



ЗАГАЛЬНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ І НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ КРУГЛОГО ПЕРЕРІЗУ ЗА ДЕФОРМАЦІЙНОЮ МОДЕЛЛЮ

А. М. Бамбура¹, О. В. Дорогова²

Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій»,

5/2, вул. Івана Клименка, м. Київ, Україна, 03037.

E-mail: ¹ abambura@gmail.com, ² dorogova@ukr.net

Отримана 22 травня 2014; прийнята 26 грудня 2014.

Анотація. Наведені мета, завдання і актуальність досліджень з оцінки напружено-деформованого стану та несучої здатності звичайних і попередньо напружених залізобетонних елементів круглого перерізу. Викладено основні передумови та припущення деформаційної моделі залізобетону, на базі яких запропоновано інженерний метод розрахунку напружено-деформованого стану та несучої здатності елементів круглого перерізу. Згідно з прийнятими передумовами, при розробці розрахункового апарату розглядається не переріз з тріщиною, а за розрахунковий приймається усереднений переріз, який відповідає середнім деформаціям бетону та арматури по довжині блока між тріщинами, якщо такі є. При цьому для розрахункового перерізу вважається справедливою гіпотеза плоских перерізів. Зв'язок між напруженнями і деформаціями стиснутого бетону приймається у вигляді криволінійної діаграми, яка описується рівнянням 3.14 EN 1992-1-1; деформації звичайної арматури, або приріст деформацій у попередньо напруженій арматурі, дорівнюють деформаціям навколишнього бетону. За критерію вичерпання несучої здатності розрахункового перерізу приймається: досягнення фібровими деформаціями стиснутого бетону граничних значень ε_{cul} ; або обрив всіх розтягнутих стрижнів арматури; або вичерпання несучої здатності розрахункового перерізу в результаті втрати стійкості деформування, або втрата рівноваги між внутрішніми і зовнішніми зусиллями. Виконується чисельне інтегрування (в квадратурах) системи нелінійних рівнянь рівноваги. При цьому стиснута зона залізобетонного елемента круглого перерізу розбивається на m шарів, перпендикулярних до осі дії моменту. Рішення отриманих систем нелінійних рівнянь, згідно з деформаційною методикою, знаходиться шляхом підбору за параметрами деформованого стану – $\varepsilon_{c(1)}$ і ξ (або $\varepsilon_{c(2)}$). Порівняння результатів визначення несучої здатності залізобетонних елементів круглого перерізу, якщо поділ стиснутої зони прийняти на $m = 40$ шарів, при обчисленні за «точною» методикою (пряме інтегрування рівнянь рівноваги) і за інженерної методики, показало, що максимальна похибка розрахунків не перевищує 1%. Що з точки зору практики цілком задовільно.

Ключові слова: несуча здатність, напружено-деформований стан, круглий переріз, рівняння рівноваги, похибка рішення.

ОБЩИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ И НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КРУГЛОГО СЕЧЕНИЯ ПО ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

А. Н. Бамбура¹, Е. В. Дорогова²

Государственное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций»,

5/2, ул. Ивана Клименко, г. Киев, Украина, 03037.

E-mail: ¹ abambura@gmail.com, ² dorogova@ukr.net

Получена 22 мая 2014; принята 26 декабря 2014.

Аннотация. Приведены цель, задачи и актуальность исследований по оценке напряженно-деформированного состояния и несущей способности обычных и преднапряженных железобетонных элементов круглого сечения. Изложены основные предпосылки и допущения деформационной модели железобетона, на базе которых предложен инженерный метод расчета напряженно-деформированного состояния и несущей способности элементов круглого сечения. Согласно принятым предпосылкам, при разработке расчетного аппарата рассматривается не сечение с трещиной, а за расчетное принимается усредненное сечение, которое отвечает средним деформациям бетона и арматуры по длине блока между трещинами, если такие есть. При этом для расчетного сечения считается справедливой гипотеза плоских сечений. Связь между напряжениями и деформациями сжатого бетона принимается в виде криволинейной диаграммы, которая описывается уравнением 3.14 EN 1992-1-1; деформации обычной арматуры, или приращение деформаций в предварительно напряженной арматуре, равны деформациям окружающего бетона. За критерий исчерпания несущей способности расчетного сечения принимается: достижение фибровыми деформациями сжатого бетона предельных значений ε_{cul} ; или обрыв всех растянутых стержней арматуры; или исчерпание несущей способности расчетного сечения в результате потери устойчивости деформирования, потеря равновесия между внутренними и внешними усилиями. Выполняется численное интегрирование (в квадратурах) системы нелинейных уравнений равновесия. При этом сжатая зона железобетонного элемента круглого сечения разбивается на m слоев, перпендикулярных оси действия момента. Решение полученных систем нелинейных уравнений, согласно деформационной методике, находится подбором по параметрам деформированного состояния – $\varepsilon_{c(1)}$ и $\varepsilon_{c(2)}$ (или $\varepsilon_{c(2)}$). Сопоставление результатов определения несущей способности железобетонных элементов круглого сечения, при «точной» (прямое интегрирование уравнений равновесия) и по инженерной методикам, показало, что максимальная погрешность в расчетах, если разделение сжатой зоны принять на $m = 40$ слоев, не превышает 1%. Что с точки зрения практики вполне удовлетворительно.

Ключевые слова: несущая способность, напряженно-деформированное состояние, кольцевое сечение, уравнения равновесия, погрешность решения.

COMMON METHOD OF VALUATION OF STRAIN-STRESS STATE OF BEARING RESISTANCE OF PRESTRESSED CONCRETE ELEMENTS OF ROUND CROSS-SECTION THROUGH STRAIN MODEL

Andrii Bambura¹, Olena Dorogova²

State Enterprise «State Research Institute of Building Constructions»,

5/2, Ivan Klimenko Str., Kyiv, Ukraine, 03037.

E-mail: ¹ abambura@gmail.com, ² dorogova@ukr.net

Received 22 May 2014; accepted 26 December 2014.

Abstract. Purpose, tasks and actuality of research deals with assessment of stress-strain state and bearing capacity of the usual and pre-stressed reinforced-concrete elements with round section are presented there. The basic premises and assumptions for deformation model of concrete are stated there. The engineer method for designing of stress-strain state and bearing capacity of elements with round section are proposed on basis of these premises and assumptions. In accordance with accepted assumptions, the averaged section

corresponding to average concrete and reinforcement deformations along block length between cracks (if they have place, but not the section with crack) is accepted as design value when elaboration of calculation apparatus. In the process, the hypothesis of plat sections is considering as truth for design section. The correlation between stresses and deformations of compressed concrete is accepted as curvilinear diagram in accordance with equation 3.14 EN 1992-1-1; the deformations of usual reinforcement or increment of deformations in pre-stressed reinforcement are equal to deformations of surrounding concrete. The limit values ε_{cul} of fiberdeformations of compressed concrete or rupture of all strained reinforcement rods or loss of bearing capacity of design section due to loss of stability of deformation or loss of equilibrium between internal and external forces are accepted as criterion of bearing capacity loss by design section. Numerical integration (in quadrature) of the non-linear equations set of equilibrium is carrying out there. In process, the compresses area of reinforced concrete element with round section is dividing by m layers perpendicular to axis of moment action. The solution of the gotten non-linear equations sets is carrying out by matching on parameters of deformed state $\varepsilon_{c(1)}$ and \varkappa (or $\varepsilon_{c(2)}$) in accordance with deformation methodology. Comparison of the results of the reinforced concrete round sections elements bearing capacity determination (when diving of compressed by $m = 40$ layers) gotten on «exact» method (direct integration of equilibrium equations) with calculation results on engineer method has shown following: the maximal calculation error does not exceed 1 %. It is acceptable from point of practice.

Keywords: bearing capacity, stress-strain state, round section, equilibrium equation, solution error.

Введение

В ГП НИИСК за последние 30 лет выполнен широкий комплекс экспериментально-теоретических исследований, которые позволили разработать основы прикладной деформационной теории железобетона [1, 2, 3]. В рамках этой теории разработаны расчетные зависимости и алгоритм оценки напряженно деформированного состояния железобетонных элементов прямоугольного, таврового, двутаврового и круглого сечений на основе реальных диаграмм деформирования бетона и арматуры. Вышесказанное отображено в новых национальных нормативных документах ДБН В.6.2-98:2009 и ДСТУ Б В.2.6-156:2010 [4, 5].

В последние годы в ГП НИИСК, согласно постановлению Кабинета Министров Украины от 23 мая в 2011 г. № 547 «Про утверждение Порядка применения строительных норм, разработанных на основе национальных технологических традиций, и строительных норм, гармонизированных с нормативными документами Европейского Союза», и распоряжению Кабинета Министров Украины, от 10 июля в 2010 г. № 1436 «Про утверждение Концепции реализации государственной политики из нормативного обеспечения строительства в Украине на период до 2015 года», разработан ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010. Указанный нормативный документ фактически является переводом с английского языка на украинский Еврокода-2 (EN 1992-1-1:2004). В прошлом году разработано Национальное приложение

к указанному ДСТУ, которое вступит в силу с 01.07.2014 года. Таким образом, будет открыта возможность проектирования железобетонных конструкций по Европейским нормативным документам. В то же время в Еврокоде-2 и, соответственно, в ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010 не приведены рекуррентные зависимости для расчета железобетонных конструкций различных сечений, в том числе круглых.

Основная часть

Целью данной работы является разработка расчетных зависимостей и алгоритма по определению напряженно-деформированного состояния и несущей способности внецентренно сжатых и изгибаемых железобетонных элементов круглого сечения на основе предпосылок деформационной модели железобетона [2] и зависимости (3.14) Еврокода-2.

Расчетный аппарат по определению напряженно-деформированного состояния и несущей способности предварительно напряженных железобетонных элементов круглого сечения разработан на основе следующих гипотез и допущений деформационной модели железобетона:

- за расчетное принимается усредненное сечение, которое отвечает средним деформациям бетона и арматуры по длине блока между трещинами, если такие есть;
- для расчетного сечения считается справедливой гипотеза плоских сечений;

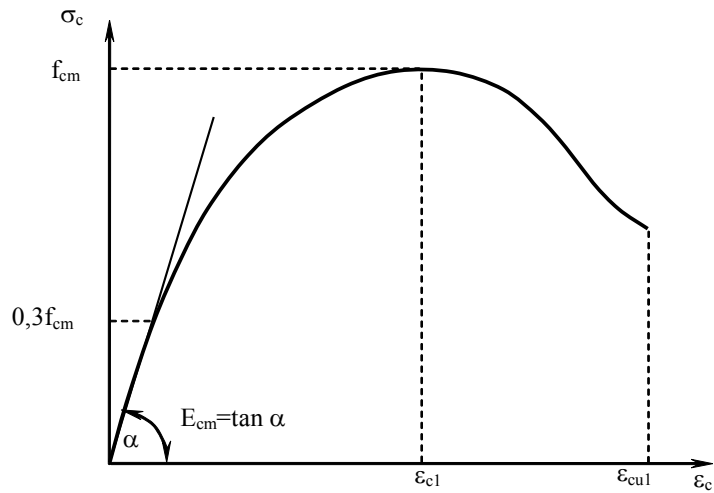


Рисунок 1. Диаграмма «напряжение – деформации» сжатого бетона.

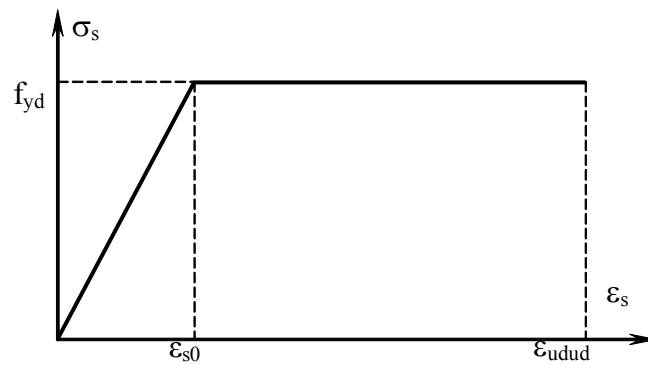


Рисунок 2. Диаграмма состояния арматуры, имеющей физическую площадку текучести.

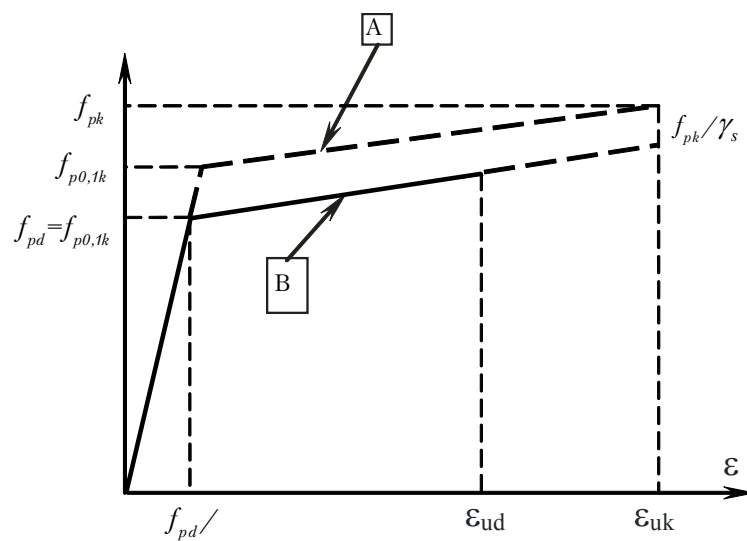


Рисунок 3. Диаграмма состояния предварительно напряженной арматуры: А – идеализированной; В – расчетной.

- деформации обычной или прирост деформаций у предварительно напряженной арматуры одинаковые с окружающим бетоном как при растяжении, так и при сжатии;
 - связь между напряжениями и деформациями сжатого бетона принимается в виде диаграмм, приведенных на рисунке 1;
 - связь между напряжениями и деформациями арматуры принимается в виде диаграмм, приведенных на рисунках 2 и 3. При этом:
 - а) для обоих видов (обычной и предварительно напряженной) арматуры при $\varepsilon_s \geq \varepsilon_{ud}$ напряжения $\sigma_s = 0$;
 - б) при определении напряжений в предварительно напряженной арматуре учитываются начальные деформации этой арматуры ε_{s0} ;
 - работа растянутого бетона не учитывается.
- За критерий исчерпания несущей способности расчетного сечения принимается:
- достижение фибровыми деформациями сжатого бетона предельных значений ε_{cul} (см. рис. 1) или обрыв всех растянутых стержней арматуры (достижений предельных значений деформаций растяжения арматуры ε_{ud});
 - исчерпание несущей способности расчетного сечения в результате потери устойчивости деформирования, потеря равновесия между внутренними и внешними усилиями (достижение максимума на диаграмме «момент – кривизна (прогиб)» или «сжимающая сила – деформации»).
- При этом принято следующее правило знаков: для сжатого бетона и арматуры знак положительный, при растяжении – отрицательный.
- В рамках данной статьи приведен расчетный аппарат, основанный на полной диаграмме

деформирования бетона (рис. 1), которая описывается уравнением (1).

$$\sigma_c = f_c \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k-2)\eta}, \quad (1)$$

- где $\eta = \varepsilon_c / \varepsilon_{c1}$;
- ε_{c1} – деформации при максимальных напряжениях, согласно таблице 3.1 ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010;
 - $k = 1,05 E_{cm} \times |\varepsilon_{c1}| / f_{cm}$ (f_{cm} – согласно таблице 3.1 [6]).

Предлагается инженерная методика оценки напряженно-деформированного состояния железобетонных элементов кругового сечения, в которой используется численное интегрирование системы уравнений равновесия.

Разобьем сжатую зону железобетонного элемента кругового сечения на m слоев (рис. 4), перпендикулярных оси действия момента. Для сечения с диаметром r_1 , при второй форме равновесия (рис. 4в, 4г) и высоте сжатой зоны x_1 , расстояние от наиболее сжатой точки сечения до середины произвольного слоя z_{cn} определяется по следующей зависимости:

$$z_{cn} = x_1((n-1)+0,5)/m, \quad (2)$$

- где m – количество слоев разбивки;
 n – порядковый номер рассматриваемого слоя.
 Высота слоя разделения определяется по формуле:

$$h_{cn} = \frac{x_1}{m}. \quad (3)$$

Ширина любого слоя разделения в пределах сечения (при $0 < z_{cn} \leq 2r_1$) определяется по формуле:

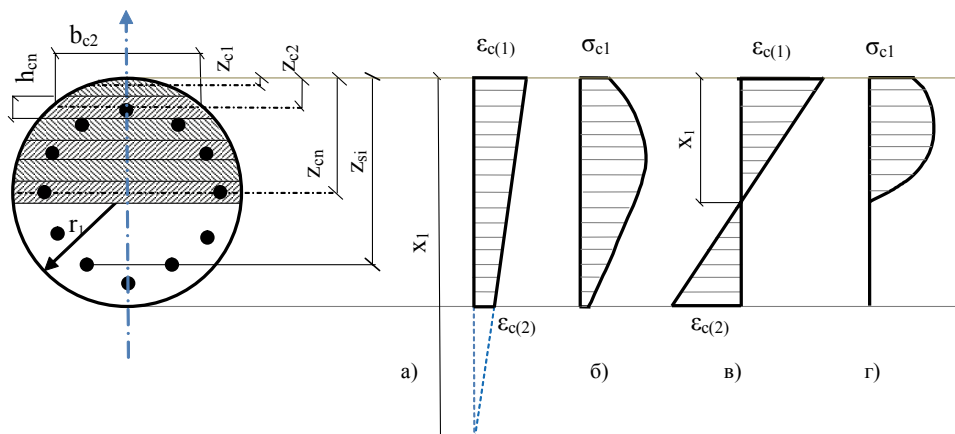


Рисунок 4. К определению напряженно-деформированного состояния расчетного сечения.

$$\sigma_{cm} = f_c \sum_{k=1}^5 \left(\frac{\varepsilon_{cn}}{\varepsilon_{cl}} \right)^k. \quad (4)$$

Таким образом, площадь каждого слоя может быть определена по зависимости:

$$A_{cn} = \frac{2x_1}{m} \sqrt{2r_1 \times z_{cn} - z_{cn}^2}. \quad (5)$$

Напряжение в арматуре, диаграмма деформирования которой представлена на рис. 2, в зависимости от достигнутых деформаций ε_s определяется по следующим формулам:

$$\text{при } 0 \leq \varepsilon_s < \varepsilon_{s0}, \quad \sigma_s = \varepsilon_s \times E_s; \quad (6)$$

$$\text{при } \varepsilon_{s0} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{ud}, \quad \sigma_s = f_{yd}. \quad (7)$$

При использовании для армирования железобетонных конструкций высокопрочной арматуры без предварительного натяжения, диаграмма деформирования которой представлена на рис. 3, в зависимости от достигнутых деформаций ε_s напряжение определяется по следующим формулам:

$$\text{при } 0 < \varepsilon_s < \varepsilon_{s0} = f_{yd} / E_e, \quad \sigma_s = \varepsilon_s \times E_y; \quad (8)$$

$$\text{при } \varepsilon_{s0} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{ud}, \quad \sigma_s = f_{yd} + \left(\frac{f_{yk}}{\gamma_s} - f_{yd} \right) \frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{s0}}. \quad (9)$$

Напряжение в предварительно напряженной арматуре, диаграмма деформирования которой представлена на рис. 3, в зависимости от достигнутых деформаций ε_s определяется по следующим формулам:

$$\text{при } 0 < \varepsilon_s = \varepsilon_{s0} + \Delta\varepsilon_s < \varepsilon_{p0} = f_{pd} / E_p, \quad \sigma_s \times E_p; \quad (10)$$

$$\text{при } \varepsilon_{p0} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{ud},$$

$$\sigma_s = f_{pd} + \left(\frac{f_{pk}}{\gamma_s} - f_{pd} \right) \frac{\varepsilon_s - \varepsilon_{p0}}{\varepsilon_{ud} - \varepsilon_{p0}}; \quad (11)$$

где ε_{s0} – деформации от предварительного натяжения арматуры;

$\Delta\varepsilon_s$ – приращение деформаций, вызванное приложением нагрузки к конструкции.

При этом предполагается, что при создании предварительного напряжения в арматуре деформации не будут превышать ε_{p0} .

Согласно гипотезе плоских сечений деформации произвольного стержня или слоя армирования будут равны $\varepsilon_{si} = \aleph(x_1 - z_{si})$,

где \aleph – кривизна в сечении;

x_1 – высота сжатой зоны;

z_{si} – расстояние от наиболее сжатой грани сечения до рассматриваемого стержня или слоя армирования.

Используя гипотезу плоских сечений и зависимость (1), не трудно определить напряжение в середине каждого слоя:

$$\sigma_{cn} = f_c \frac{k\eta_{cn} - \eta_{cn}^2}{1 + (k-2)\eta_{cn}}, \quad (12)$$

где $\eta_{cn} = \frac{\varepsilon_{cn}}{\varepsilon_{cl}}$;

$\varepsilon_{cn} = \aleph(x_1 - z_{cn})$ – деформации середины слоя бетона.

Учитывая сказанное, уравнения для второй формы равновесия (рис. 4), без учета работы бетона на растяжение, принимают вид:

$$\sum_{n=1}^m \frac{2\sigma_{cn}x_1}{m} \sqrt{2r_1z_{cn} - z_{cn}^2} + \sum_{i=1}^n \sigma_{si}A_{si} - N = 0, \quad (13)$$

$$\sum_{n=1}^m \frac{2\sigma_{cn}x_1(x_1 - z_{cn})}{m} \sqrt{2r_1z_{cn} - z_{cn}^2} + \sum_{i=1}^n \sigma_{si}A_{si}(x_1 - z_{si}) - M = 0. \quad (14)$$

Поскольку при первой форме равновесия все сечение является сжатым, то на m слоев разделяется все сечение и поэтому величины z_{cn} и h_{cn} будут определяться по следующим зависимостям:

$$h_{cn} = \frac{2r_1}{m}; \quad z_{cn} = \frac{2r_1[(n-1) + 0,5]}{m}. \quad (15)$$

С использованием зависимостей (12, 6–11) уравнения для первой формы равновесия без учета работы бетона на растяжение принимают вид:

$$\sum_{n=1}^m \frac{4\sigma_{cn}r_1}{m} \sqrt{2r_1z_{cn} - z_{cn}^2} + \sum_{i=1}^n \sigma_{si}A_{si} = N. \quad (16)$$

$$\sum_{n=1}^m \frac{4r_1\sigma_{cn}(x_1 - z_{cn})}{m} \sqrt{2r_1z_{cn} - z_{cn}^2} + \sum_{i=1}^n \sigma_{si}A_{si}(x_1 - z_{si}) - M = 0. \quad (17)$$

При изгибе $N=0$, а при внецентренном сжатии $M = N(x_1 - r_1 + e)$, где:

r_1 – радиус круга;

e – эксцентриситет приложения внешней силы относительно центра тяжести сечения.

Решение полученных систем нелинейных уравнений, согласно деформационной методике, находится подбором по параметрам деформированного состояния: $\varepsilon_{c(1)}$ и ξ (или $\varepsilon_{c(2)}$). После этого не трудно найти деформации на любом расстоянии x от нейтральной оси, а значит, с помощью гипотезы плоских сечений, найти напряжения в бетоне и арматуре. Таким образом, решение систем уравнений (13–14) и (16–17) позволяет выполнить оценку напряженно-деформированного состояния сечения при любой нагрузке.

Заключение

Приведенные системы нелинейных уравнений для первой и второй форм равновесия и мето-

дика расчета позволяют не только выполнить оценку напряженно-деформированного состояния изгибаемых и внецентренно сжатых железобетонных обычных и предварительно напряженных элементов круглого сечения, но и, используя критерии исчерпания несущей способности, определить их несущую способность.

Сопоставление результатов определения несущей способности железобетонных элементов круглого сечения при «точной» и по упрощенной методикам (системы уравнений 13–14, 16–17), показало, что максимальная погрешность в расчетах, если разделение сжатой зоны принять на $m = 40$ слоев, не превышает 1 %. Что с точки зрения практики вполне удовлетворительно.

Литература

1. Методические рекомендации по уточненному расчету железобетонных элементов с учетом полной диаграммы сжатия бетона [Текст] / А. Н. Бамбура, В. Я. Бачинский, Н. В. Журавлева, И. Н. Пешкова. – К. : НИИСК, 1987. – 25 с.
2. Бамбура, А. Н. К построению деформационной теории железобетона стержневых систем на экспериментальной основе [Текст] / А. Н. Бамбура, А. Б. Гурковский // Строительные конструкции : Межвед. научно-техн. сб. – К. : НИИСК, 2003. – № 59. – С. 121–130.
3. Деформационная модель и алгоритм определения напряженно-деформированного состояния расчетного сечения железобетонных элементов [Текст] / Андрей Бамбура, Александр Гурковский, Марианна Безбожная, Елена Дорогова // Строительство, материаловедение, машиностроение : Сб. научн. трудов. – Днепропетровск : ПГАСА, 2009. – Вып. № 50. – С. 19–25.
4. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення [Текст]. – На заміну СПиП 2.03.01-84* ; чинний від 2011–06–01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
5. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування [Текст]. – Уведено вперше ; чинний від 2011–06–01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.
6. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1–1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1992-1-1:2004, IDT) [Текст]. – Уведено вперше ; чинний з 01.07.2013 р. – К. : Мінрегіонбуд України, 2012. – 312 с.

References

1. Bambura, A. N.; Bachinskii, V. Ya.; Zhuravleva, N. V.; Peshkova, I. N. Evaluation guidelines by means of qualified designing of reinforced concrete elements taking into account complete diagram of concrete pressure. Kyiv: NIISK, 1987. 25 p. (in Russian)
2. Bambura, A. N.; Gurkovskii, A. B. To the scheme of deformation theory of reinforced concrete of bar system at experimental basis. In: *Engineering constructions: Interdepartmental research and technical collection*. Kyiv: NIISK, 2003, № 59, p. 121–130. (in Russian)
3. Bambura, Andrii; Gurkovskii, Aleksandr; Bezbozhnaia, Marianna; Dorogova, Elena. Deformation model and algorithm of determination of stress and strain state of design section of reinforced concrete elements. In: *Civil engineering, material science, machine industry: Edited Volume Dnepropetrovsk: PGASA, 2009, Issue 50, p. 19–25. (in Russian)*
4. DBN V.2.6-98:2009. Structures of buildings and erections. Concrete and reinforced concrete structures. Fundamental principles. Kyiv: Minregionbud Ukraine, 2011. 71 p. (in Ukrainian)
5. DSTU B V.2.6-156:2010. Structures of buildings and erections. Concrete and reinforced concrete structures with heavy weight structural concrete. Design rule. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2011. 118 p. (in Ukrainian)
6. DSTU-N B EN 1992-1-1:2010. Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1–1: General rules and rules for buildinds (EN 1992-1-1:2004, IDT). Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2012. 312 p. (in Ukrainian)

Бамбура Андрій Миколайович – доктор технічних наук, завідувач відділу надійності конструкцій Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій». Наукові інтереси: теорія залізобетону, методи розрахунку і проектування бетонних, залізобетонних і сталезалізобетонних конструкцій, будівель і споруд, розробка нормативних документів.

Дорогова Олена Вікторівна – науковий співробітник лабораторії надійності залізобетонних конструкцій відділу надійності конструкцій Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій». Наукові інтереси: методи розрахунку і проектування бетонних, залізобетонних і сталезалізобетонних конструкцій, будівель і споруд, розробка нормативних документів.

Бамбура Андрей Николаевич – доктор технических наук, заведующий отделом надежности конструкций Государственного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций». Научные интересы: теория железобетона, методы расчета и проектирования бетонных, железобетонных и сталежелезобетонных конструкций, зданий и сооружений, разработка нормативных документов.

Дорогова Елена Викторовна – научный сотрудник лаборатории надежности железобетонных конструкций отдела надежности конструкций Государственного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций». Научные интересы: методы расчета и проектирования бетонных, железобетонных и сталежелезобетонных конструкций, зданий и сооружений, разработка нормативных документов.

Bambura Andrii – DSc (Eng.), Head Structures Safety Department, State Enterprise «State Research Institute of Building Constructions». Scientific interest: theory of reinforced concrete; methods for calculation and designing of the concrete, reinforced-concrete and steel-reinforced-concrete structures, buildings and facility; elaboration of the Normative documents.

Dorogova Olena – Scientist, Reinforced-concrete Structures Safety Laboratory, Structures Safety Department, State Enterprise «State Research Institute of Building Constructions». Scientific interest: methods for calculation and designing of the concrete, reinforced-concrete and steel-reinforced-concrete structures, buildings and facility; elaboration of the Normative documents.