



УДК 624.012.35:620.173/174



БАБИЧ Є.М.

Д-р технічних наук, проф., зав. каф., Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна,
e-mail: e.m.babich@nuwm.edu.ua
тел. +38 (036) 223-35-20
ORCID: 0000-0003-1746-9991



РОМАШКО В.М.

Канд. технічних наук, доц., зав. каф., Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна,
e-mail: v.m.romashko@nuwm.edu.ua
тел. +38 (097) 595 75 91
ORCID: 0000-0003-3448-7489

МЕТОДОЛОГІЯ РОЗРАХУНКУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗА ДЕФОРМАЦІЙНО-СИЛОВОЮ МОДЕЛЛЮ

АНОТАЦІЯ. Представлено найважливіші положення узагальненої методології розрахунку нормальних перерізів залізобетонних елементів за граничними станами, розробленої за деформаційно-силовою моделлю, в основу якої закладено діаграму стану елемента «момент-кривина». Використання зазначеної діаграми у розрахунках забезпечує інтегральну оцінку напружено-деформованого стану нормальних перерізів за гіпотезою, що функціонально поєднує силові фактори з деформаційними параметрами завантаженого залізобетонного елемента. В результаті цього систему статичних, геометричних та фізичних співвідношень, якими визначається напружено-деформований стан залізобетонного елемента, доповнено додатковими аналітичними залежностями. Ці залежності сприяють розкриттю внутрішньої статичної невизначеності перерізів залізобетонних елементів, забезпечують методологічну єдність їх розрахунків за граничними станами з уникненням численних ітераційних операцій при цьому. Обґрунтовано з фізичної точки зору пропозиції щодо застосування критеріїв вичерпання несучої здатності залізобетонних елементів.

Чітко окреслено функціональний зв'язок діаграм деформування матеріалів (бетону та арматури) з діаграмами стану залізобетонних елементів при їх розрахунках за несучою здатністю, прогинами та тріщиностійкістю. Сформульовано найважливіші положення теорії їх тріщиностійкості, що методологічно обґрунтовані з фізичної точки зору та максимально позбавлені емпіризму. Розроблено методологію розрахунку ширини розкриття нормальних тріщин і відстані між ними з урахуванням не тільки зчеплення арматури з бетоном, але й зміни напружень уздовж осі арматури. Завдяки універсальній залежності «момент-кривина» отримано замкнуті рішення щодо визначення кривини та розрахунку деформацій (прогинів) залізобетонних елементів різними методологіями, в тому числі і енергетичними.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: залізобетон, елементи, діаграма стану, розрахунок, методологія

METHODOLOGY OF CALCULATION OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS FOR THE DEFORMATION-POWER MODEL

BABICH E.M., Dr., Prof., Head of Chair, National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne, Ukraine
e-mail: e.m.babich@nuwm.edu.ua,
tel. +38 (036) 223-35-20,
ORCID: 0000-0003-1746-9991

ROMASHKO V.M., PhD., Associate Professor, Head of Chair, National University of Water Management and Nature Resources Use
e-mail: v.m.romashko@nuwm.edu.ua,
tel. +38 (097) 595-75-91,
ORCID: 0000-0003-3448-7489

ABSTRACT. The major provisions of the generalized methodology for calculating the normal cross sections of reinforced concrete elements over limiting states are presented. It is developed on the deformation-force model, which is based on the element state diagram "moment-curvature". The usage of this diagram in the calculations provides an integral evaluation of the stress-strain state of the normal cross sections by the hypothesis that functionally combines the force factors with the deformation parameters of the loaded reinforced concrete element. As a result, the system of static, geometric and physical relationships describing the stress-strain state of the reinforced concrete element is expanded by additional analytic dependencies. These dependencies facilitate the disclosure of the internal static uncertainty of the reinforced concrete elements cross sections, ensure the methodological unity of their calculations on the limiting states and allow avoiding numerous iterative operations in this case. The proposals for the application of the bearing strength exhaustion criteria of reinforced concrete elements are substantiated from the physical point of view. The functional connection of the material deformation diagrams (concrete and reinforcement) with the state diagrams of reinforced concrete elements in their



calculations for the bearing strength, deflection and crack resistance is clearly outlined. The major provisions of the elements fracture toughness theory are substantiated methodologically and maximally rid of empiricism. A methodology technique for calculating the width of the opening of normal cracks and the distance between them is developed taking into account not only the adhesion of the reinforcement to the concrete, but also the changes in stress along the axis of the reinforcement. Due to the universal dependence "moment-curvature" closed solutions for determining the curvature and calculating the deformations (deflections) of reinforced concrete elements by various methodologies, including energy ones, are obtained.

KEY WORDS: reinforced concrete, elements, state diagram, calculation, methodology

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ. Методологія розрахунку залізобетонних елементів завжди розвивалася переважно у напрямку, де точність відтворення їх реального напружено-деформованого стану була пріоритетною. З розвитком комп'ютерних технологій питанням інженерної реалізації методів розрахунку зазначених елементів стали надавати дещо менше уваги. І сьогодні вже можна констатувати, що інженерні розрахунки залізобетонних елементів за існуючими методами, заснованими на деформаційних моделях, виконати часто буває проблематично.

У цьому зв'язку ставиться до вирішення проблема розробки загальної методології розрахунку залізобетонних елементів на основі гіпотези, що поєднує силові фактори з деформаційними параметрами завантаженого залізобетонного елемента, забезпечуючи тим самим інтегральну оцінку напружено-деформованого стану його перерізу. В основу зазначеної методології закладаються моделі, гіпотези та передумови, що дозволяють відтворювати реальний напружено-деформований стан залізобетонних елементів з розкриттям їх внутрішньої статичної невизначеності при забезпеченні методологічної єдності всіх розрахунків за граничними станами.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ. Одним із основних питань, що доводиться вирішувати при розробці чи вдосконаленні загальних методів розрахунку залізобетонних елементів, продовжує залишатися спосіб розкриття їх внутрішньої статичної невизначеності.

В методах, заснованих на силових моделях, зазначена проблема для залізобетонних елементів в стадії їх граничної рівноваги вирішувалася за допомогою умовного «шарніру пластичності» з ідеалізованою прямокутною епюрою напружень в стиснутому бетоні [1-3], а для проміжних експлуатаційних стадій вона не потребувала вирішення,

оскільки розрахунки за граничними станами другої групи набули повної автономності та стали виконуватися на основі емпіричних залежностей без залучення гіпотези плоских перерізів. Певною мірою все це віддалило загальну теорію залізобетону від методів будівельної механіки.

Сучасні методи розрахунку залізобетонних елементів за деформаційними моделями [4-10] повернулися не тільки до використання гіпотези плоских перерізів, але й до заміни ідеалізованої прямокутної епюри напружень стиснутого бетону реальною криволінійною. Безперечно, що прийняті передумови дозволяють не тільки більш точно відтворювати реальний напружено-деформований стан залізобетонних елементів на будь-якій стадії їх деформування, але й загалом сприяють наближенню сучасної теорії бетону та залізобетону до загальних методів опору матеріалів і будівельної механіки. Однак у переважній більшості розроблені «деформаційні» методи залишаються доволі складними, оскільки потребують виконання чисельних ітераційних розрахунків. За таких обставин їх реалізація без спеціального програмного забезпечення стає проблематичною.

В проблемі розкриття внутрішньої статичної невизначеності перерізу елементів заміна ідеалізованої прямокутної епюри напружень на реальну криволінійну, у поєднанні з гіпотезою плоских перерізів, могла б бути повноцінною лише за відомих значень граничних деформацій стиснутого бетону. На жаль жодна з деформаційних моделей точних величин зазначених деформацій не надає. Щоправда їх наближені унормовані значення [5, 8] дозволяють дещо зменшити число ітерацій у розрахунках залізобетонних елементів за граничними станами першої групи. Наразі ж слід констатувати, що сучасні методи розрахунку нормальних перерізів залізобетонних елементів за деформаційними моделями так і не пропонують способів розкриття їх внутрішньої статичної невизначеності.

Щодо розрахунків за граничними станами другої групи, то відсутність будь-яких рекомендацій чи способів зі швидкого знаходження (прогнозування) відносних деформацій розтягнутої арматури чи крайніх фібр стиснутого бетону веде не тільки до чисельних ітераційних операцій, але й до використання різного роду емпіричних залежностей, параметрів та коефіцієнтів. Звісно, що за вказаних обставин говорити про відсутність емпіризму в інженерних методах розрахунку нормальних перерізів залізобетонних елементів за нинішніми деформаційними моделями стає проблематично.

МЕТА СТАТТІ. Основним завданням даної статті є висвітлення найважливіших положень загальної методології розрахунку нормальних перерізів залізобетонних елементів, розробленої за деформаційно-силовою моделлю їх опору. Мето-



ди розрахунку, засновані на цій моделі, відрізняються від нинішніх деформаційних тим, що пов'язують силові фактори не просто з діаграмою деформування бетону чи з діаграмою деформування арматури, а одночасно з обома діаграмами, поєднаними між собою в залізобетонному елементі функцією кривини.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Загальну методологію розрахунку нормальних перерізів залізобетонних елементів конструкцій будуватимемо за деформаційно-силовою моделлю їх опору на основі універсальної діаграми стану $M-1/r$ при залученні гіпотез «нелінійності жорсткості» [11, 12], плоских перерізів та граничної рівноваги з використанням екстремального критерію несучої здатності

$$dM / d(1/r) = 0, \quad (1)$$

де

M – внутрішні зусилля в найбільш напруженому перерізі елемента;

$1/r$ – кривина залізобетонного елемента у тому ж перерізі.

Завдяки застосуванню цих гіпотез і вирішуються проблеми розкриття внутрішньої статичної невизначеності залізобетонних елементів та забезпечення методологічної єдності їх розрахунків за граничними станами.

Із двох загальноприйнятих рівнянь рівноваги більш жорстким завжди є рівняння моментів, оскільки в ньому безпосередньо відображена умова та гіпотеза граничної рівноваги або загальний силовий критерій вичерпання несучої здатності.

$$M_{Ed} \leq M_u, \quad (2)$$

де

M_{Ed} – розрахункове значення згинального моменту від зовнішнього навантаження;

M_u – несуча здатність залізобетонного стержня (максимально можливе зусилля в ньому при настанні граничного стану).

Однак зазначений критерій не дозволяє спрогнозувати граничні деформації матеріалів, використаних для виготовлення залізобетонного елемента. Тому в деформаційно-силовій моделі до внутрішніх зусиль рівняння моментів застосовано екстремальний критерій несучої здатності (1). Завдяки цьому критерію, що за своєю сутністю є деформаційно-силовим, граничні деформації крайніх фібр стиснутого бетону ϵ_{cu} в залізобетонних елементах представлено у вигляді функ-

ції, залежної від параметрів армування та ступеню неоднорідності деформування бетону в їх поперечному перерізі [11, 12]

$$\epsilon_{cu} = \epsilon_{c1} \cdot (1 + 5^3 \cdot \alpha_s \cdot \frac{(k-1)}{(6-k)} \cdot \sum_{i=1}^n \rho_{li} \cdot (\frac{x_{si}}{x})^2) + \beta_F \times \left[\frac{(0,43 - 0,2(0,4 - m_h)^2)(1 - m_h^{3/2})(1 - m_h/k) \sqrt{(\ln k)^{(1 - m_h^{3/2})}}}{1 + ((1/6 - 0,1 \cdot m_h^2)(k - 2) \ln(6/k - 2(0,1 - m_h)))^2} + \frac{(0,43 - 0,2(0,4 - m_b)^2)(1 - m_b^{3/2})(1 - m_b/k) \sqrt{(\ln k)^{(1 - m_b^{3/2})}}}{1 + ((1/6 - 0,1 \cdot m_b^2)(k - 2) \ln(6/k - 2(0,1 - m_b)))^2} \right], \quad (3)$$

де

ϵ_{c1} – значення відносних деформацій стиску бетону при максимальних напруженнях $\alpha_s = E_s / 200000$;

α_s – відносне значення модуля пружності арматури;

k – характеристика деформативності (пружно-пластичності) стиснутого бетону, $k = E_{co} \cdot \epsilon_{n1} / f_{nk}$;

E_{co} – початкове значення модуля пружності бетону;

x_{si} – відстань від нейтральної лінії до центра ваги стиснутих стержнів, напруження в яких в граничному стані не досягають межі текучості;

ρ_{li} – коефіцієнт армування перерізу елемента тими ж стержнями;

β_F – коефіцієнт, що залежить від виду напружено-деформованого стану елемента і приймається для

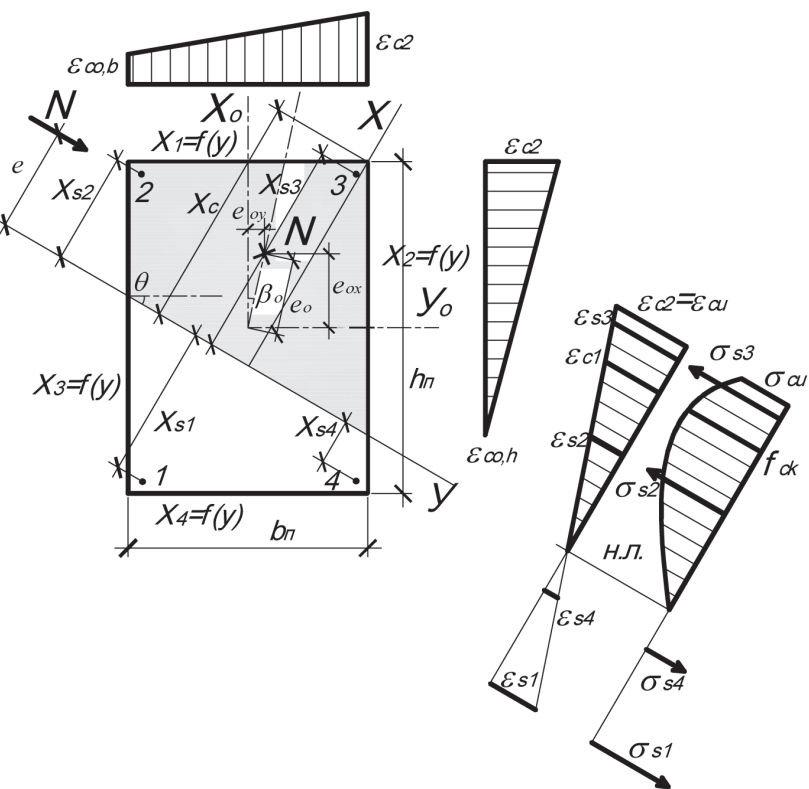


Рис. 1. Загальний випадок розрахункового перерізу залізобетонного елемента



стиснутих елементів – 1,0; для згинальних – 0,81;

m_h – параметр неоднорідності деформування стиснутого бетону уздовж сторони h_n , $m_h = \varepsilon_{co,h} / \varepsilon_{c2}$ (рис. 1);

m_b – параметр неоднорідності деформування стиснутого бетону уздовж сторони b_n , $m_b = \varepsilon_{co,b} / \varepsilon_{c2}$ (рис. 1);

$\varepsilon_{co,h}$ – відносні деформації найменш стиснутих фібр бетону по стиснутій грані h_n ;

$\varepsilon_{co,b}$ – відносні деформації найменш стиснутих фібр по стиснутій грані b_n ;

ε_{c2} – відносні деформації найбільш стиснутих фібр бетону (рис. 1).

Таким чином, деформаційно-силовою моделлю дозволяє повноцінно замінити ідеалізовану прямокутну епіюру напружень на реальну криволінійну та забезпечити розкриття внутрішньої статичної невизначеності нормальних перерізів залізобетонних елементів у їх розрахунках за граничними станами першої групи.

У розрахунках за граничними станами другої групи напружено-деформований стан залізобетонного елемента на будь-якій стадії його деформування (рис. 2) оцінюють згідно загальноприйнятих рівнянь рівноваги

$$N = N_{\bar{n}} - N_{\bar{n}t} - N_s, \quad (4)$$

$$M = M_{\bar{n}} + M_{\bar{n}t} + M_s, \quad (5)$$

де

$N_{\bar{n}}$, $M_{\bar{n}}$ – внутрішні зусилля в бетоні стиснутої зони;

$N_{\bar{n}t}$, $M_{\bar{n}t}$ – внутрішні зусилля в бетоні розтягнутої зони;

N_s , M_s – внутрішні зусилля в арматурі.

В деформаційно-силовій моделі до цих рівнянь добувається узагальнена діаграма його стану $M-1/r$, що представлена функцією осередненої кривини [11, 12] в блоці між тріщинами (рис. 2), якщо такі виникають,

$$\frac{1}{r} = \frac{1/r_u}{2M_u} \left[\left(1 - \frac{M}{M_u}\right) \frac{D_0}{r_u} + 2M - \sqrt{\left(\left(1 - \frac{M}{M_u}\right) \frac{D_0}{r_u} + 2M\right)^2 - 4M \cdot M_u} \right], \quad (6)$$

де

D_0 – початкове значення повної ($\Sigma E_3, I_3$) або приведені ($E_{cp}, I_{red,0}$) жорсткості залізобетонного елемента;

$1/r_u$ – кривина залізобетонного елемента в стадії граничної рівноваги.

Утворення нормальних тріщин в залізобетонному елементі (M_{cr}) оцінюється згідно загальноприйнятих рівнянь рівноваги (4) та (5) за граничними деформаціями бетону в крайніх фібрах розтягнутої зони ε_{ntu} , визначеними за екстремальним критерієм його міцності

$$dN_{ct} / d\varepsilon_{ct} = 0, \quad (7)$$

де

N_{ct} – внутрішнє поздовжнє зусилля в розтягнутому бетоні найбільш напруженого перерізу елемента;

ε_{ct} – відносні деформації бетону в крайніх фібрах розтягнутої зони того ж перерізу.

Ширина розкриття нормальних тріщин w в залізобетонному елементі розраховується на підставі діаграми його стану (6) за відомим зусиллям M_w . Значення кривини $1/r_w$ коригують разом з осередненими деформаціями найбільш розтягнутого арматурного стержня ε_{sw} і крайніх фібр стиснутого бетону ε_{cw} (рис. 3) до виконання загальноприйнятих рівнянь рівноваги (4) та (5) з обумовленою точністю δ .

Згідно деформаційно-силової моделі розрахунок прогинів f , за відомих зусиль в залізобетонному елементі M_f , також здійснюється на основі діаграми його стану (6). Кривину $1/r_f$ та деформації найбільш розтягнутого арматурного стержня ε_{sf} і крайніх фібр стиснутого бетону ε_{cf} (рис. 3), що пов'язані між собою гіпотезою плоских перерізів, уточнюють разом з прогинами f_i до виконання загальноприйнятих рівнянь рівноваги (4) і (5) та додаткової умови

$$(f_{i-1} - f_i) / f_{i-1} \leq \delta, \quad (8)$$

де f_{i-1} та f_i – прогини елемента в процесі ітерацій.

Значення самого прогину обчислюють за формулою Сімпсона [11], правилом трапецій чи за класичним виразом

$$f_{\max} = s \cdot l^2 \cdot (1/r)_{\max}, \quad (9)$$

де

s – коефіцієнт, що залежить від схеми завантаження та закріплення елемента;

l – розрахункова довжина залізобетонного елемента;

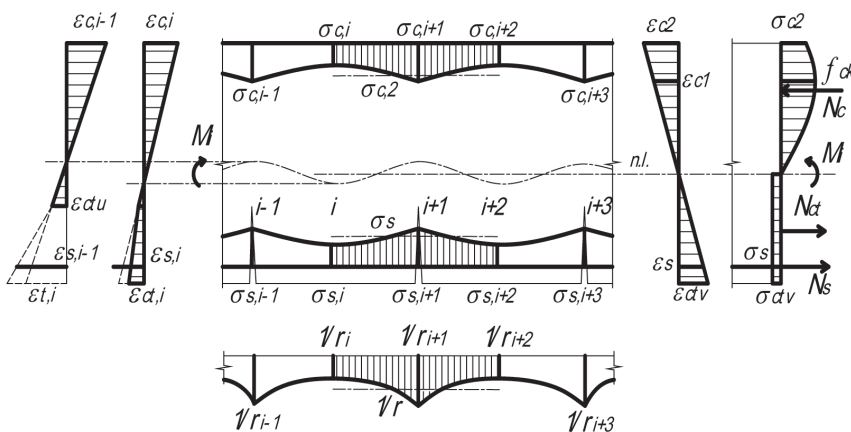


Рис. 2. Напружено-деформований стан залізобетонного елемента в осередненому блоці між тріщинами

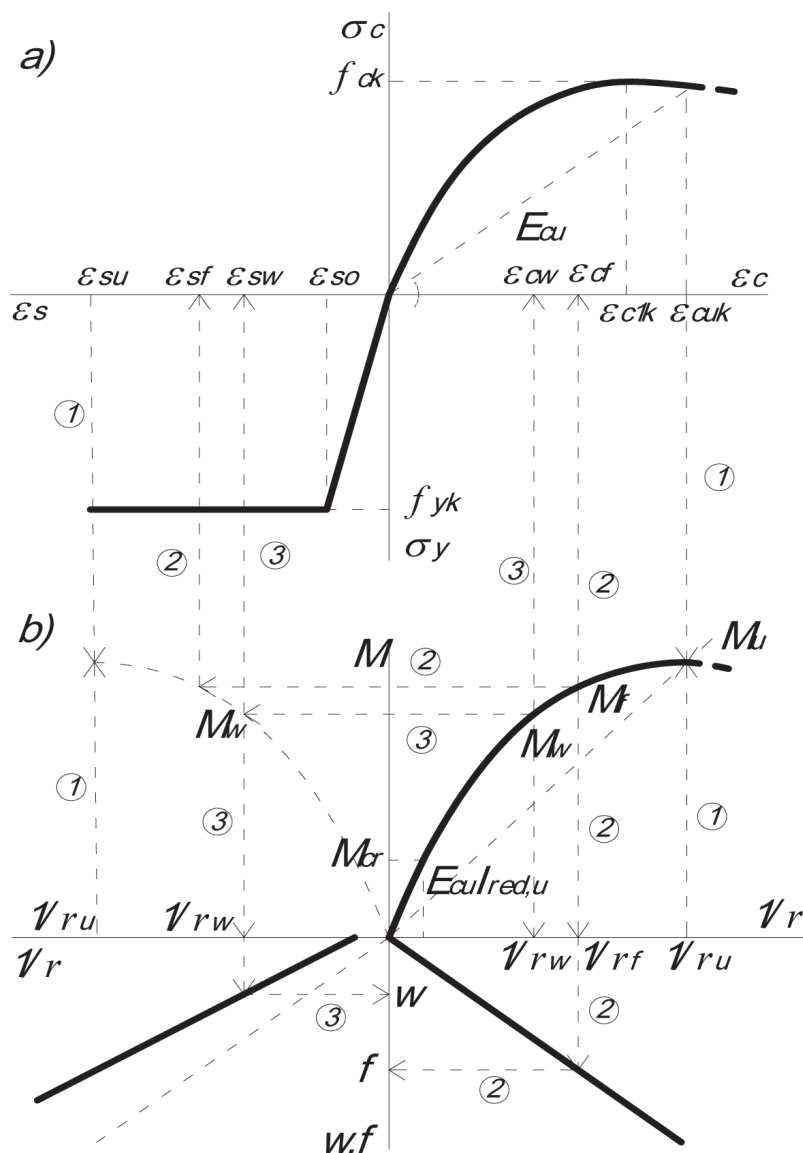


Рис. 3. Зв'язок діаграм стану матеріалів (а) з діаграмами стану елементів (б) у розрахунках за: 1 - несучою здатністю; 2 – прогинами; 3 – тріщиностійкістю.

$(1/r_a)$ – осереднена кривина елемента в перерізі з найбільшим згинаючим моментом (найменшою жорсткістю) від навантаження, за яким визначається прогин.

ВИСНОВКИ

Методологія розрахунку залізобетонних елементів за розробленою деформаційно-силовою моделлю їх опору є подальшим розвитком та доповненням сучасної деформаційної моделі. Завдяки узагальненій діаграмі стану $M-1/r$ та функції граничних деформацій стиснутого бетону ϵ_{cu} вона поглиблює та удосконалює методи, засновані як на силових, так і на деформаційних моделях, оскільки:

- пов'язує силовий фактор не просто з діаграмою деформування бетону чи з діаграмою деформування арматури, а з обома діаграмами

одночасно, поєднаних функцією кривини;

- сприяє розкриттю внутрішньої статичної невизначеності нормальних перерізів залізобетонних елементів та забезпечує методологічну єдність їх розрахунків за граничними станами;
- не потребує використання складного програмного забезпечення та може бути реалізована за допомогою простих інженерних розрахунків;
- гармонізує точні та інженерні методи розрахунку нормальних перерізів залізобетонних елементів;
- суттєво обмежує використання емпіричних залежностей та коефіцієнтів у розрахунках залізобетонних елементів за граничними станами.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Пастернак П.Л. Замечания к проекту новых норм проектирования железобетонных конструкций / П.Л. Пастернак // Строит. пром-сть. – 1944. – №7. – С. 20-23.
2. Гвоздев А.А. Расчёт несущей способности конструкций по методу предельного равновесия: Сущность метода и его обоснование / А.А. Гвоздев. – М.: Стройиздат, 1949. – 280 с.
3. Мурашев В.И. Трещиностойчивость, жесткость и прочность железобетона / В.И. Мурашев. – М.: Машстройиздат, 1950. – 268 с.
4. Дорофеев В.С. Расчет изгибаемых элементов с учетом полной диаграммы деформирования бетона: монография / В.С. Дорофеев, В.Ю. Барданов. – Одесса: ОГАСА, 2003. – 210 с.
5. Eurocode-2: Design of Concrete Structures. Part 1-1: General Rules and Rules for Building; EN 1992-1-1 [Final Draft, December, 2004], Brussels: CEN, 2004. – 226 p.
6. Бамбура А. М. Експериментальні основи прикладної деформаційної теорії залізобетону: дис. ...д-ра технічних наук: 05.23.01 / Бамбура Андрій Миколайович. – Київ, 2005. – 379 с.
7. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинні від 01.06.11]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2011. – 71 с.



8. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування: ДСТУ Б В.2.6-156: 2010. – [Чинний від 01.06.11]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2011. – 123 с.
9. Байков В.Н. Расчет изгибаемых элементов с учетом экспериментальных зависимостей между напряжениями и деформациями для бетона и высокопрочной арматуры / В.Н. Байков // Изв. вузов: Стр-во и архитектура. – 1981. – № 5. – С. 26-32.
10. Гольишев А.Б. К разработке прикладной теории расчёта железобетонных конструкций / А.Б. Гольишев, В.Я. Бачинский // Бетон и железобетон. – 1985. – №6. – С.16-18.
11. Ромашко В.М. Деформаційно-силова модель опору бетону та залізобетону // В.М. Ромашко. – Рівне: О. Зень, 2016.– 424 с.
12. Ромашко В.М. Основи розрахунку залізобетонних елементів та конструкцій за деформаційно-силовою моделлю їх опору / В.М. Ромашко // Зб. наукових пр. УДУЗТ. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – Вип. 168. – С. 103-110.
8. Konstruktsiya budinkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsiyi z vazhkogo betonu. Pravila proektuvannya / Minregionbud Ukraini: DSTU B V.2.6-156: 2010. – [Chinniy vid 01.06.11]. – Kiyiv: DP “Archbudinform”. – 2011. – 123 s.
9. Baykov V.N. Raschet izgibaemyih elementov s uchetom eksperimentalnyih zavisimostey mezhdru napryazheniyami i deformatsiyami dlya betona i vyisokoprochnoy armaturyi / V.N. Baykov // Izv. vuzov: Str-vo i arh-ra. – 1981. – # 5. – S. 26-32.
10. Golyishev A.B. K razrabotke prikladnoy teorii rascheta zhelezobetonnyih konstruktsiy / A.B. Golyishev, V.Ya. Bachinskiy // Beton i zhelezobeton. – 1985. – #6. – S.16-18.
11. Romashko V.M. Deformatsiyno-silova model oporu betonu ta zalizobetonu: monografiya // V.M. Romashko.– Rivne: O. Zen, 2016.– 424 s.
12. Romashko V.M. Osnovi rozrahunku zalizobetonnih elementiv ta konstruktsiy za deformatsiyno-silovoyu modellyu yih oporu / V.M. Romashko // Zb. nauk. prats UDUZT. – Harkiv: UkrDUZT, 2017. – Vip. 168. – S. 103-110.

REFERENCES

1. Pasternak P.L. Zamechaniya k proektu novyih norm proektirovaniya zhelezobetonnyih konstruktsiy / P.L. Pasternak // Stroitel'naya promyshlennost. – 1944. – #7. – S. 20-23.
2. Gvozdev A.A. Raschet nesuschey sposobnosti konstruktsiy po metodu predelnogo ravnovesiya: Suschnost metoda i ego obosnovanie /A.A. Gvozdev. – M.: Stroyizdat, 1949. – 280 s.
3. Murashev V.I. Treschinoustoychivost, zhestkost i prochnost zhelezobetona / V.I. Murashev. – M.: Mashstroyizdat, 1950. – 268 s.
4. Dorofeev V.S. Raschet izgibaemyih elementov s uchetom polnoy diagrammy deformirovaniya betona: monografiya / V.S. Dorofeev, V.Yu. Bardanov. – Odessa: OGASA, 2003. – 210 s.
5. Eurocode-2: Design of Concrete Structures. Part 1-1: General Rules and Rules for Building: EN 1992-1-1 [Final Draft, December, 2004], Brussels: CEN, 2004. – 226 p.
6. Bambura A.M. Eksperimentalni osnovi prikladnoyi deformatsiynoyi teorii zalizobetonu: dis...dokt. tehn. nauk: 05.23.01 / Bambura Andriy Mikolayovich. – Kiyiv, 2005. – 379 s.
7. Konstruktsiyi budinkiv i sporud. betonni ta zalizobetonni konstruktsiyi. osnovni polozhennya / Minregionbud Ukraini: DBN V.2.6-98:2009. – [Chinni vid 01.06.11]. – Kiyiv: DP “Archbudinform”. = 2011. – 71 s.