

**ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА:  
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА  
ПО НОРМАМ РФ, США И РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

*М. А. Амелина, Е. А. Громова*

*Амелина Маргарита Андреевна*, старший преподаватель кафедры фундаментального образования, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (951) 073-26-98; e-mail: AmelinaMA@mgsu.ru;

*Громова Елена Александровна*, студент, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (965) 256-72-73; e-mail: lena-gromova-2000@mail.ru

В статье исследуется актуальная проблема расчета трещиностойкости железобетонных элементов из высокопрочного бетона (ВБ), играющая ключевую роль в обеспечении их долговечности и эксплуатационной пригодности. Проведен сравнительный анализ методов определения ширины раскрытия трещин по трем нормативным базам: российским (СП 63.13330), американским (ACI 318) и гармонизированным с Еврокодом белорусским нормам (СТБ EN 1992-1-1). На примере типового изгибаемого элемента выявлены и проанализированы количественные и качественные расхождения в результатах расчетов, обусловленные различиями в исходных расчетных моделях и степени учета специфики ВБ. Установлено, что нормы Республики Беларусь, базирующиеся на принципах Еврокода, обеспечивают наиболее детализированный подход, адаптированный для современных высокопрочных материалов. Сформулированы практические рекомендации для проектировщиков.

**Ключевые слова:** высокопрочный бетон, трещиностойкость, железобетонные элементы, ширина раскрытия трещин, нормативное проектирование, сравнительный анализ.

**CRACK RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS MADE OF HIGH-STRENGTH  
CONCRETE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF CALCULATION METHODS ACCORDING  
TO THE STANDARDS OF THE RUSSIAN FEDERATION, THE USA, AND THE REPUBLIC OF BELARUS**

*M. A. Amelina, Ye. A. Gromova*

*Amelina Margarita Andreyevna*, Senior lecturer of Fundamental Education Department, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (951) 073-26-98; e-mail: AmelinaMA@mgsu.ru;

*Gromova Yelena Aleksandrovna*, student, National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation, phone: + 7 (965) 256-72-73; e-mail: lena-gromova-2000@mail.ru

This article examines the pressing issue of calculating the crack resistance of reinforced concrete elements made of high-strength concrete (HSC), which plays a key role in ensuring their durability and serviceability. A comparative analysis of crack width determination methods is conducted using three regulatory frameworks: Russian (SP 63.13330), American (ACI 318), and Belarusian standards harmonized with Eurocode (STB EN 1992-1-1). Using a typical bending element as an example, quantitative and qualitative discrepancies in calculation results are identified and analyzed, due to differences in the initial calculation models and the degree to which the specifics of HSC are taken into account. It is established that the standards of the Republic of Belarus, based on Eurocode principles, provide the most detailed approach, adapted for modern high-strength materials. Practical recommendations for designers are formulated.

**Keywords:** high-strength concrete, crack resistance, reinforced concrete elements, crack width, normative design, comparative analysis.

**Введение (Introduction)**

Развитие современного строительства, характеризующееся увеличением этажности, пролетов и сложности архитектурных форм, предъявляет повышенные требования к несущим конструкциям. В этом контексте высокопрочные бетоны (ВБ) с классом прочности на сжатие от C55/67 и выше становятся ключевым материалом, позволяющим создавать экономичные, долговечные и технологичные решения [1,2]. Их применение способствует снижению материалоемкости, уменьшению размеров сечений элементов и повышению коррозионной стойкости.

Однако уникальные прочностные характеристики ВБ сопровождаются изменением деформативных свойств, в частности, повышенным модулем упругости и большей хрупкостью по сравнению с бетонами нормальной прочности [3]. Это напрямую влияет на процесс трещинообразования, делая расчет по второй группе предельных состояний – по раскрытию трещин – одним из наиболее ответственных и часто лимитирующих этапов проектирования. Узкая полка трещиностойкости для ВБ обусловлена тем, что при высокой прочности на сжатие его поведение при растяжении и

сцепление с арматурой могут приводить к образованию меньшего числа, но большей ширины трещин под нагрузкой, что повышает риски коррозии арматуры и снижения долговечности конструкции [4].

В мировой и отечественной практике для оценки трещиностойкости используются различные нормативные документы, основанные на разных физических моделях и эмпирических базах. Так, российские нормы СП 63.13330.2018 опираются на полуэмпирические зависимости [5], в то время как Еврокод 2 (EN 1992-1-1) применяет более детализированную модель с учетом жесткости растянутого бетона между трещинами [6]. Американский стандарт ACI 318 использует упрощенный параметрический подход [7]. Республика Беларусь, гармонизируя свое строительное нормирование с европейским, приняла в качестве основы СТБ EN 1992-1-1 [8]. Подобное разнообразие методологий вызывает закономерный вопрос об их сопоставимости и адекватности применительно к специфике высокопрочного бетона.

Целью данной работы является сравнительный анализ методов расчета ширины раскрытия трещин в железобетонных элементах из высокопрочного бетона

по нормам РФ (СП), США (ACI) и Республики Беларусь (СТБ EN). В задачи исследования входит: выделение ключевых параметров расчетов, выполнение сравнительного численного эксперимента для типового элемента, анализ причин расхождений в результатах и оценка применимости рассмотренных подходов для проектирования конструкций из ВБ.

#### Метод (Methods)

Для достижения поставленной цели была разработана методология, основанная на сравнительном расчете ширины раскрытия нормальных трещин в типовом железобетонном элементе по разным нормативным документам. Методология включает выбор эталонной модели, формализацию алгоритмов расчета в единых исходных условиях и анализ чувствительности к ключевым параметрам высокопрочного бетона.

В рамках настоящего исследования была разработана единая методология для сравнительного анализа методов

расчета ширины раскрытия нормальных трещин в железобетонных элементах из высокопрочного бетона (ВБ) в соответствии с тремя нормативными базами: российскими нормами (СП 63.13330.2018), американским стандартом ACI 318-19 и белорусскими нормами, гармонизированными с Еврокодом (СТБ EN 1992-1-1-2009). Выбор данных нормативных документов обусловлен их широким применением в проектной практике, а также принципиальными различиями в лежащих в их основе физических моделях и эмпирических подходах к оценке трещиностойкости.

В качестве объекта исследования выбрана свободно опертая однопролетная железобетонная балка прямоугольного сечения, работающая на изгиб. Данный тип элемента наиболее наглядно демонстрирует процесс образования нормальных трещин в растянутой зоне и широко используется в нормативных документах для иллюстрации методик расчета.

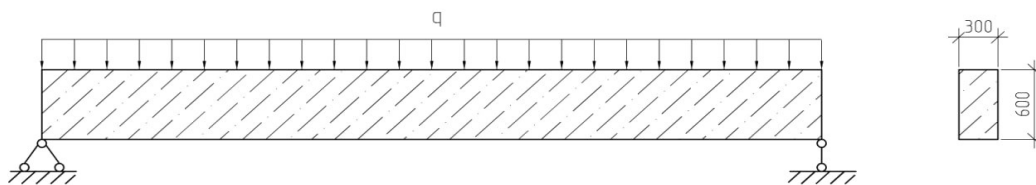


Рис. 1. Свободно опертая однопролетная железобетонная балка прямоугольного сечения (иллюстрация авторов)

Fig. 1. Simply supported single-span reinforced concrete beam of rectangular cross-section (illustration by the authors)

Для обеспечения сопоставимости расчетов были приняты единые исходные данные. Геометрия сечения: ширина  $b = 300$  мм, рабочая высота  $h_0 = 550$  мм. Рассмотрены два класса высокопрочного бетона по прочности на сжатие: С60/75 и С80/95, при этом соответствующие расчетные сопротивления, модули упругости и деформативные характеристики принимались в точном соответствии с каждым нормативным документом. Продольная рабочая арматура принята класса А500С ( $f_{yk} = 500$  МПа) с двумя вариантами армирования: 4Ø20 ( $A_s = 1256$  мм<sup>2</sup>,  $\mu = 0,76\%$ ) и 4Ø28 ( $A_s = 2463$  мм<sup>2</sup>,  $\mu = 1,49\%$ ), что позволило проанализировать влияние коэффициента армирования на итоговые результаты. Изгибающий момент от нормативных постоянных и длительных временных нагрузок принят  $M_{l,n} = 350$  кН·м, подобранный таким образом, чтобы напряжения в растянутой арматуре находились в характерном для эксплуатационных условий диапазоне  $0,6 - 0,8 f_{yk}$ . Условия эксплуатации моделировали внутреннюю среду с относительной влажностью 60%. Для корректного сравнения предельно допустимая ширина раскрытия трещин была единообразно принята  $w_{max} = 0,3$  мм для всех норм, где это соответствовало заданным условиям.

Сравнительный расчет выполнялся по формализованным алгоритмам, выделенным из каждого нормативного документа. В соответствии с СП 63.13330.2018 (пп. 8.2.10–8.2.20) определялся момент образования трещин  $M_{crc}$  и напряжения в растянутой арматуре  $\sigma_s$  с учетом работы растянутого бетона, после чего ширина раскрытия  $a_{crc}$  рассчитывалась по базовой формуле, учитывающей коэффициент армирования, диаметр стержня, характер нагружения и сцепление бетона с арматурой. Расчет по ACI 318-19 (п. 24.3.2) проводился с использованием эмпирического метода параметра  $\lambda$ , характеризующего усилие в растянутой арматуре, отнесенное к эффективной площади растянутого бетона  $A$ . Ширина трещины определялась по формуле, напрямую связывающей  $z$  с конструктивными параметрами. Методика

по EN 1992-1-1 (и идентичная ей СТБ EN) основывалась на детализированной модели, учитывающей работу бетона между трещинами (tension stiffening). В соответствии с п. 7.3.4 вычислялось максимальное расстояние между трещинами  $s_{r,max}$ , разность средних деформаций арматуры и бетона ( $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ ), а итоговая ширина трещины  $w_k$  определялась как их произведение. Особое внимание при расчете по белорусским нормам уделялось учету национально определенных параметров из Национального приложения, в частности, предельных значений ширины раскрытия трещин.

Для обработки результатов и минимизации погрешностей все вычислительные процедуры были формализованы и реализованы с использованием математического пакета. Ключевыми сравнительными критериями стали абсолютные значения расчетной ширины раскрытия трещин для каждой комбинации параметров и отношение этой ширины к предельно допустимой величине ( $w / w_{max}$ ), характеризующее степень использования несущей способности элемента по критерию трещиностойкости. Данная методология позволила провести количественный и качественный анализ расхождений в результатах, обусловленных фундаментальными различиями в исходных расчетных моделях и степени учета специфики высокопрочного бетона (табл.).

#### Анализ причин расхождений в результатах

Разброс результатов более чем в 2,5 раза (от 0,18 до 0,45 мм) обусловлен фундаментальными различиями в расчетных моделях и эмпирических базах норм.

Расчет по СП дал наибольшее значение ширины раскрытия (0,45 мм). Это связано с полумпирическим характером модели, в которой ключевую роль играет базовое расстояние между трещинами ( $l_{s,01}$ ), прямо пропорциональное диаметру стержня и обратно пропорциональное коэффициенту армирования. Для высокопрочного бетона, при прочих равных, используется большее значение модуля упругости ( $E_b$ ), что снижает коэффициент приведения  $\alpha$  и, как следствие, момент инерции приведенного сечения  $I_{red}$ . Это ведет

к уменьшению момента трещинообразования  $M_{cr}$  и увеличению коэффициента  $\psi_s$ , учитывающего работу растянутого бетона между трещинами, что в итоге может дать более высокий результат по

ширине раскрытия. Кроме того, зависимость от  $R_{btn}$ , которая для высоких классов растет нелинейно, требует осторожной интерполяции.

Таблица 1

Сводная таблица результатов для элемента из бетона С80/95

№	Нормативный документ	Расчетная ширина трещины, мм	Предельная ширина, мм	Запас	Выполнение условия
1	2	3	4	5	6
2	СП 63.13330.2018	0,45	0,30 (длительное)	-0,15 мм	Не выполняется
3	ACI 318-19	~0,35 (оценочно)	$Z \leq 170 \text{ kip/in}$	$Z = 139$	Выполняется
4	EN 1992-1-1:2020	0,18	0,30 (рекомендация)	+0,12 мм	Выполняется
5	СТБ EN 1992-1-1-2009	0,18	0,40 (НА Б)	+0,22 мм	Выполняется

Метод параметра  $z$  показал промежуточный результат (~0,35 мм). Его главная особенность – косвенное ограничение ширины трещин через контроль произведения напряжения в арматуре ( $f_s$ ) и геометрических параметров защитного слоя ( $d_c$ ) и эффективной площади растянутого бетона ( $A$ ). Данный подход не использует явно прочностные характеристики бетона на растяжение, что делает его менее чувствительным к переходу на высокопрочный бетон. Однако он чрезвычайно чувствителен к конструктивным параметрам: увеличение защитного слоя или уменьшение расстояния между стержнями (уменьшение  $A$ ) ведет к резкому росту параметра  $z$ . Расчет показал, что напряжение в арматуре при сервисной нагрузке (49 ksi) превысило рекомендуемый предел  $0,6f_y$ , что сигнализирует о недостаточности сечения арматуры для комфортного контроля трещин, даже если формальное условие по  $z$  выполняется.

Детализированный подход европейских и белорусских норм (EN/СТБ EN)

Данные нормы дали самый «оптимистичный» результат (0,18 мм). Это следствие более физически обоснованной модели, которая:

Явно учитывает усиление бетона между трещинами (tension stiffening) через разность средних деформаций ( $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ ). Формула отсекает нижнюю границу на уровне ( $0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$ ), что предотвращает необоснованно низкие значения, но в нашем случае решающим стало основное выражение, учитывающее вклад бетона.

Использует эффективную площадь растянутого бетона ( $A_{c,eff}$ ), зависящую от геометрии сечения и положения нейтральной оси, что адекватнее описывает зону растяжения.

Для высокопрочного бетона с более высоким модулем упругости ( $E_{cm}$ ) коэффициент приведения  $\alpha_e$  ниже, что приводит к меньшей высоте сжатой зоны  $x$  и большему плечу  $z$ . Это, в свою очередь, снижает напряжение в арматуре  $\sigma_s$ , являющееся ключевым в числителе формулы для ( $\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ ).

Особенность белорусских норм (СТБ EN): алгоритмически расчет идентичен Еврокоду. Критическое отличие, выявленное в работе, – установленное Национальным приложением РБ более либеральное предельное значение для ширины раскрытия при квазипостоянной комбинации в условиях XC1 (0,4 мм против часто применяемых 0,3 мм). Это дает дополнительный запас и делает белорусские нормы в данном конкретном случае наименее жесткими.

#### Влияние параметров высокопрочного бетона

Анализ расчетных зависимостей позволяет сделать следующие выводы о чувствительности методов к классу бетона:

СП: Результат сильно зависит от  $R_{btn}$  и  $E_b$ , рост которых для ВБ может иметь разнонаправленное влияние на итоговую ширину трещины.

ACI 318: Прямой зависимости от  $f'_c$  нет, влияние опосредовано через изменение  $E_c$  и, как следствие, высоты сжатой зоны и напряжения  $f_s$ .

EN/СТБ EN: Рост  $f_{ctm}$  и  $E_{cm}$  для ВБ положительно влияет на результат: увеличение  $f_{ctm}$  повышает вклад компонента, учитывающего работу бетона между трещинами, а увеличение  $E_{cm}$  снижает  $\sigma_s$ . Это объясняет наименьшее расчетное значение ширины раскрытия по данной методике.

Таким образом, сравнительный анализ наглядно демонстрирует, что нормативная база выбора существенно предопределяет вывод о трещиностойкости конструкции из высокопрочного бетона. Наиболее консервативным оказался подход СП, наиболее оптимистичным – подход EN/СТБ EN, в котором адекватно учтены положительные эффекты высокого модуля упругости и прочности на растяжение высокопрочного бетона в работе по ограничению раскрытия трещин.

#### Заключение (Conclusions)

Проведенный сравнительный анализ методов расчета ширины раскрытия нормальных трещин в железобетонных элементах из высокопрочного бетона по различным нормативным документам позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Нормативная база является решающим фактором. Результаты расчета ширины раскрытия трещин для элемента из высокопрочного бетона кардинально различаются в зависимости от применяемых норм. Российские нормы (СП) дали наиболее консервативный результат (0,45 мм), метод ACI показал промежуточное значение (~0,35 мм), а подход Еврокода и гармонизированных с ним белорусских норм (СТБ EN) – наименьший (0,18 мм). Разброс в 2,5 раза подчеркивает необходимость четкого понимания исходных предпосылок каждой методики.

2. Подход Еврокода 2 и белорусских норм СТБ EN наиболее адекватен для высокопрочного бетона. Данные стандарты, основанные на детализированной модели с учетом жесткости растянутого бетона между трещинами (tension stiffening), корректно отражают положительное влияние повышенного модуля упругости и прочности на растяжение высокопрочного бетона, приводя к оптимистичным, но физически обоснованным результатам. Ключевым преимуществом

белорусских норм является установленное Национальным приложением менее строгое предельное значение ширины раскрытия (0,4 мм против часто используемых 0,3 мм), что создает дополнительный запас.

3. Метод СП 63.13330 демонстрирует избыточную консервативность, а упрощенный эмпирический метод ACI 318 (параметр  $z$ ) – недостаточную чувствительность к специфике высокопрочного бетона. Полуэмпирические зависимости СП, не в полной мере учитывающие работу бетона между трещинами для высоких классов, приводят к завышенным результатам. Метод ACI, критически зависящий от конструктивных параметров, не использует явно прочность бетона

на растяжение, что снижает его предсказуемость для новых материалов.

4. Для современных проектов с применением высокопрочного бетона рекомендован подход, основанный на принципах Еврокода (в т.ч. СТБ EN), как обеспечивающий оптимальное сочетание технологичности, экономии материалов и обоснованной надежности. Полученные расхождения указывают на актуальность дальнейших исследований и возможной адаптации коэффициентов в национальных нормах (в частности, СП) для корректного учета поведения конструкций из высокопрочного бетона.

#### Список литературы

1. Шапиро Г. И. Особенности проектирования зданий с применением высокопрочных бетонов в условиях плотной городской застройки / Г. И. Шапиро, А. Г. Гасанов // Жилищное строительство. – 2025. – № 1. – С. 3–10.
2. Травуш В. И. Экспериментально-теоретические исследования высокопрочного бетона при статическом и динамическом нагружении / В. И. Травуш, Д. В. Конин // Строительная механика и расчет сооружений. – 2025. – № 2. – С. 34–41.
3. Бондаренко В. М. Прикладные методы теории железобетона : монография / В. М. Бондаренко, В. И. Римшин. – Москва : АСВ, 2022. – 416 с.
4. Мадатян С. А. Арматура железобетонных конструкций / С. А. Мадатян. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Стройиздат, 2022. – 320 с. (Базовая книга по расчету арматуры в РФ).
5. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения : актуализир. ред. СНиП 52-01-2003 : с изменениями № 1, 2, 3. – Утверждены приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 7 ноября 2018 г. № 699/пр. – Москва : Стандартинформ, 2022. – 119 с.
6. EN 1992-1-1:2023. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings, bridges and civil engineering structures. – Brussels : CEN, 2023. – 408 p.
7. ACI 318-19 (Reapproved 2022). Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. – Farmington Hills, MI : American Concrete Institute, 2022. – 624 p.
8. СТБ EN 1992-1-1-2009. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий. – Минск : Госстандарт, 2010. – 208 с.
9. Тамразян А. Г. Мониторинг и прогноз состояния железобетонных конструкций в экстремальных условиях / А. Г. Тамразян. – Москва : Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, 2021. – 288 с.
10. Голованов В. И. Свойства высокопрочных бетонов при высокотемпературных воздействиях / В. И. Голованов, И. С. Кузнецова. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 156 с.
11. Wight J. K. Reinforced Concrete: Mechanics and Design / J. K. Wight. – 8th ed. – Hoboken, NJ : Pearson, 2022. – 1152 p.
12. Семашко С. А. Анализ методов расчета ширины раскрытия трещин в изгибаемых элементах из бетонов высоких марок / С. А. Семашко, Д. Н. Лазовский // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F. Строительство. Прикладные науки. – 2022. – № 3. – С. 45–52.
13. Mordak M. Comparative analysis of crack width calculation methods according to Eurocode 2 and ACI 318 for high-performance concrete / M. Mordak, D. Barnat-Hunek // Journal of Civil Engineering and Management. – 2024. – Vol. 30, no. 2. – P. 112–125.
14. Lee J. H. Crack control of high-strength concrete flexural members: A comparative study of global codes / J. H. Lee, B. E. Cho // Structural Engineering and Mechanics. – 2024. – Vol. 89, no. 4. – P. 445–458.
15. Кудрявцев А. А. Верификация расчетных моделей раскрытия трещин в нормах РФ и Республики Беларусь / А. А. Кудрявцев // Academia. Архитектура и строительство. – 2024. – № 4. – С. 132–139.
16. Баранова Т. И. Сравнительный анализ расчетных положений норм США (ACI 318) и России (СП 63) по оценке трещиностойкости изгибаемых элементов / Т. И. Баранова, А. С. Кузнецов // Региональная архитектура и строительство. – 2023. – № 2. – С. 54–61.
17. FIB Bulletin 90. Ripple effects of crack width control on sustainability of concrete structures. – Lausanne : International Federation for Structural Concrete (fib), 2023. – 184 p.
18. Мордич А. И. Развитие расчетных моделей трещиностойкости в нормах Республики Беларусь в условиях гармонизации с Еврокодами / А. И. Мордич, В. В. Надольский // Строительная наука и техника (Минск). – 2024. – № 4. – С. 42–49.
19. Шмаков С. Д. Экспериментальное исследование напряженно-деформированного состояния изгибаемого железобетонного элемента на стадии особого предельного состояния / С. Д. Шмаков // Стоительство и архитектура. – 2025. – № 4. – С. 5–11.
20. Макаров А. В. Влагодозащита железобетонных мостов – важный фактор их долговечности / А. В. Макаров, Д. В. Ивасик, А. А. Васильченко // Стоительство и архитектура. – 2025. – № 4. – С. 12–17.
21. Меликсетян С. Р. Прочность и деформативность изгибаемых монолитных железобетонных элементов при динамических аварийных воздействиях / С. Р. Меликсетян, П. А. Кайдас, О. О. Коренькова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2025. – № 2 (52). – С. 11–16.
22. Шамшина К. В. Результаты экспериментальных исследований деформационных свойств сжимаемых железобетонных конструкций с коррозионными продольными трещинами в защитном слое бетона / К. В. Шамшина // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2020. – № 1 (31). – С. 26–33.

#### References

1. Shapiro G. I., Gasanov A. G. Osobennosti proektirovaniya zdaniy s primeneniem vysokoprochnikh betonov v usloviyakh plotnoi gorodskoi zastroyki [Design features of buildings using high-strength concrete in dense urban development]. *Zhilishchnoe stroitelstvo* [Housing Construction]. 2025, no. 1, pp. 3–10.
2. Travush V. I., Konin D. V. Eksperimental'no-teoreticheskiye issledovaniya vysokoprochnogo betona pri staticheskom i dinamicheskom nagruzhenii [Experimental and theoretical studies of high-strength concrete under static and dynamic loading]. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenii* [Structural Mechanics and Analysis of Structures]. 2025, no. 2, pp. 34–41.

3. Bondarenko V. M., Rimshin V. I. *Prikladnie metody teorii zhelezobetona* [Applied methods of reinforced concrete theory]. Moscow, ASV; 2022, 416 p.
4. Madatyan S. A. *Armatura zhelezobetonnykh konstruksiy* [Reinforcement of reinforced concrete structures]. 2nd ed. Moscow, Stroyizdat; 2022, 320 p.
5. SP 63.13330.2018. *Betonnie i zhelezobetonnie konstruksii. Osnovnie polozeniya* [Concrete and reinforced concrete structures. General provisions]. Moscow: Standartinform; 2022, 119 p.
6. EN 1992-1-1:2023. Eurocode 2: *Design of concrete structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings, bridges and civil engineering structures*. Brussels: CEN; 2023, 408 p.
7. ACI 318-19 (Reapproved 2022). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. Farmington Hills, MI, American Concrete Institute; 2022, 624 p.
8. STB EN 1992-1-1-2009. *Yevrokod 2. Proyektirovaniye zhelezobetonnykh konstruksiy* [Eurocode 2. Design of reinforced concrete structures]. Minsk: Gosstandart; 2010. Part 1-1. General rules and rules for buildings, 208 p.
9. Tamrazyan A. G. *Monitoring i prognoz sostoyaniya zhelezobetonnykh konstruksiy v ekstremal'nykh usloviyakh* [Monitoring and prediction of reinforced concrete structures condition under extreme conditions]. Moscow: Natsionalnii issledovatel'skii Moskovskii gosudarstvennii stroitel'nii universitet; 2021. 288 p.
10. Golovanov V. I., Kuznetsova I. S. *Svoystva vysokoprechnykh betonov pri vysokotemperaturnykh vozdeystviyakh* [Properties of high-strength concrete under high-temperature effects]. Saint Petersburg: Lan; 2023, 156 p.
11. Wight J. K. *Reinforced Concrete: Mechanics and Design*. 8th ed. Hoboken: NJ, Pearson; 2022, 1152 p.
12. Semashko S. A., Lazovskiy D. N. Analiz metodov rascheta shiriny raskrytiya treshchin v izgibayemykh elementakh iz betonov vysokikh marok [Analysis of crack width calculation methods in flexural elements made of high-grade concrete]. *Vestnik Polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya F. Stroitel'stvo. Prikladnie nauki* [Bulletin of the Polotsk State University. Series F. Construction. Applied Sciences]. 2022, no. 3, pp. 45–52.
13. Mordak M., Barnat-Hunek D. Comparative analysis of crack width calculation methods according to Eurocode 2 and ACI 318 for high-performance concrete. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2024, vol. 30, no. 2, pp. 112–125.
14. Lee J. H., Cho B. E. Crack control of high-strength concrete flexural members: A comparative study of global codes. *Structural Engineering and Mechanics*. 2024, vol. 89, no. 4, pp. 445–458.
15. Kudryavtsev A. A. Verifikatsiya raschetnikh modelei raskritiya treshchin v normakh RF i Respubliki Belarus [Verification of crack width calculation models in the norms of the Russian Federation and the Republic of Belarus]. *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo* [Academia. Architecture and Construction]. 2024, no. 4, pp. 132–139.
16. Baranova T. I., Kuznetsov A. S. Sravnitel'nii analiz raschetnikh polozenii norm SShA (ACI 318) i Rossii (SP 63) po otsenke treshchinostoikosti izgibaemikh elementov [Comparative analysis of the design provisions of US (ACI 318) and Russian (SP 63) codes for crack resistance assessment of flexural elements]. *Regionalnaya arkhitektura i stroitel'stvo* [Regional Architecture and Construction]. 2023, no. 2, pp. 54–61.
17. FIB Bulletin 90. *Ripple effects of crack width control on sustainability of concrete structures*. Lausanne: International Federation for Structural Concrete (fib); 2023, 184 p.
18. Mordich A. I., Nadolskiy V. V. Razvitie raschetnikh modelei treshchinostoikosti v normakh Respubliki Belarus v usloviyakh harmonizatsii s Yevrokodami [Development of crack resistance calculation models in the norms of the Republic of Belarus under harmonization with Eurocodes]. *Stroitel'naya nauka i tekhnika (Minsk)* [Building Science and Technology (Minsk)]. 2024, no. 4, pp. 42–49.
19. Shmakov S. D. Eksperimentalnoe issledovaniye napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya izgibaemogo zhelezobetonного элемента na stadii osobogo predelnogo sostoyaniya [Experimental study of the stress-strain state of a bent reinforced concrete element at the stage of accidental limit state]. *Stroitel'stvo i arkhitektura* [Construction and Architecture]. 2025, no. 4, pp. 5–11.
20. Makarov A. V., Ivasik D. V., Vasilchenko A. A. Vlagozashchita zhelezobetonnykh mostov – vazhnyi faktor ikh dolgovechnosti [Moisture protection of reinforced concrete bridges as an important factor of their durability]. *Stroitel'stvo i arkhitektura* [Construction and Architecture]. 2025, no. 4, pp. 12–17.
21. Meliksetyan S. R., Kaidas P. A., Koren'kova O. O. Prochnost i deformativnost izgibayemykh monolitnykh zhelezobetonnykh elementov pri dinamicheskikh avariinnykh vozdeystviyakh [Strength and deformability of bent monolithic reinforced concrete elements under dynamic emergency impacts]. *Inzhenerno-stroitel'nii vestnik Prikaspiya* [Civil Engineering Bulletin of the Caspian Region]. 2025, no. 2 (52), pp. 11–16.
22. Shamshina K. V. Rezultati eksperimentalnykh issledovaniy deformatsionnykh svoystv szhimaemikh zhelezobetonnykh konstruksiy s korrozionnymi prodolnymi treshchinami v zashchitnom sloe betona [Results of experimental studies of deformation properties of compressed reinforced concrete structures with corrosion longitudinal cracks in the protective layer of concrete]. *Inzhenerno-stroitel'nii vestnik Prikaspiya* [Civil Engineering Bulletin of the Caspian Region]. 2020, no. 1 (31), pp. 26–33.

© М. А. Амелина, Е. А. Громова

**Ссылка для цитирования:**

Амелина М. А., Громова Е. А. Трещиностойкость железобетонных элементов из высокопрочного бетона: сравнительный анализ методов расчета по нормам РФ, США и Республики Беларусь // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2026. № 1 (55). С. 55–59.