

УДК 624.012.45

Анализ и особенности требований по назначению номинальной толщины защитного слоя бетона по нормативным документам СНБ 5.0.3.01-02 и ТКП EN 1992-1-1-2009.

Лученок Т.П., Шилов А.А.

(Научный руководитель – Шилов А.Е.)

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Беларусь

Руководствуясь решением Главы государства, а также постановлением Совета Министров Республики Беларусь “О проведении в соответствии с Европейскими нормами и стандартами национальных технических правовых актов” в области строительства с 01.01.2010г. на территории РБ введена в действие Белорусская редакций EN 1992-1-1 “Еврокод – 2. Проектирование железобетонных конструкций”[2]. Особенность нынешней ситуации заключается в том, что в настоящее время одновременное действие СНБ 5.03.01-02 “Бетонные и железобетонные конструкции [1] и ТКП EN 1992-1-1-2009 “Еврокод – 2. Проектирование железобетонных конструкций: Часть 1 – 1. Общие правила и общие правила для зданий”[2] узаконено информационным письмом Министерства архитектуры и строительства РБ от 12.03.2010 г.

Следует отметить, что несмотря на определенные различия (в частности по методам расчета прочности наклонных сечений, определения продольного изгиба и т.д.), многие положения вышеуказанных нормативных документов достаточно гармонизированы, однако применение конкретных требований и рекомендаций этих документов требует учета своих соответствующих специфических особенностей.

Цель настоящей работы – анализ требований нормативных документов [1] и [2] и их особенностей по назначению номинальной толщины защитного слоя бетона при проектировании ЖБК. Согласно п.11.2.9. [1] и 4.4.1.2 (1P, 2P) [2], минимальная толщина защитного слоя бетона C_{\min} должна обеспечить надежное сцепление

арматуры с бетоном, защиту стали от коррозии, соответствующую огнестойкость, при этом в рабочих чертежах конструкций указывают номинальную толщину защитного слоя бетона, определенную суммированием минимально допустимой тощины защитного слоя C_{\min} бетона с размером допусков (принятых допустимых при проектировании отклонений) ΔC_{dev} , установленных соответствующим рассматриваемыми стандартами.

Согласно п.4.4.1.1 (2Р) и 4.4.1.2 (2Р) [2]:

$$C_{\text{nom}} = C_{\min} + \Delta C_{\text{dev}}$$

при этом минимальную толщину защитного слоя C_{\min} следует назначать как большее значение из условия обеспечения сцепления и защиты от влияния окружающей среды:

$$c_{\min} = \max \{ c_{\min,b}; c_{\min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ мм} \},$$

где $C_{\min,b}$ – минимальная толщина из условия сцепления, см. 4.4.1.2 (3); [2]

$C_{\min,dur}$ – минимальная толщина из условий защиты от влияния окружающей среды, см. 4.4.1.2 (5); [2]

$\Delta C_{dur,\gamma}$ – дополнительный элемент надежности, см. 4.4.1.2 (6); [2]

$\Delta C_{dur,st}$ – уменьшение минимальной толщины при использовании нержавеющей стали, см. 4.4.1.2 (7); [2]

$\Delta C_{dur,add}$ – уменьшение минимальной толщины при использовании дополнительной защиты, см. 4.4.1.2(8). [2]

Для обеспечения надежной передачи сил сцепления и качественного уплотнения бетонной смеси минимальная толщина слоя должна быть не менее $C_{\min,b}$ (таблица 4.2).

Таблица 1. – Минимальная толщина слоя $C_{\min,b}$, требования к обеспечению сцепления бетона с арматурой

| Условия сцепления | |
|---|---|
| Размещение стержней | Минимальная толщина слоя $C_{\min,b}$ ¹⁾ |
| Отдельный стержень | Диаметр стержня |
| Соединенные вместе стержни | Эквивалентный диаметр \varnothing_n (см. 8.9.1) |
| 1) Если номинальный максимальный диаметр крупного заполнителя более 32 мм, $C_{\min,b}$ необходимо увеличить на 5 мм. | |

Минимальный защитный слой для арматурной стали и нагружающих элементов в нормальном бетоне, исходя из классов условий эксплуатации и классов конструкции, определяется значением $C_{\min,dur}$. Рекомендуемые значения для $C_{\min,dur}$ принимаются по таблице 2 (для арматурной стали) и таблице 3 (для напрягаемой арматуры).

Таблица 2. – Минимальный защитный слой $C_{\min,dur}$ из условий обеспечения долговечности арматурной стали по EN 10080 в миллиметрах

| Требования долговечности для $C_{\min,dur}$ | | | | | | | |
|---|---|-----|------------|-----|------------|------------|------------|
| Класс конструкций | Класс условий эксплуатации по таблице 4.1 | | | | | | |
| | X0 | XC1 | XC2 XC3 | XC4 | XD1 XS1 | XD2 XS2 | XD3 XS3 |
| S1 | 10 | 10 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
| S2 | 10 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| S3 | 10 | 10 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| S4 | 10 | 15 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| S5 | 15 | 20 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| S6 | 20 | 25 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 |

Таблица 3. – Минимальный защитный слой $C_{\min,dur}$ из условий обеспечения долговечности напрягаемой стали в миллиметрах

| Требования долговечности для $C_{\min,dur}$ | | | | | | | |
|---|---|-----|------------|-----|------------|------------|------------|
| Класс конструкций | Класс условий эксплуатации по таблице 4.1 | | | | | | |
| | X0 | XC1 | XC2 XC3 | XC4 | XD1 XS1 | XD2 XS2 | XD3 XS3 |
| S1 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| S2 | 10 | 15 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| S3 | 10 | 20 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
| S4 | 10 | 25 | 35 | 40 | 45 | 50 | 55 |
| S5 | 15 | 30 | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 |
| S6 | 20 | 35 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 |

Согласно п.4.4.1.2(6) [2]; 4.4.1.2(7) [2] защитный слой следует увеличить на дополнительный элемент надежности $\Delta C_{dur,\gamma}$.

При использовании нержавеющей стали или в результате других особых мероприятий минимальный защитный слой может быть

уменьшен на значение $\Delta C_{dur,st}$. Для таких ситуаций следует учитывать влияние всех основных свойств строительных материалов, включая сцепление.

При этом по п.4.4.1.2(8) [2] для бетона с дополнительной защитой (например, покрытием) минимальная толщина защитного слоя может быть уменьшена на значение $\Delta C_{dur,add}$.

Источник [2] учитывает также способ сопряжения конструкций, в частности по п.4.4.1.2(9), 4.4.1.2(11). Если монолитный бетон укладывается на другой бетонный элемент (сборный или монолитный), минимальная толщина защитного бетонного слоя от арматуры до контактной поверхности может быть уменьшена до значения, обеспечивающего требования сцепления при условиях:

- класс бетона по прочности на сжатие не ниже $C^{25}/30$;
- кратковременное нахождение бетонной поверхности в атмосферных условиях (менее 28 суток);
- контактная поверхность должна быть шероховатой.

Для неровных поверхностей (например, с выступающим заполнителем) минимальный защитный слой должен быть увеличен на 5 мм.

Согласно п.4.4.1.3(13) [2] если бетон подвержен износу (истиранию), как правило, особое внимание следует уделить выбору заполнителя согласно EN 206-1. В качестве альтернативы износоустойчивость может быть обеспечена при увеличении толщины защитного слоя (так называемый «жертвенный» слой). В этом случае, как правило, минимальная толщина защитного слоя C_{min} может быть увеличена для класса износа XM1 на k_1 , для XM2 – на k_2 и для XM3 – на k_3 . Значения коэффициентов k_1 , k_2 и k_3 могут быть приняты в национальном приложении. Рекомендуемые значения равны 5, 10 и 15 мм.

Все перечисленные факторы учитываются [2] при назначении величины минимальной толщины защитного слоя C_{min} , при расчете же номинальной толщины защитного слоя C_{nom} по п.4.4.1.3(1) и 4.4.1.3(2) должно производиться суммирование толщины минимального защитного слоя и отклонения (ΔC_{dev}). Требуемая толщина защитного слоя должна быть увеличена на абсолютное значение допустимого отрицательного отклонения.

Для зданий в EN 13670 приведено допустимое отклонение. При этом по п.4.4.1.3(3) в некоторых ситуациях допустимое отклонение, а вместе с ним и величина допуска ΔC_{dev} может быть уменьшена:

– если в процессе изготовления выполняется контроль качества, в рамках которого производится измерение толщины защитного слоя бетона, величина допуска (отклонения) может быть уменьшена:

$$10 \text{ мм} \geq \Delta c_{dev} \geq 5 \text{ мм}$$

– если для контроля используются особо точные измерительные приборы и несоответствующие элементы (например, сборные конструкции) будут исключены (отбракованы), то величина отклонения ΔC_{dev} может быть уменьшена:

$$10 \text{ мм} \geq \Delta c_{dev} \geq 0 \text{ мм}$$

При назначении допустимого отклонения при проектировании (ΔC_{dev}) согласно п.4.4.1.3(4) [2]. Для бетона, укладываемого на неровную поверхность, как правило, номинальную толщину защитного слоя в общем случае необходимо увеличить на повышенное значение допустимого отклонения. Повышение производится на величину, обусловленную неровностью, но номинальная толщина защитного слоя всё же должна составлять, как минимум, k_1 , мм, при укладке бетона по подготовленному грунту (включая, стяжки), и k_2 , мм, при укладке бетона непосредственно по грунту. Защитный слой до арматуры при других видах поверхности, например при абразивной обработке, или с обнаженным заполнителем, также необходимо увеличить с учетом неровности поверхности (см. 4.4.1.2 (11)).

В СНБ 5.03.01-02 [1] требования и рекомендации по назначению номинальной толщины защитного слоя бетона приведены отдельно для ненапрягаемой и напрягаемой арматур, соответственно в разделах 11.2.9-11.2.14 и 11.3.3. [1]

Согласно п.11.2.9 [1] величина допуска для определения номинальной толщины бетона должна составлять:

– для сборных конструкций заводского изготовления – не менее 5;

– для монолитных конструкций – от 5 до 10.

Сама же минимальная толщина бетона должна ограничиваться величинами, указанными в таблице 6.

Таблица 6. – Минимально допустимая толщина защитного слоя бетона в миллиметрах

| Показатель | Класс по условиям эксплуатации | | | | | | |
|---|--------------------------------|-----|---------------------|---------------------|-----------------|-----|-----|
| | X0 | XC1 | XC2, XC3, XC4 | XD1, XD2, XD3 | XA1 | XA2 | XA3 |
| Минимальный размер защитного слоя C_{cov} | 15 | 20 | 25 | 35 | По СНиП 2.03.11 | | |

Примечания:

1. Минимально допустимая толщина защитного слоя бетона установлена для арматуры, работающей с полным расчетным сопротивлением.

2. Минимально допустимая толщина защитного слоя бетона по данной таблице может быть уменьшена, но не более чем на 5 мм, в каждом из перечисленных случаев:

а) если конструкция проектируется из бетона, имеющего класс по прочности на сжатие, превышающий не менее чем на один разряд минимальный класс бетона по таблице 5.2 для соответствующего класса по условиям эксплуатации;

б) если проектируется вторичная защита бетона конструкции;

в) если использована арматура, имеющая антикоррозионное покрытие.

При этом суммарный размер, на который может быть снижена минимально допустимая толщина защитного слоя бетона, не должен превышать 15 мм, а минимально допустимая толщина защитного слоя бетона должна составлять не менее, мм:

- для класса X0 — 10;
- для класса XC1 — 15;
- для классов от XC2 до XC4 — 20.»

В п.11.2.11 приводятся рекомендации для определения защитного слоя сборных конструкций, в частности плит, и в п.11.2.12 – для фундаментов из монолитного и сборного железобетона с учетом наличия или отсутствия бетонной подготовки; п.11.2.13 регламентирует величину защитного слоя в зависимости от диаметра арматуры и максимального размера заполнителя.

В п.11.3.3 [1] приведены требования для назначения защитного слоя бетона для напрягаемой арматуры, в частности, минимальное расстояние от поверхности напрягаемой арматуры или от грани каналов, в которые она уложена, до ближайшей поверхности бетона (защитный слой бетона) в зависимости от вида арматуры, установленной в сечении посередине пролета железобетонной конструкции, должно быть не менее значений, указанных в таблице 7.

Таблица 7. – Минимально допустимая толщина защитного слоя бетона в миллиметрах

| Показатель | Класс по условиям эксплуатации | | | | | | |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----|---------------------|---------------------|-----------------|-----|-----|
| | X0 | XC1 | XC2, XC3, XC4 | XD1, XD2, XD3 | XA1 | XA2 | XA3 |
| Минимальный размер защитного слоя | 20 | 30 | 35 | 50 | По СНиП 2.03.11 | | |

По сравнению с Еврокодом [2], СНБ [1] (п.11.3.3.3) ужесточает требования по назначению толщины защитного слоя бетона у торцов, предварительно напряженных элементов для обеспечения условий сцепления на длине зоны передачи напряжений, при этом ее принимают не менее:

- для стержневой арматуры класса S800 — $3\varnothing$, но не менее 40 мм;
- для арматурных канатов и проволоки — $2\varnothing$, но не менее 30 мм.

Вывод

В результате анализа положений норм [1] и [2] по назначению номинальной и минимальной величин толщины защитного слоя бетона при проектировании ЖБК, можно сделать вывод о том, что концептуально требования и рекомендации этих стандартов гармонизированы, однако в [2] предложена более гибкая система назначения допусков и отклонений, учитывающих множество различных факторов, связанных не только с условиями сцепления, защиты от влияния окружающей среды, наличия дополнительной защиты арматуры и т.д., но и с использованием дополнительных элементов

надежности, учета класса конструкций, а также контроля качества процесса производства и точности используемых при этом измерительных приборов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02. – Минстройархитектуры РБ, Минск 2003. – 140 с.
2. ТКП EN 1992-1-1-2009 Еврокод 2. Часть 1-1. МаиС РБ, Минск 2010.