



СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО
СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION
ТОМ 1, НОМЕР 1, 2005, 13-18
УДК 624.012:624.046

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗА ДЕФОРМАЦІЙНОЮ МОДЕЛЛЮ ЗГІДНО З ПРОЕКТОМ НОВИХ НОРМ УКРАЇНИ

А.Я. Барашиков

*Кафедра "Залізобетонні та кам'яні конструкції",
Київський національний університет будівництва і архітектури,
пр. Повітрянофлотський, 31, 03037, г. Київ, Україна.
Отримана 21 жовтня 2005; прийнята 11 листопада 2005*

Анотація. Розглянуто методику розрахунку залізобетонних елементів конструкцій згідно з основними положеннями деформаційної моделі, запропонованої до проекту будівельних норм України. Представлена схема розрахунку залізобетонного згинаючого елемента з багаторядним армуванням.

Ключові слова: залізобетонні конструкції, проектування, розрахунок, деформації, напруження, поперечний переріз. Методика расчета железобетонных конструкций по деформационной модели в соответствии с проектом новых норм Украины.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ В СООТВЕТСТВИИ С ПРОЕКТОМ НОВЫХ НОРМ УКРАИНЫ

А.Я. Барашиков

*Кафедра "Железобетонные и каменные конструкции",
Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
пр. Воздухофлотский, 31, 03037, г. , Украина.
Получена 21 октября 2005; принята 11 ноября 2005*

Аннотация. В статье рассмотрена методика расчета железобетонных элементов конструкций согласно основным положениям деформационной модели, предложенной для проекта строительных норм Украины. Представлена схема расчета железобетонного изгибаемого элемента с многорядным армированием.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, проектирование, расчет, деформации, напряжения, поперечное сечение.

DESIGN PROCEDURE OF REINFORCED CONCRETE DESIGNS ON DEFORMATION MODEL ACCORDING TO THE PROJECT OF NEW NORMS OF UKRAINE

A.Ya. Barashykov

*The department "Reinforced concrete and stone structures",
Kyiv State University of Construction and Architecture,
Povitryanoflotskyi av. 31, 03037, Kyiv, Ukraine*

Received 21 October 2005; accepted 11 November 2005

Abstract. The design procedure of reinforced concrete elements of designs according to substantive provisions of the deformation model offered for the project of building norms of Ukraine is considered. The scheme of calculation of a ferro-concrete bent element with reinforcement is presented.

Key words: reinforced concrete structures, designing, calculation, deformations, stresses, cross-section.

Розробка нових Державних Будівельних Норм (ДБН), яку проводить НДІБК [1,2], відрізняється принципово новою концепцією розрахунку залізобетонних конструкцій. Згідно з цією концепцією передбачено новий перехід на деформаційні методи розрахунку. При цьому, для масових залізобетонних елементів прямокутного, таврового та двотаврового перерізів при розрахунку на дію згинального моменту в площині симетрії перерізу передбачено використання більш простих методів. У той же час, спрощені методи не передбачають застосування існуючого в чинних нормах [3] метода граничних зусиль. Спрощення розрахунку деформаційним методом реалізується завдяки спрощенню діаграм стану бетону і арматури.

Для успішного впровадження запропонованих деформаційних способів розрахунку в практику проектування необхідна наявність трьох основних факторів:

- 1) статично обґрунтованих величин, які визначають параметри діаграм σ - ϵ для бетону і арматури;
- 2) відпрацьованих програм для ЕОМ, доступних широкому колу користувачів;
- 3) кропітка робота авторів нових норм з роз'яснення змісту нової ідеології розрахунку на всіх рівнях навчання від студентської аудиторії до висококваліфікованих проєктувальників.

Перші дві умови успішного просування нових норм до практичного застосування вважаються виконаними, завдяки великому обсягу робіт, проведеними НДІБК та іншими організаціями.

Виконання третьої умови — це справа часу та інтенсивності роз'яснювальної роботи розробників нових ДБН.

Нижче наведений приклад схеми розрахунку міцності за деформаційною моделлю згинального залізобетонного елемента з багаторядним розташуванням арматури. З метою більшої наочності приклад обмежений прямокутним перерізом (рис. 1).

У розрахунках зазначених елементів використовують такі гіпотези і допущення:

- 1) за розрахунковий приймають переріз, деформації якого дорівнюють середнім деформаціям по довжині блоку між тріщинами, якщо вони утворюються;
- 2) вважають справедливою гіпотезу про лінійний розподіл деформацій по висоті перерізу (гіпотеза плоских перерізів);
- 3) зв'язок між напруженнями та деформаціями стиснутого бетону приймають у вигляді криволінійних діаграм з додільною гілкою, яка може бути описана будь — яким способом (за пропозиціями НДІБК [4], Єврокоду [5] тощо); для розглядуваного випадку залізобетонного згинального елемента допускається використання спрощеної, білінійної діаграми (діаграми Прандтля);

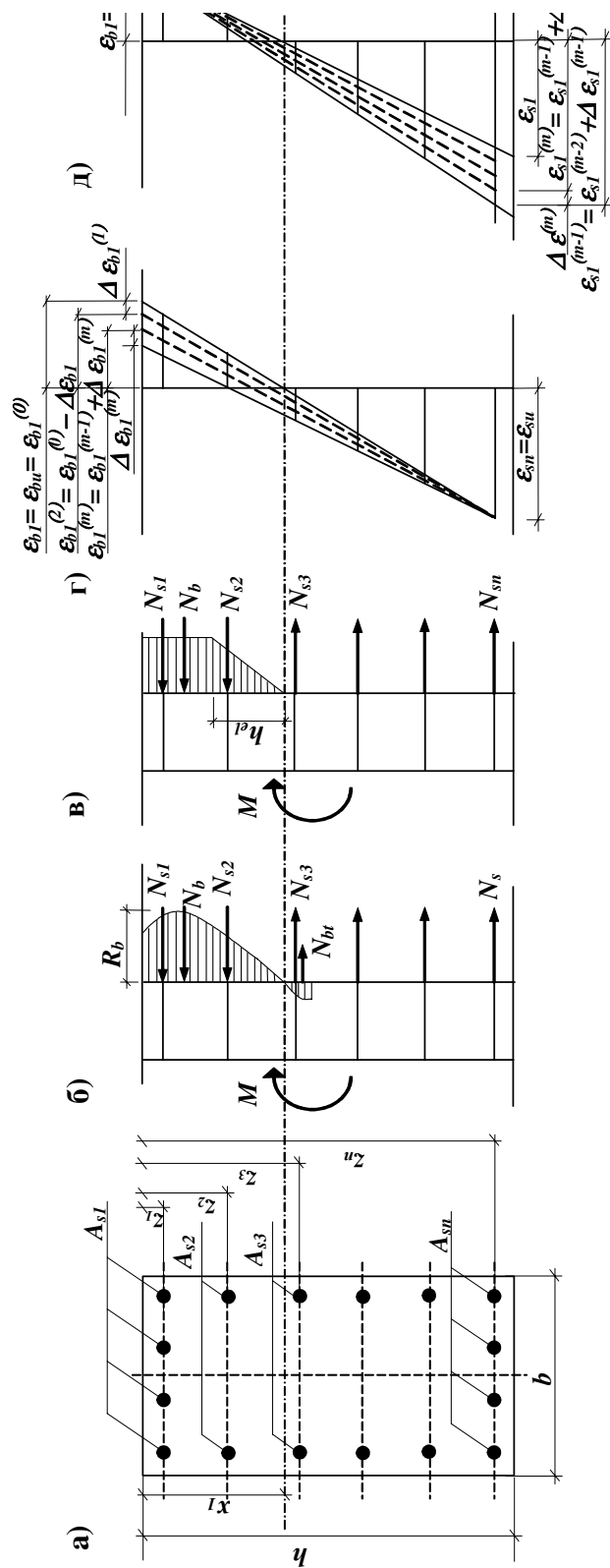


Рисунок 1. Переріз (а), схема розподілення дійсних (б), спрощених напружень бетону (в) та деформацій при першому (г) та другому (д) розрахункових випадках

- 4) зв'язок між напруженнями і деформаціями арматури приймають у вигляді ідеалізованої діаграми Прандтля, горизонтальні ділянки якої обмежені величинами граничної розтягнутості сталі;
- 5) напруження і деформації при стиску приймають зі знаком "плюс", а при розтягу — зі знаком "мінус"; б) опір розтягнутої зони бетону допускається не враховувати і приймати при $\varepsilon_{bi} \leq 0$ напруження $\sigma_{bi} = 0$; для конструкцій, у яких не допускається утворення тріщин, розрахунок міцності виконують з урахуванням розтягнутого бетону.

На **рисунку** наведена схема зусиль, напружень і деформацій у прямокутному перерізі залізобетонного згинального елемента.

У випадку використання спрощених діаграм стану бетону і арматури основною дією в процесі визначення міцності перерізу залізобетонного елемента є перевірка отриманого [1] рівняння рівноваги

$$\frac{R_b b}{2\chi} (2\varepsilon_{bu} - \varepsilon_{b,el}) + \sum_{i=1}^n \sigma_{si} A_{si} = 0, \quad (1)$$

де

$$\chi = \frac{1}{r} = \frac{\varepsilon_{b1} + \varepsilon_s}{h}; \quad \varepsilon_{b,el} = \frac{R_b}{E_b} \quad (2)$$

Уся процедура розрахунку визначена методом ітерацій і виконується у наведених далі послідовності.

На першому кроці (нульове наближення) перевіряють рівняння (1) при заданих величинах деформацій: $\varepsilon_{b1}^{(0)} = \varepsilon_{bu}$; $\varepsilon_s^{(0)} = \varepsilon_{su}$.

За результатом обчислень можуть бути реалізовані два випадки:

- перший — отриманий результат рішення рівняння більший за нуль, що свідчить про недостатність армування перерізу;
- другий — отриманий результат рішення рівняння менший за нуль, що свідчить про переармування перерізу.

Результат рішення рівняння (1) більший за нуль (перший випадок) свідчить про те, що розрахункові зусилля у стиснутій зоні при граничних значеннях деформацій бетону перевищують зусилля в розтягнутій арматурі. У цьому випадку для встановлення рівноваги необхідно зменшувати деформації бетону стиснутої зони

(рис. 1, г). Для цього використовують такі операції:

- а) визначають нову величину деформації ε_{b1}

$$\varepsilon_{b1}^{(1)} = \varepsilon_{b1}^{(0)} - \Delta\varepsilon_{b1}^{(1)} = \varepsilon_{bu} - \Delta\varepsilon_{b1}^{(1)}, \quad (3)$$

де на першому кроці рекомендується приймати

$$\Delta\varepsilon_{b1}^{(1)} = 0,1\varepsilon_{bu}; \quad (4)$$

- б) перевіряють рівняння рівноваги (1) і, якщо ліва частина залишається більшою за нуль, деформацію $\varepsilon_{b1}^{(2)}$ на другому кроці необхідно ще раз зменшити на величину

$$\Delta\varepsilon_{b1}^{(2)} = \Delta\varepsilon_{b1}^{(1)} = 0,1\varepsilon_{bu}, \quad (5)$$

тобто прийняти

$$\varepsilon_{b1}^{(2)} = \varepsilon_{b1}^{(1)} - \Delta\varepsilon_{b1}^{(2)} = \varepsilon_{b1}^{(1)} - 2\Delta\varepsilon_{b1}^{(1)}; \quad (6)$$

- в) покрокове зменшення деформацій виконують до тих пір поки ліва частина рівняння (1) не змінить знак.

Після зміни знаку результату рішення рівняння (1) оцінюють точність цього рішення. Точність вважають достатньою при значенні

$$\Delta\varepsilon_{b1}^{(k)} \leq 0,02\varepsilon_{bu} \quad (7)$$

У випадку, коли точність рішення недостатня, тобто умова (7) не виконується, визначають нову величину приращення деформації

$$\varepsilon_{b1}^{(m)} = \varepsilon_{b1}^{(m-1)} + \Delta\varepsilon_{b1}^{(m)}, \quad (8)$$

у якій призначають нову величину приращення деформацій

$$\Delta\varepsilon_{b1}^{(m)} = 0,1\Delta\varepsilon_{b1}^{(m-1)} = 0,01\varepsilon_{bu}. \quad (9)$$

Далі виконують обчислення за пп. а, б, в до тих пір, поки не буде досягнута достатня (задана) точність виконання умови (1) при значенні

$$\Delta\varepsilon_{b1}^{(m)} \leq 0,02\varepsilon_{bu}. \quad (10)$$

Для реалізації другого випадку рішення рівняння (1), тобто коли ліва частина менша за нуль, операцію наближення лівої частини до нуля виконують у тій же послідовності.

Зважаючи на переармування перерізу, в цьому випадку змінюють величину відносних деформацій арматури ε_{sn} , тобто на першому циклі задають приращення (рис. 1, д)

$$\varepsilon_{sn}^{(1)} = \varepsilon_{sn}^{(0)} - \Delta\varepsilon_{sn}^{(1)} \quad (11)$$

при постійному значенні $\varepsilon_{b1} = \varepsilon_{bu}$.

Перевірку рівняння (1) виконують до тих пір, поки не буде досягнута достатня точність. Достатньою точністю рішення рівняння (1) можна вважати значення деформацій

$$\varepsilon_{sn}^{(m)} \leq 0,01 \varepsilon_{sn}^{(m-1)}. \quad (12)$$

Розрахунок міцності перерізів залізобетонних згинальних елементів виконують, виходячи з умови

$$M \leq M_{ult}, \quad (13)$$

де M — згинальний момент від зовнішнього навантаження;

M_{ult} — граничний згинальний момент, який може витримати переріз елемента.

Граничний згинальний момент для прямокутного поперечного перерізу елемента (рис. 1, а) визначають за формулою

$$M_{ult} = \frac{R_b b}{6 \chi^2} (3 \varepsilon_{bu}^2 - \varepsilon_{b,el}^2) + \sum_{i=1}^n \sigma_{si} A_{si} Z_{si}. \quad (14)$$

При визначенні згинального моменту M_{ult} використовують величини отримані на останніх циклах ітерацій.

Початкові значення величин ε_{bu} , R_b , E_b , ε_{su} , R_s , E_s приймають за таблицями, які наведені у [5, 6].

Усі нормовані значення перелічених параметрів, необхідних для розрахунків залізобетонних конструкцій за деформаційною моделлю планується розмістити в розроблюваних до Державних Будівельних Норм (ДБН) Зведеннях Правил (ЗП).

Числовий приклад розрахунку міцності прямокутного перерізу залізобетонного згинального елемента з одиночною арматурою наведений у роботі [3].

Література

1. Бамбура А.М., Барашиков А.Я., Гурківський О.Б. Основні положення розрахунку бетонних та залізобетонних конструкцій по національному нормативному документу, що розробляється // Будівельні конструкції. Зб. наук. праць у 2-х томах. - Київ: НДІБК, 2005. - Том 1. - С. 36-43
2. Бамбура А.М., Барашиков А.Я. Расчет изгибаемых и внецентренно сжатых железобетонных элементов на основе упрощенных диаграмм деформирования // Бетон и железобетон - пути развития. Науч. тр. конф. в пяти книгах. - Москва: НИИЖБ, 2005.-Том 2.-С. 312-318.
3. Барашиков А.Я., Задорожнікова І.В. Спрощені розрахунки несучої здатності нормальних перерізів згинальних залізобетонних елементів за деформаційною моделлю// Ресурсоекономні матеріали, конструкції будівлі і споруди. Зб. наук. статей. - Рівне: НУВГП. 2005. - Вип.. 12. - С. 109 - 115,
4. Eurocode - 2. Design of Concrete Structures. - Part 1-3: General Rules and Rules for Buildings, Commission of the European Communities, ENV 1992 - 1-1. Dec. 1991 - 253p.
5. Методические рекомендации по уточненному расчету железобетонных элементов с учетом полной диаграммы сжатия бетона / А.Н. Бамбура, В.Я. Бачинский, Н.В. Журавлева, И.Н. Пешкова. - К.: НИИСК, 1987. - 25с.
6. СНиП 2.03.01.- 84*. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. - М.: ЦИТП, 1986 - 79с.

Барашиков Арнольд Якович — професор, заведувач кафедри "Залізобетонні та кам'яні конструкції" Київського національного університету будівництва і архітектури, дійсний член Академії строительства Украины. Наукові інтереси: розробка методів розрахунку залізобетонних конструкцій, находящихся под воздействием сложных нагрузок и влияний; методика оценки надежности зданий и сооружений; техническая эксплуатация зданий и сооружений, оценка технического состояния конструкций, основ и фундаментов; исследование напряженно-деформированного состояния двусло-напряженных железобетонных плит.

Барашиков Арнольд Яковлевич — профессор, заведующий кафедрой "Железобетонные и каменные конструкции" Киевского национального университета строительства и архитектуры, действительный член Академии строительства Украины. Научные интересы: разработка методов расчета железобетонных конструкций, находящихся под воздействием сложных нагрузок и влияний; методика оценки надежности зданий и сооружений; техническая эксплуатация зданий и сооружений, оценка технического состояния конструкций, основ и фундаментов; исследование напряженно-деформированного состояния двусно-напряженных железобетонных плит.

Barashykov Arnold Yakovych — Professor, Head of the department "Reinforced concrete and immovable constructions" Kyiv National University of Construction and Architecture. Scientific interests: development of computational methods of reinforced concrete structures under effect of composite loads and influences; a technique of a reliability estimate of buildings and constructions; engineering maintenance of buildings and constructions, rating of availability index of product of constructions, bases(grounds) and beds; research of tight - strained state of the biaxially tight reinforced concrete slabs.