

**ОПЫТ СОЗДАНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НОРМАТИВНОЙ
БАЗЫ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ И ЗАДАЧИ ПО ЕЕ
ДАЛЬНЕЙШЕМУ РАЗВИТИЮ**

РАК Н. А., ТУР В. В.

Белорусский национальный технический университет,
УО «Брестский государственный технический университет»

*Статья написана в дань памяти Тимофея Максимовича Пецо-
льда, под неустанным руководством и активным участием кото-
рого проходило создание отечественной нормативной базы по про-
ектированию железобетонных конструкций. Лучшей памятью о
нем будет дальнейшее ее совершенствование на основе учета ре-
зультатов отечественных научных исследований, опытно-
конструкторских и опытно-технологических работ в области
строительства, на основе опыта проектирования новых строи-
тельных конструкций в Республике Беларусь, использования мето-
дов расчета, обеспечивающих требуемую надежность и долговеч-
ность проектируемых железобетонных конструкций.*

Опыт создания отечественной нормативной базы по проектиро-
ванию железобетонных конструкций.

После ввода в действие в 2003 году первых национальных норм СНБ 5.03.01-02 [1], проектирование железобетонных конструкций из тяжелого бетона в Республике Беларусь выполняется в полном соответствии с концепцией надежности, принятой в европейских нормативных документах. Наряду с методами расчета, регламентированными Еврокодом EN 1992-1-1-2004 [2], в [1] содержались и другие методы расчета железобетонных конструкций, применение которых позволило обеспечить надежность конструкций, установленную EN 1990:2002 [3] для класса надежности не ниже RC2.

При всех преимуществах и недостатках Еврокодов, они пред-
ставляют собой систему взаимосвязанных документов, основанных
на общей концепции надежности, изложенной в ISO 2394 и [3], со-
держащих нормируемые значения вероятности отказа и индекса

надежности. В связи этим в [1] было включено специальное приложение, определяющее, например, правила составления сочетаний для характеристических и репрезентативных значений воздействий в рамках метода частных коэффициентов.

Среди введенных с января 2010 года в действие в Республике Беларусь европейских норм по проектированию особое положение занимает ТКП EN 1992-1-1-2009 [4, 5].

Начиная с 2010 года общие проблемы перехода Республики Беларусь на европейские нормы проектирования строительных конструкций, в том числе проблемы методики преподавания, постоянно обсуждались в рамках семинаров, симпозиумов и конференций.

Новым шагом по внедрению в практику проектирования Европейских норм проектирования явилось принятие Минстройархитектуры приказа № 340 от 10.12.2014 «О переходе на Еврокоды». Его целью является массовое внедрение в практику проектирования на возведение зданий и сооружений европейских стандартов по расчету строительных конструкций (Еврокодов).

Процесс внедрения Еврокодов в практику проектирования строительных конструкций происходил в непростых экономических условиях и был сопряжен с наличием ряда усложняющих факторов – как внешних, так и внутренних.

Достаточно подробный анализ перечисленных выше и некоторых других факторов был представлен в более ранних публикациях по этому вопросу [6, 7].

Начиная с 2013 года техническим комитетом CEN TC 250 «Строительные Еврокоды» в соответствии с мандатом M/515EN начата разработка проектов европейских стандартов второго поколения. Планировалось, что до конца 2018 года будут разработаны новые редакции уже существующих стандартов. Однако работа над вторым поколением Еврокодов по большинству направлений пока далека от завершения. В качестве основы для разработки Еврокода prEN1992 второго поколения для проектирования железобетонных конструкций первоначально предполагалось принять *fibModel Code 2010* [8], однако в дальнейшем это решение подверглось серьезной трансформации.

Согласно сложившейся практике разработки и принятия европейских нормативных документов в этом процессе участие могут принимать только страны члены ЕС. В таких условиях другие стра-

ны могут только выражать свой собственный взгляд и понимание принципов и правил проектирования исключительно при разработке своих отечественных нормативных документов. Таким образом, вопрос сохранения и постоянного совершенствования своей национальной нормативной системы, построенной на принципах общей концепции надежности [3], приобретает принципиальное значение.

По своему содержанию EN 1992-1-1:2004 [2] не является документом прямого действия, а устанавливает только основные требования по проектированию. В связи с этим в ряде европейских стран разработаны или разрабатываются дополнительные документы (пособия, руководства, рекомендации, учебники, программное обеспечение и т. п.), в которых содержатся, в том числе, и альтернативные расчетные модели, применение которых обеспечивает устанавливаемую ТКП EN 1990-2011 [9] надежность железобетонных конструкций, но учитывающие отечественные инженерные традиции.

В качестве такого документа в национальной практике нормирования и стандартизации в 2018 году разработано и с 2019 года введено в действие Национальное дополнение к ТКП EN 1992-1-1-2009 [10], в котором приведены сведения в виде схем усилий, уравнений равновесия, относительных параметров напряженного состояния, алгоритмов решения прямой и обратной задач расчета, а также вспомогательных таблиц, значительно облегчающих проектировщику выполнение расчетов сопротивления железобетонных и предварительно напряженных элементов. Но главное заключается в том, что в разработанном Национальном дополнении представлены также методы расчета, альтернативные приведенным в [5], но обеспечивающие надежность конструкций не ниже расчетных моделей [5].

Вместе с тем разработанное Национальное дополнение не позволяет произвести включение всех изменений, которые накоплены за время действия [1], в частности связанных как с применением новых материалов, так и разработкой новых методов расчета сопротивлений.

Результатом поиска рационального направления реформирования системы ТНПА в строительстве явился Указ Президента Республики Беларусь 5 июня 2019 г. № 217 «О строительных нормах и правилах», в котором ТНПА, касающиеся проектирования строительных конструкций, разделены на два вида:

– строительные нормы (СН), устанавливаются обязательные для соблюдения требования при проектировании и строительстве зданий и сооружений в целях обеспечения механической прочности и устойчивости зданий и сооружений;

– строительные правила (СП), в которых установлены добровольные для применения правила в области архитектурной, градостроительной и строительной деятельности, выполнение которых обеспечивает механическую прочность и устойчивость зданий и сооружений.

В рамках этой новой отечественной системы ТНПА в области строительства были разработаны строительные правила СП 5.03.01-2020 [11].

Краткая характеристика СП 5.03.01-2020.

Объектом нормирования являются правила проектирования конструкций зданий и инженерных сооружений с применением бетона нормального веса (средняя плотность в сухом состоянии от 2000 до 2600 кг/м³) и легкого бетона (средняя плотность в сухом состоянии от 1000 до 2000 кг/м³).

СП 5.03.01–2020, разработанные взамен [1] и СНиП 2.03.01-84 устанавливают правила проверок предельных состояний несущей способности, эксплуатационной пригодности и долговечности бетонных и железобетонных конструкций.

Ниже последовательно перечислены все разделы и приложения (новые по сравнению с [1] разделы и приложения выделены курсивом).

1. Область применения
2. Нормативные ссылки
3. Термины и определения
4. Основы проектирования
5. Статический анализ конструкций
6. Материалы и критерии обеспечения долговечности
7. Характеристики сцепления
8. Проверки предельных состояний несущей способности (ULS) при статических и квазистатических воздействиях
- 9 Проверки предельных состояний эксплуатационной пригодности (SLS)
- 10. Проверка живучести конструктивных систем в особых расчетных ситуациях*

11. Требования к конструированию

12. Требования к проверкам предельных состояний при оценивании существующих конструкций

Приложение А. Особенности проектирования постнапряженных плоских плит

Приложение Б. Формат безопасности при выполнении нелинейного анализа

Приложение В. Расчет параметров ползучести и усадки бетона

Приложение Г. Минимальные классы бетона по прочности на сжатие для обеспечения долговечности конструкции

Приложение Д. Таблицы для расчета сопротивления сечений, нормальных к продольной оси железобетонных элементов прямоугольного сечения

Приложение Е. Определение момента инерции для железобетонных элементов

Приложение Ж. Особенности проектирования конструктивных систем из железобетона в особых расчетных ситуациях

Приложение К. Методы расчета вторичных эффектов постнапряжения при использовании эквивалентных нагрузок

Приложение Л. Правила трассировки напрягающих элементов

При разработке [11] так же как и при разработке ранее [1] разработчики руководствовались принципами преемственности и дополнителности, когда прошедшие проверку практикой проектирования положения и методики расчета существующих норм дополняются новыми положениями и методиками расчета, обеспечивающими выполнение базовых требований к зданиям и сооружениям в соответствии с требованиями СН 2.01.01-2019 «Основы проектирования строительных конструкций».

Настоящие строительные правила имеют значительные отличия от [1]:

1. Область применения нормативного акта существенно расширена распространение на проектирование конструкций из легкого бетона (средняя плотность в сухом состоянии от 1000 до 2000 кг/м³).

2. Структура и содержание настоящего технического кодекса существенно переработаны по сравнению [1], появились 3 новых раздела и 7 приложений, содержащих важную информацию, в том

числе по проектированию конструкций в особых расчетных ситуациях.

3. Часть методов расчета конструкций по [1] были заменены методами, гармонизированными с требованиями [5, 8].

Краткая характеристика преемника prEN 1992-1-1:2021. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1–1: Общие правила – Правила для зданий, мостов и гражданских сооружений

Результатом многолетней работы подкомитета SC2 комитета CEN TC 250 «Строительные Еврокоды» явился окончательный вариант проекта европейского стандарта второго поколения по проектированию железобетонных конструкций [12].

Ниже последовательно перечислены все разделы и приложения (новые по сравнению с [2] разделы и приложения выделены курсивом).

0. Введение

1. Область применения

2. Нормативные ссылки

3. Термины, определения и символы

4. Основы проектирования

5. Материалы

6. Долговечность

7. Статический расчет

8. Предельные состояния несущей способности (ULS)

9. Предельные состояния эксплуатационной пригодности (SLS)

10. Усталость

11. Конструирование армирования и пост-натягиваемой арматуры

12. Конструирование элементов и особые правила

13. Дополнительные правила для сборных железобетонных элементов и конструкций

14. Бетонные и слабоармированные конструкции

Приложение А (обязательное). Корректировка частных коэффициентов для материалов

Приложение В (обязательное). Поведение материалов во времени: ползучесть, усадка и упругая деформация бетона, релаксация предварительно напряженной стали

Приложение С (обязательное). Требования к материалам

Приложение D (справочное). Оценка раннего и долговременного растрескивания из-за ограничения

Приложение E (обязательное). Дополнительные правила проверки на усталость

Приложение F (справочное). Процедуры нелинейного анализа

Приложение G (обязательное). Расчет мембранных, оболочечных и плитных элементов

Приложение H (справочное). Руководство по проектированию бетонных конструкций на водонепроницаемость

Приложение I (справочное). Оценка существующих конструкций

Приложение J (справочное). Усиление существующих бетонных конструкций углепластиком

Приложение JA (справочное). Дополнительное армирование фиброармированными пластиками

Приложение K (обязательное). Мосты

Приложение L (справочное). Сталефибробетонные конструкции

Приложение M (обязательное). Конструкции из легкого бетона

Приложение N (справочное). Конструкции из переработанных заполнителей

Приложение O (справочное). Упрощенные подходы к эффектам второго порядка

Приложение P (справочное). Альтернативный подход к защитному слою бетона для обеспечения долговечности

Приложение Q (обязательное). Нержавеющая арматурная сталь

Область применения нового нормативного акта существенно расширена по сравнению с [2]. Он вводится взамен сразу нескольких существующих нормативных документов [2, 13, 14]. Структура разделов значительно изменена, большинство разделов подверглось значительной переработке, направленной в том числе на уменьшение количества пунктов, в которых предусмотрены национально устанавливаемым параметры. Добавлено большое количество приложений, обусловленных значительным расширением области применения.

Задачи нового этапа развития системы отечественных ТНПА по проектированию железобетонных конструкций.

Со времени введения СП 5.03.01-2020 [10] в действие прошло пока менее 2 лет. Введение его в действие сопровождалось прове-

дением семинаров с участием широкого круга работников проектных организаций, органов государственной экспертизы и госстройнадзора, преподавателей вузов и др. Во время этих семинаров разработчикам задавались вопросы, касающиеся расчета и проектирования железобетонных конструкций широкого применения, отмечалась необходимость уточнения отдельных положений и исправления обнаруженных опечаток. В целом внедрение [10] не вызвало серьезных проблем поскольку в его основе лежат те же положения, что и в ТНПА, используемых до этого в практике проектирования железобетонных конструкций в Республике Беларусь.

Однако работа над развитием системы отечественных ТНПА по проектированию железобетонных конструкций должна продолжаться, находиться в центре внимания широкого круга проектировщиков, научных работников, научно-педагогических кадров и других специалистов в области строительства.

В процессе этой работы должны быть решены многие задачи, основные из которых перечислены ниже.

Разработка и внесение в [10] изменений редакционного характера.

Сопоставление областей применения [10] и [12] и разработка рекомендаций по выбору пути дальнейшего развития системы отечественных ТНПА.

Анализ соответствия требований [10] требованиям преемства [12] к расчету и конструированию конструкций.

Выявление актуальных задач проектирования, имеющих существенное значение для обеспечения надежности и экономичности проектных решений.

Разработка новых научно обоснованных методов расчета и конструирования железобетонных конструкций.

Список использованных источников:

1. СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции. – 2003. – 139 с.
2. EN 1992-1-1:2004. Design of concrete structures. Part 1: General rules and rules for buildings. – CEN, Brussels, 2004. – 225 p.
3. EN 1990:2002. Basis of Structural Design. – CEN, Brussels, 2002. – 87 p.

4. ТКП EN 1992-1-1-2009 Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1 – 1. Общие правила и правила для зданий. – Минск, МАиС РБ, 2010. – 191 с.
5. ТКП EN 1992-1-1-2009* Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1–1. Общие правила и правила для зданий. – Минск, МАиС РБ, 2015. – 207 с.
6. Пецольд, Т. М. Опыт внедрения в Республике Беларусь европейских нормативных документов по проектированию железобетонных конструкций / Т. М. Пецольд, Н. А. Рак, В. В. Тур // Строительная наука и техника. – 2012. – № 2 – С. 94–96.
7. Пецольд, Т. М. Особенности перехода в Республике Беларусь на проектирование железобетонных конструкций по европейским нормативным документам / Т. М. Пецольд, Н. А. Рак, В. В. Тур // Материалы Международной научно-практической конференции «Техническое регулирование в строительной отрасли в современных условиях» (Минск, 21 мая 2015 г.) – Минск, СтройМедиаПроект, 2015. – С. 18–25.
8. fib Model Code for Concrete Structures 2010. – Berlin, Ernst&Sohn, 2013. – 434 p.
9. ТКП EN 1990-2011* Еврокод. Основы проектирования строительных конструкций. – Минск, МАиС РБ, 2015. – 94 с.
10. Изменение № 2 к ТКП EN 1992-1-1-2009* Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1–1. Общие правила и правила для зданий. – Минск, МАиС РБ, 2019. – 90 с.
11. СП 5.03.01-2020. Бетонные и железобетонные конструкции / М–во архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Минск, 2020. – 236 с.
12. prEN 1992-1-1:2021 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1–1: General rules – Rules for buildings, bridges and civil engineering structures – CEN TC250, Brussel, 2021. – 383 p.
13. EN 1992–2:2005 Eurocode 2 – Design of concrete structures – Part 2: Concrete bridges – Design and detailing rules – CEN, Brussels, 2005. – 95 p.
14. EN 1992-3:2006 Eurocode 2 – Design of concrete structures – Part 3: Liquid retaining and containment structures – CEN, Brussels, 2006. – 23 p.