

**Особенности требований по обеспечению анкеровки арматуры по нормам РБ и стран Евросоюза**

Бурак И.А., Казимиров К.С.

(Научный руководитель – Шилов А.Е.)

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь

Цели работы – проанализировать требования по обеспечению анкеровки арматуры по нормативным документам СНБ 5.03.01-02. «Бетонные и железобетонные конструкции» и ТКП EN 1992-1-1:2004+АС:2008, ИДТ. «Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций».

**Предельное напряжение сцепления**

**Еврокод (п. 8.4.2)**

Предельное напряжение сцепления должно быть достаточным для исключения разрушения от потери сцепления.

Расчетное значение предельного напряжения сцепления  $f_{bd}$  для стержней периодического профиля может быть рассчитано следующим образом:  $f_{bd} = 2,25\eta_1\eta_2f_{ctd}$ ,

$f_{ctd}$  — расчетное значение предела прочности бетона при растяжении.

С учетом повышенной хрупкости высокопрочного бетона  $f_{ctk}$ , 0,05 должно быть ограничено до значений для  $C^{60}/75$ , если не может быть проверено, что средняя прочность сцепления увеличивается выше указанного предела;

$\eta_1$  — коэффициент, учитывающий качество условий сцепления и положение стержней во время бетонирования;

$\eta_1 = 1,0$  — коэффициент, учитывающий качество условий сцепления и положение стержней во время бетонирования;

$\eta_1 = 0,7$  — для всех других случаев, а также для конструктивных элементов, которые были изготовлены с применением slipформов, если не может быть показано, что обеспечиваются хорошие условия сцепления;

$\eta_2$  — коэффициент, учитывающий диаметр стержня:

$\eta_2 = 1,0$  — для  $\varnothing \leq 32$  мм;  $\eta_2 = (132 - \varnothing)/100$  — для  $\varnothing > 32$  мм.

**СНБ (п. 11.2.33)**

$f_{bd}$  — предельное напряжение сцепления по контакту арматуры с бетоном, определяемое по формуле  $f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd}$ ,

$f_{ctd}$  — расчетное сопротивление бетона растяжению (при  $\gamma_c = 1,5$ ). Для бетонов, у которых  $f_{ck}$  более  $55 \text{ Н/мм}^2$ , при расчете по формуле (11.5) расчетное сопротивление  $f_{ctd}$  следует принимать как для бетона с  $f_{ck} = 55 \text{ Н/мм}^2$ ;

$\eta_1$  — коэффициент, учитывающий влияние условий сцепления и положение стержней при бетонировании;  $\eta_1 = 0,7$ , за исключением случаев, показанных на рисунке 1.

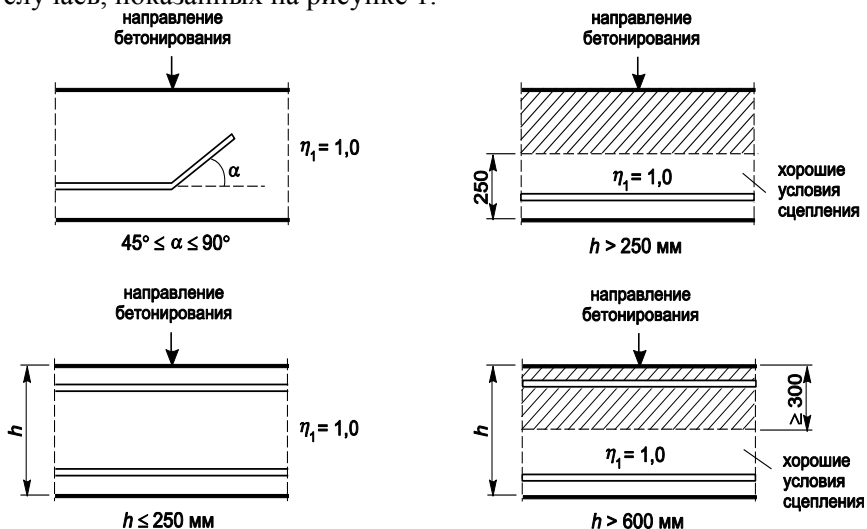


Рисунок 1. Случаи, для которых в формуле (11.5) следует принимать  $\eta_1 = 1$

$\eta_2$  — коэффициент, учитывающий влияние диаметра стержня:

при  $\varnothing \leq 32$  мм  $\eta_2 = 1,0$ ;

при  $\varnothing > 32$  мм  $\eta_2 = (132 - \varnothing)/100$ ;

$\eta_3$  — коэффициент, учитывающий профиль арматурного стержня, равный:

для гладких стержней — 1,5;

для арматуры с вмятинами — 2;

для стержней периодического профиля — 2,25.

Таким образом, различия заключаются в определении коэффициента  $\eta_3$ , в Европе предельное напряжение сцепления рассчитывается сразу с учетом стержней периодического профиля, а соответственно коэффициент  $\eta_3 = 2,25$ . Обусловлено это тем, что за период 1991-1997 основные европейские страны перешли на единый класс свариваемой арматуры периодического профиля для ненапряженных железобетонных конструкций с пределом текучести  $\sigma_T = 500$  МПа.

### Расчетная длина анкеровки

#### Еврокод (п. 8.4.4)

Расчетная длина анкеровки  $l_{bd}$  равна:

$$l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,reqd} \geq l_{b,min},$$

где  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  и  $\alpha_5$  — приведенные в таблице 8.2 коэффициенты:

$\alpha_1$  — для учета влияния формы стержней при достаточном защитном слое;

$\alpha_2$  — для учета влияния минимальной толщины защитного слоя бетона;

$\alpha_3$  — для учета влияния усиления поперечной арматурой;

$\alpha_4$  — для учета влияния одного или нескольких приваренных поперечных стержней ( $\varnothing_t > 0,6\varnothing$ ) вдоль расчетной длины анкеровки  $l_{bd}$ ;

$\alpha_5$  — для учета влияния поперечного давления плоскости раскалывания вдоль расчетной длины анкеровки.

Произведение  $\alpha_2 \alpha_3 \alpha_5 \geq 0,7$ ;

$l_{b,reqd}$  — следует из формулы  $l_{b,reqd} = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$

$l_{b,min}$  — минимальная длина анкеровки, если не действует другое ограничение, принимается:

— для анкеровки при растяжении

$$l_{b,min} \geq \max [ 0,3 l_{b,rgd}; 10\varnothing; 100 \text{ мм}];$$

— для анкеровки при сжатии

$$l_{b,min} \geq \max [ 0,6 l_{b,rgd}; 10\varnothing; 100 \text{ мм}]$$

### СНБ (п. 11.2.31-11.2.32)

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 длину не менее  $l_{bd}$ .

При этом расчетную длину анкеровки ненапрягаемых стержней  $l_{bd}$  следует рассчитывать по формуле

$$l_{bd} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \alpha_4 \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,req}}{A_{s,prov}} \geq l_{b,min},$$

где  $A_{s,req}$  — площадь продольной арматуры, требуемая по расчету;

$A_{s,prov}$  — принятая площадь продольной арматуры;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  — коэффициенты, определяемые по таблице 11.6;

$l_b$  — базовая длина анкеровки, определяемая по формуле

$$l_b = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \quad (11.4) \text{ или таблице 11.8;}$$

$l_{b,min}$  — минимальная длина анкеровки, принимаемая:

— для растянутых стержней

$$l_{b,min} > \max 0,6l_b; 15\varnothing; 100 \text{ мм};$$

— для сжатых стержней

$$l_{b,min} > \max 0,3l_b; 15\varnothing; 100 \text{ мм};$$

Для стержней периодического профиля произведение  $\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_4$  должно удовлетворять условию  $\alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_4 \geq 0,7$ .

В СНБ расчетная длина анкеровки рассчитывается с учетом отношения  $A_{s,req}$  — площади продольной арматуры, требуемая по расчету к  $A_{s,prov}$  — принятой площади продольной арматуры; т.к.  $A_{s,prov} > A_{s,req}$ , то  $l_{bd}$  уменьшается, т.е. расчет по нормам СНБ получается более экономичным.

По европейским нормам в расчетах участвует на один коэффициент  $\alpha$  больше, который учитывает форму стержней (прямая, отличная от прямой).

Также коэффициент, учитывающий усиление поперечной арматурой, не приваренной к главной арматуре, в отличие от СНБ имеет ограничения  $\geq 0,7 \leq 1,0$ . В Еврокоде коэффициента, который бы

учитывал усиление поперечным давлением для сжатых стержней, нет, в свою очередь нормы Беларуси принимают его равным 1.

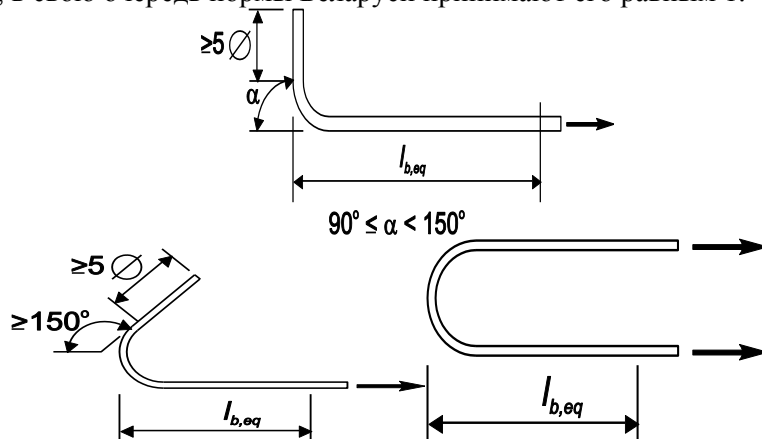


Рисунок 2. Правила отгиба гладких арматурных стержней

В СНБ имеется примечание для коэффициента, учитывающего влияние приваренной поперечной арматуры, которое отсутствует в европейских нормах: значения коэффициента  $\alpha_3$  в общем случае принимают для стержней периодического профиля, имеющих не менее трех приваренных поперечных стержней на длине анкеровки. В противном случае  $\alpha_3 = 1,0$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. СНБ 5.03.01-02. «Бетонные и железобетонные конструкции».- Мн.:Стройтехнорм, 2003г. – 274 с.
2. ТКП EN 1992-1-1:2004+АС:2008, ИДТ. «Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций». – Мн.: Стройтехнорм, 2010 г. – 208 с.