм) и упирающегося в бетон (рис. 2).

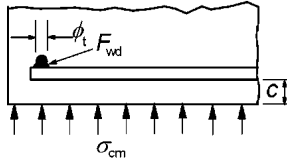
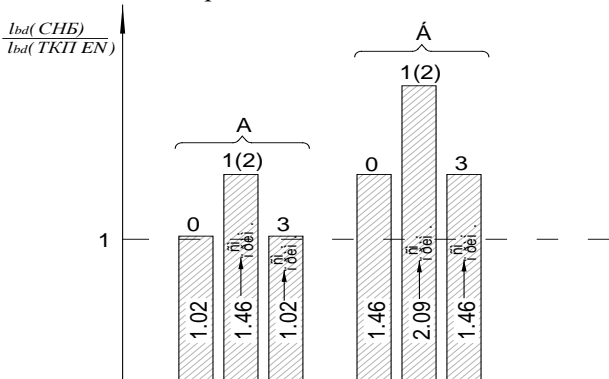


Рис. 2 Приваренный поперечный стержень как анкерное устройство

Столбчатая диаграмма соотношения расчетных длин анкеровки, определенных по методикам СНБ 5.03.01-02 и ТКП EN 1992-1-1-2009 показана на рис. 3.



- 0 - $\sigma_{cm} \leq 3\phi$; $\phi \leq 14$ мм; $F_{btd}/A_s \leq 1$
 - 1(2) - $\sigma_{cm} \leq 3\phi$; $\phi \leq 14$ мм; $F_{btd}/A_s > 1$
 - 3 - $\sigma_{cm} > 3\phi$; $\phi \leq 14$ мм; $F_{btd}/A_s \leq 1$
- А – прямая форма стержней, или отличная от прямой, при условии что $c_d \leq 3\phi$;
 Б – форма стержней, отличная от прямой, если $c_d > 3\phi$;

Рис. 3. Сравнение расчетной длины анкеровки растянутой арматуры серповидного периодического профиля, вычисленной по методикам СНБ 5.03.01-02 и ТКП EN 1992-1-1-2009

Результаты численных экспериментов подтверждают наличие больших запасов на расчетную длину анкеровки, определенную по методике СНБ 5.03.01-02 в отличие от методики ТКП EN 1992-1-1-2009.

Наблюдаемая разница, вероятно, связана с отсутствием достаточного количества необходимых экспериментальных данных, полученных применительно к существующим нормативным методикам расчета анкеровки. Огромное количество результатов отечественных исследований получены по методикам, отличающимся от методик испытаний западных стран и могут быть косвенно применены для апробации существующих норм. Принципиальное отличие подхода в исследовании прочности анкеровки по методике отечественных норм (в отличие от методики США и других западных стран) заключается в том, что базовая длина анкеровки по методикам зарубежных стран определяется при худшем сочетании конструктивных факторов (минимально допустимыми нормами толщины защитного слоя бетона, расстояние между стержнями и т.д.), которая может быть уменьшена при благоприятных условиях. Отечественная методика, напротив, основывается на испытаниях при благоприятных сочетаниях конструктивных факторов (большой защитный слой бетона, бетон подвергнут сжатию, а не растяжению). Расчетная длина анкеровки должна быть увеличена при неблагоприятных факторах.

Это наталкивает на необходимость проведения дополнительных исследований анкеровки арматуры в железобетонных конструкциях с целью достоверной оценки ее надежности с учетом различных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкции бетонные и железобетонные. Нормы проектирования: СНБ 5.03.01-02. – Минск: Минсктиппроект, 2003. – 139 с.
2. ТКП EN 1992-1-1-2009 (02250). Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – Минск: Минстройархитектуры, 2010. – 191 с.