

**Сопоставление результатов расчета трещиностойкости
железобетонных конструкций
по СНБ 5.03.01-02 и ТКП EN 1992-1-1**

Нестерёнок Т.М.

(Научный руководитель – Шилов А.Е.)

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

На сегодняшний день на территории РБ действуют два нормативных документа: СНБ 5.03.01-02 [1] и Белорусская редакция EN 1992-1-1 «Еврокод–2. Проектирование железобетонных конструкций» [2], которая была введена в действие с 01.01.2010 г.

Необходимость внедрения европейских норм в качестве национальных документов в практику строительства Республики Беларусь обусловлена стоящей перед отраслью задачей повышения качества возводимых зданий и сооружений, производимых материалов и конструкций.

Самым сложным во внедрении европейских норм является гармонизация методик расчета при проектировании различных конструкций в сравнении с ранее действующими.

В моей работе сделана попытка сопоставления расчета трещиностойкости железобетонных конструкций на примере стропильной балки по методикам, предложенным СНБ 5.03.01-02 и EN 1992-1-1, выявление их особенностей и различий.

В самом начале расчета мы наблюдаем некоторые различия в определении допустимых значений ширины раскрытия трещин w_{lim} .

В ТКП EN 1992-1-1, следуя п.7.3.1, данные значения указаны в таблице 7.1N.

В СНБ 5.03.01-02, согласно п. 5.5.1.7, эти значения предложены в таблице 5.1.

При сравнении можно отметить, что СНБ 5.03.01-02 предъявляет более жесткие требования по ограничению трещин ЖБК. В частности, для агрессивных сред трещины вообще не допускаются. Нормы ТКП EN 1992-1-1, в данном случае, допускают декомпрессию.

Рекомендуемые значения w_{max}

Класс эксплуатации	Железобетонные элементы и предварительно напряженные элементы с напрягающими элементами, не имеющими сцепления с бетоном	Предварительно напряженные элементы с напрягающими элементами, имеющими сцепление с бетоном
	Практически постоянное сочетание нагрузок	Частое сочетание нагрузок
X0, XC1	0,4 ¹⁾	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 ²⁾
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Декомпрессия

Таблица 5.1

Предельно допустимые значения ширины раскрытия трещин w_{lim}

Класс по условиям эксплуатации	Железобетонные элементы	Предварительно напряженные элементы
	Практически постоянное сочетание нагрузок по приложению А	Частое сочетание нагрузок по приложению А
X0, XC1	0,4	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2*
XA1, XA2, XD1, XD2	По СНиП 2.03.11	Не допускается

Методика расчета ширины раскрытия трещин по СНБ 5.03.01-02

Общие положения

8.2.1.1 Расчет по раскрытию трещин следует производить из условия

$$w_k \leq w_{lim},$$

8.2.1.7 Расчетную ширину раскрытия трещин w_k , нормальных к продольной оси, следует определять по формуле

$$w_k = \beta \cdot s_{rm} \cdot \varepsilon_{sm}, \quad (8.6)$$

где s_{rm} – среднее расстояние между трещинами; ε_{sm} – средние относительные деформации арматуры, определяемые при соответ-

вующем сочетании нагрузок; β – коэффициент, учитывающий отношение расчетной ширины раскрытия трещин к средней, значение коэффициента β см. п.8.2.1.8

8.2.1.9 Среднее расстояние s_{rm} между трещинами, мм, нормальными к продольной оси, в изгибаемых и растянутых элементах следует определять по формуле

$$s_{rm} = 50 + 0,25k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{\varnothing}{\rho_{eff}}, \quad (8.7)$$

где ρ_{eff} – эффективный коэффициент армирования, определяемый для железобетонных элементов по формуле $\rho_{eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$, здесь A_s – площадь сечения арматуры, заключенной внутри эффективной площади растянутой зоны сечения $A_{c,eff}$; $A_{c,eff}$ – эффективная площадь растянутой зоны сечения.

8.2.1.10 Значение средней относительной деформации растянутой арматуры ε_{sm} следует определять по формуле

$$\varepsilon_{sm} = \varepsilon_s \cdot \psi_s, \quad (8.9)$$

где ε_s – относительная деформация растянутой арматуры в сечении с трещиной, ψ_s – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения относительных деформаций растянутой арматуры на участках между трещинами,

$$\psi_s = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2, \quad (8.10)$$

В формуле (8.10) вместо отношения σ_{sr}/σ_s допускается принимать:

— при осевом растяжении — N_{cr}/N_{sd} ;

— при изгибе — M_{cr}/M_{sd} .

Усилия трещинообразования допускается определять, как для бетонного сечения по формулам:

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_c,$$

$$N_{cr} = f_{ctm} \cdot A_c,$$

где f_{ctm} – средняя прочность бетона при растяжении, принимаемая по таблице 6.1.

Расчетное продольное усилие N_{Sd} и изгибающий момент M_{Sd} следует определять для соответствующего сочетания нагрузок при $\gamma_F = 1,0$.

Для элементов, трещинообразование которых вызвано действием только вынужденных деформаций, в формуле (8.10) допускается принимать $\sigma_s = \sigma_{sr}$.

Методика расчета ширины раскрытия трещин по ТКП EN 1992-1-1

7.3.4 Расчет ширины раскрытия трещин

(1) Ширина раскрытия трещин w_k определяется по формуле

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}), \quad (7.8)$$

где $s_{r,max}$ – максимальное расстояние между трещинами; ϵ_{sm} – средние относительные деформации арматуры при определяющем сочетании воздействий, включая влияние вынужденных деформаций и учитывая работу бетона на растяжение; ϵ_{cm} – средняя относительная деформация бетона между трещинами.

(2) Значение $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ определяется по формуле

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}, \quad (7.9)$$

где σ_s – напряжение в растянутой арматуре сечения с трещиной.

α_e – отношение E_s/E_{cm} ;

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s + \xi_1^2 A'_p}{A_{c,eff}}, \quad (7.10)$$

здесь A'_p и $A_{c,eff}$ – определены в 7.3.2 (3) [2]; ξ_1 – определяется по формуле (7.5); k_t – коэффициент, зависящий от длительности действия нагрузки:

(3) В случаях, когда арматура, имеющая сцепление с бетоном, расположена сосредоточенно в центрах в растянутой зоне (расстояния не более $5(c + \varnothing/2)$), максимальное окончательное расстояние между трещинами может быть рассчитано по формуле (7.11) (рисунок 7.2 [2]);

$$s_{r,max} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \varnothing / \rho_{p,eff}, \quad (7.11)$$

где \varnothing – диаметр стержня; c – защитный слой бетона для продольной арматуры; k_1 – коэффициент, учитывающий свойства сцепления ар-

матуры; k_2 – коэффициент, учитывающий распределения относительных деформаций:

Примечание. Значения коэффициентов k_3 и k_4 могут быть указаны в национальном приложении. Рекомендуемые значения равны 3,4 и 0,425 соответственно.

В связи с этим в качестве частного (локального) расчета ширины раскрытия трещин рассмотрим предварительно напряженную балку покрытия. Данный расчет произведен в рамках курсового проекта.

Исходные данные, использовавшиеся при расчете:

1. Класс среды по условиям эксплуатации ХС2.
2. Бетон класса $C^{30}/_{37}$.
3. Геометрические размеры сечения см. рисунок 1.
4. Площадь напрягаемой арматуры $5\varnothing 25 S800 A_p=2454 \text{ мм}^2$.

Расчетное сечение Эквивалентное сечение

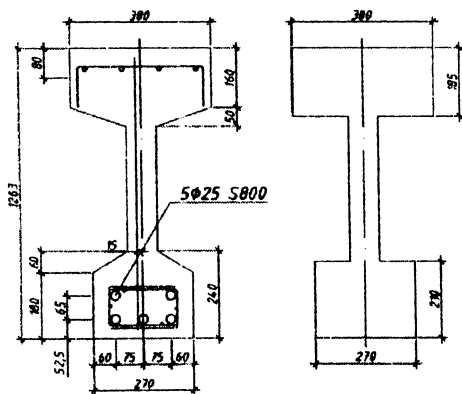


Рисунок 1. Геометрические размеры сечения балки

В результате расчета ширины раскрытия трещин по каждому из нормативных документов получаем:

- $w_k=0.0922 \text{ мм} < w_{\text{lim}}=0.2 \text{ мм}$, согласно СНБ 5.03.01-02.
- $w_k=0.18897 \text{ мм} < w_{\text{max}}=0.2 \text{ мм}$, согласно ТКП EN 1992-1-1.

Заметим, что требования норм [2] по определению ширины раскрытия трещин оказались более жесткими, в результате, чего, расчетная ширина раскрытия трещин получается больше чем по [1].

Вывод

В результате анализа положений норм [1], [2] по расчету трещиностойкости ЖБК, были выявлены следующие различия:

1. Коэффициент β учитывает эффект ужесточения работы ПН ЖБК с трещиной в расчете [1], тогда как в [2] мы учитываем, средние относительные деформации бетона ϵ_{cm} .
2. Определение расстояний между трещинами $s_{r,max}$ и s_{rm} .
3. Определение эффективного коэффициента армирования ρ_{eff} .

Таким образом, подход к определению ширины раскрытия трещин в нормативных документах различен только в построении формул, так как принцип расчета мало чем отличим, однако более жесткий контроль предусмотрен в ТКП EN 1992-1-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. – Минск, МАиС РБ, 2003.
2. ТКП EN 1992-1-1 Проектирование железобетонных конструкций. – Минск, МАиС РБ, 2009.