

АНАЛІЗ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ ІСНУЮЧИХ ДЕФОРМАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

Виконано порівняльний розрахунок міцності стиснутих залізобетонних елементів у нормальних перерізах на основі існуючих деформаційних моделей Eurocode-2 [1], норм [2, 3], а також деформаційної моделі з екстремальним критерієм міцності [4,5]. Результати одержаних розрахунків міцності таких елементів за наведеними вище деформаційними моделями зіставлені з даними експериментальних досліджень.

Ключові слова: бетон, арматура, міцність, залізобетонний елемент, модуль пружності бетону, клас міцності бетону на стиск.

Постановка проблеми. Найважливішими вимогами, що пред'являються до будівельних конструкцій, у тому числі й до залізобетонних, є вимоги щодо забезпечення їх міцності, жорсткості, стійкості та надійності. Ці вимоги повинні бути забезпечені перш за все розрахунками.

Розрахунок міцності залізобетонних конструкцій, як і конструкцій з будь-яких інших матеріалів, виконується на основі загальних методів механіки деформівного твердого тіла. Специфічні особливості залізобетону висувають додаткові вимоги до методів розрахунку міцності, жорсткості та стійкості залізобетонних конструкцій (ЗБК) і їх залізобетонних елементів (ЗБЕ), де необхідно враховувати й деформації матеріалу, тобто використання деформаційних моделей.

На сьогодні однією з головних задач при проектуванні ЗБК є уточнення існуючих та розроблення нових методик розрахунку, в тому числі й міцності ЗБЕ у нормальних перерізах на основі деформаційних моделей (ДМ), що запропоновано і в нових ДБН В.2.6 - 98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення».

Аналіз останніх джерел досліджень і публікацій. Розрахункам міцності стиснутих ЗБЕ на основі ДМ присвячена ціла низка літературних джерел [4, 6, 11, 12 та ін.]. Зокрема, більш детально розрахунку міцності ЗБЕ на основі ДМ з екстремальним критерієм міцності (ЕКМ) приділено увагу в роботах [4, 6].

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Нові норми проектування ЗБК та їх елементів, що введені в дію з 01.06.2011 в Україні [2], містять низку принципово нових підходів до розрахунку їх міцності, жорсткості та несучої здатності. За основу розрахунків бетонних і залізобетонних елементів на дію згинальних моментів і поздовжніх сил прийнята ДМ, яка, крім рівнянь рівноваги, використовує умову деформування у вигляді гіпотези плоских перерізів і повні діаграми стану бетону.

ДМ з ЕКМ є альтернативною моделлю по відношенню до відомих ДМ з емпіричним критерієм міцності. Тому вдосконалення методики розрахунку міцності стиснутих залізобетонних конструкцій та їх елементів у нормальному перерізі на основі ДМ з ЕКМ, котра ґрунтується на рівняннях механіки деформівного твердого тіла і враховує фізико-механічні властивості матеріалів та їх реальну роботу в граничному стані (з урахуванням і високоміцних бетонів), є актуальним завданням.

Значна частка ЗБК та їх елементів під дією навантажень або інших впливів працюють на стиснення. Уточнення існуючих методик розрахунку міцності та несучої здатності таких елементів дозволяє виявити резерви економії матеріалів.

Метою роботи є виконання порівняльного розрахунку міцності стиснутих ЗБЕ у нормальних перерізах на основі існуючих методик, що ґрунтуються на ДМ, а саме:

Eurocode-2 [1], норм [2, 3] та ДМ з ЕКМ [4,5], а також зіставлення одержаних результатів цих розрахунків за наведеними вище ДМ.

Основний матеріал і результати. Застосування ДМ у теорії залізобетону є відповідним кроком уперед, оскільки вона використовує повний набір рівнянь механіки деформівного твердого тіла (МДТТ): фізичні для бетону й арматури, геометричні та рівняння рівноваги. У результаті ДМ дозволяє точніше визначати межу переармування, міцність переармованих ЗБЕ, враховувати характер повних діаграм роботи бетону й арматури та інші характеристики.

На сьогодні існують декілька типів ДМ, із яких необхідно відмітити дві – з емпіричним і екстремальним критерієм міцності. Існуючі методики розрахунку міцності залізобетонних елементів у нормальному перерізі на основі ДМ з емпіричним критерієм міцності не враховують точно повної діаграми стиску (ПДС) бетону з низхідною гілкою максимальної протяжності та не дають можливості аналітично одержати граничні деформації найбільш стиснутої фібри бетону ε_{cu1} . Цими деформаціями необхідно задаватися заздалегідь.

Для розрахунку міцності нормальних перерізів ЗБЕ потрібна додаткова умова міцності перерізу. Такою умовою може бути умова міцності по бетону

$$\varepsilon_{cm} \leq \varepsilon_{cu1} \quad (1)$$

та умова міцності по арматурі

$$\varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}, \quad (2)$$

де відповідно $\varepsilon_{cm}, \varepsilon_s$ – деформації найбільш стиснутого волокна бетону та розтягнутої арматури ЗБЕ, що виникають від зовнішнього навантаження; $\varepsilon_{cu1}, \varepsilon_{su}$ – граничні деформації найбільш стиснутого волокна бетону й розтягнутої арматури.

ДМ з ЕКМ має суттєві переваги над існуючими ДМ. Вона дає можливість розраховувати міцність залізобетонних конструкцій та їх елементів у нормальному перерізі в граничному стані, а також отримувати їх параметри напружено-деформованого стану, включаючи і ε_{cu1} , при застосуванні широкого спектра класів міцності бетону (від С 8/10 до С 115/120 і більше).

Згідно з багатьма експериментами, наприклад дані, наведені в роботі [10], умова (2) частіше порушується в малоармованих ЗБЕ з високоміцною напруженою дротовою й канатною арматурою. Тому виконання умови (2) можна забезпечити шляхом призначення кількості розтягнутої арматури не нижче відповідного мінімуму $\mu_{min} \geq (0,25...0,3\%)$, при якому вже проходить руйнування з роздавлюванням бетону стиснутої зони ЗБЕ, і тоді основне значення матиме умова (1).

Залежно від того, як визначаються величини ε_{cu1} в умові (1), можуть бути ДМ досить різної точності. Так, у ДМ Eurocode-2 [1] величини ε_{cu1} визначалися шляхом вимірювання деформацій ε_{cm} стиснутої грані в стадії руйнування дослідних залізобетонних балок і позацентрово стиснутих колон. На основі вказаних вимірів у нормах [1] прийнято для бетонів низької та середньої міцності (С 12/15...С 50/60 МПа) $\varepsilon_{cu1} = const = 3,5\%$, а для високоміцних бетонів (С 55/67...С 90/105 МПа) $\varepsilon_{cu1} = const = 3,2...2,8\%$.

Результатом перерозподілу напружень σ_c в стиснутій зоні бетону ЗБЕ в граничній стадії є екстремальний критерій міцності нормального перерізу ЗБЕ [6]

$$F(\varepsilon_{cu}) = \max F(\varepsilon_{cm}), \quad (3)$$

що виражає досягнення строгого максимуму зусиллям F (М або N) перерізу як функцією деформації ε_{cm} стиснутої грані бетону ЗБЕ (рис. 1, з). Строгий максимум залежності «зусилля перерізу – деформація», очевидно, може бути тільки при проявленні в стиснутій зоні ЗБЕ строгого максимуму і наявності низхідної гілки фізичного закону стиснутого бетону $\sigma_c - \varepsilon_c$ (рис. 1, в).

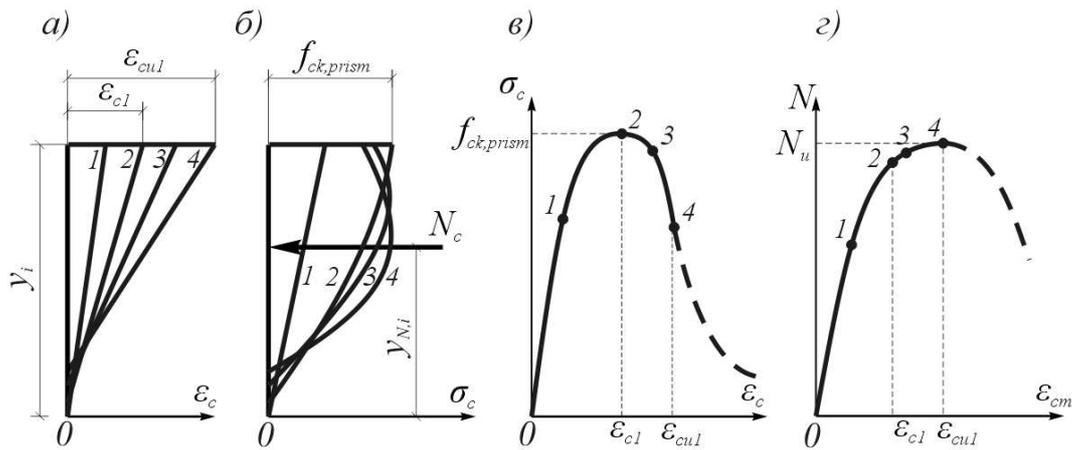


Рисунок 1 – Дограничні (1, 2, 3) і граничний (4) стани розвитку деформацій (а) та напружень (б) у стиснутій зоні бетону ЗБЕ. Відповідність станів 1, 2, 3, 4 на діаграмі стискування бетону (в) і кривої «зусилля в перерізі – деформація стиснутої грані бетону» (г)

При заміні в ДМ критерію (1) на критерій (3) утворюється нова, більш довершена ДМ з ЕКМ, для якої не потрібно експериментально визначати ϵ_{cul} , тому що остання обчислюється із сукупності рівнянь МДТТ і критерію (3) як одна з невідомих величин задачі міцності нормального перерізу.

Для описання фізичної залежності стиснутого бетону використовується формула (4), що також прийнята в нормах [1, 2]. Вона порівняно проста та краще за інші відображає окреслення кривих $\sigma_c - \epsilon_c$ для бетонів різної міцності на інтервалі $C = 15...105\text{МПа}$.

У ДМ з ЕКМ гранична деформація ϵ_{cul} виявляється залежною не тільки від параметрів $E_{cm}, f_{ck,prism}, \epsilon_{c1}$ бетону, але й характеру напружено-деформованого стану ЗБЕ, кількості арматури A_s та A_s' , форми перерізу, характеру діаграми арматури, попереднього напруження й інших факторів. Тому ϵ_{cul} не визначає стан руйнування тільки бетону, а є одним із параметрів граничного стану нормального перерізу ЗБЕ, і вона не може бути константою так, як це прийнято в нормах [1].

Для визначення напружень, деформацій та інших характеристик перерізу ЗБЕ (рис. 2) використовуємо:

1. Фізичні залежності:

а) для бетону – ПДС представлена у вигляді апроксимації, рекомендованої в нормах [1, 2]

$$\sigma_c = f_{ck,prism} (K\eta - \eta^2) / [1 + (K - 2)\eta] \quad (4)$$

де рівень деформації η та параметр деформаційно-міцнісних (механічних) властивостей бетону K визначаються формулами:

$$\eta = \epsilon_c / \epsilon_{c1}, \quad K = 1,1 \cdot E_{cm} \cdot \epsilon_{c1} / f_{ck,prism} \quad (5)$$

де E_{cm} – початковий модуль пружності бетону, що обчислювався за формулою $E_{cm} = 12,7 \cdot \ln(f_{ck,cube}) - 11$ [8]; $f_{ck,prism}, \epsilon_{c1}$ – напруження й деформація в максимумі кривої $\sigma_c - \epsilon_c$ (рис. 1.в) $f_{ck,prism} = 0,8 \cdot (f_{ck,cube})^{0,973}$ [8]. Деформація ϵ_{c1} визначалась за формулою

$$\epsilon_{c1} = 70 \cdot 10^{-5} \cdot f_{ck,prism}^{0,31} \quad (6)$$

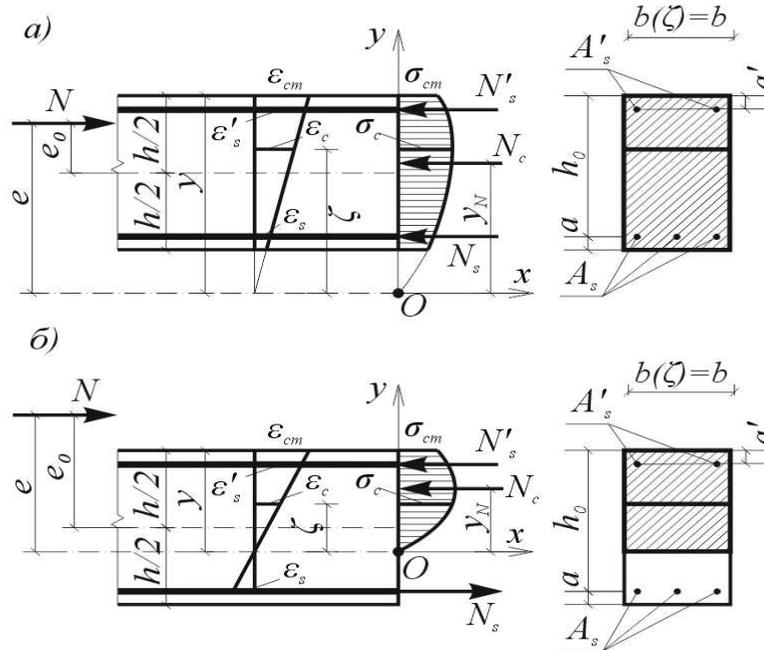


Рисунок 2 – Розрахункова схема нормального перерізу ЗБЕ для випадків позакентрового стискування при випадках малих (а) та великих (б) ексцентриситетів

б) для арматури аналітичні вирази діаграми розтягу (стиску) розділені на два відомих типи: з фізичною та умовною границею текучості (рис. 3). На інтервалі BC , $\epsilon_{yu} \leq \epsilon_s \leq \epsilon_{su}$ (рис. 3, а) область зміцнення апроксимується параболою [6]

$$\sigma_s = \frac{\sigma_{su}}{(1 - \epsilon_{yu}/\epsilon_{su})^2} \left[\left(1 - \frac{\sigma_y}{\sigma_{su}} \right) \left(2 - \frac{\epsilon_s}{\epsilon_{su}} \right) \frac{\epsilon_s}{\epsilon_{su}} + \frac{\sigma_y}{\sigma_{su}} + \left(\frac{\epsilon_{yu}}{\epsilon_{su}} \right)^2 - 2 \frac{\epsilon_{yu}}{\epsilon_{su}} \right], \quad (7)$$

де ϵ_{yu} – деформація наприкінці площадки текучості (точка В), $\sigma_{su}, \epsilon_{su}$ – напруження (границя міцності) і деформація в точці максимуму С діаграми $\sigma_s - \epsilon_s$ (рис. 3, а).

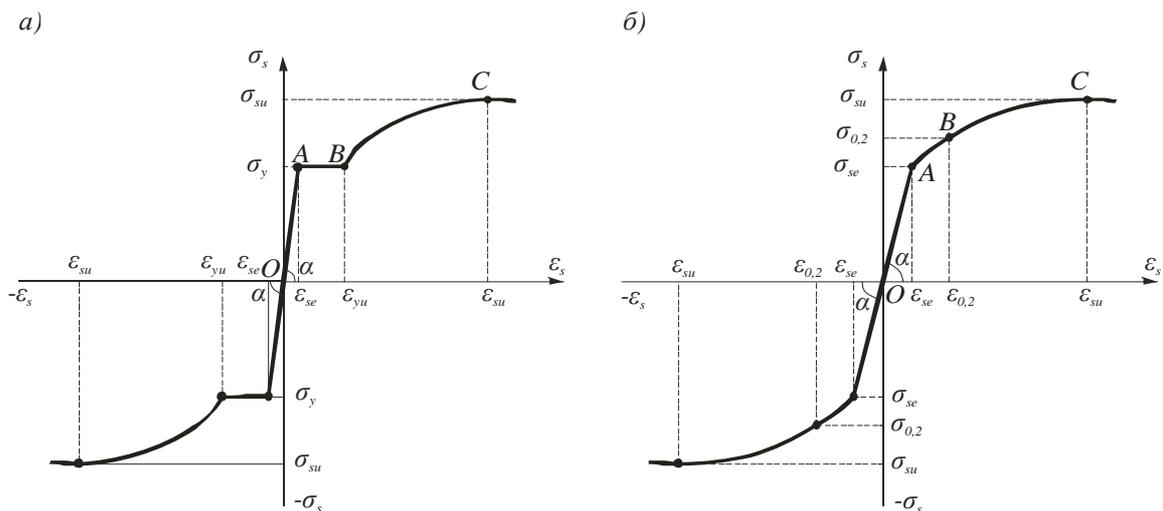


Рисунок 3 – Діаграми розтягу (стиску) арматурних сталей з фізичною (а) й умовною (б) границями текучості

Для арматури з умовною межею текучості застосовується лінійно-двопараболічна апроксимація діаграми розтягування (стискування)

$$\begin{cases} 0 \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{se}, & \sigma_s = E_s \varepsilon_s, \\ \varepsilon_{se} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{0,2}, & \sigma_s = -\alpha \varepsilon_s^2 + \beta \varepsilon_s + \gamma, \\ \varepsilon_{0,2} \leq \varepsilon_s \leq \varepsilon_{su}, & \sigma_s = -a \varepsilon_s^2 + b \varepsilon_s + c, \end{cases} \quad (8)$$

в якій

$$\begin{cases} \alpha = p - q, & \beta = 2p\varepsilon_{0,2} - q(\varepsilon_{sl} + \varepsilon_{0,2}), & \gamma = \sigma_{0,2} - p\varepsilon_{0,2}^2 + q\varepsilon_{sl}\varepsilon_{0,2}, \\ p = (\sigma_{0,2} - \sigma_{sl}) / (\varepsilon_{0,2} - \varepsilon_{sl})^2, & q = \sigma'_{0,2} / (\varepsilon_{0,2} - \varepsilon_{sl}), \\ \sigma'_{0,2} = -2a\varepsilon_{0,2} + b, \end{cases} \quad (9)$$

$$a = (\sigma_{su} - \sigma_{0,2}) / (\varepsilon_{su} - \varepsilon_{0,2})^2, \quad b = 2a\varepsilon_{su}, \quad c = \sigma_{su} - a\varepsilon_{su}^2, \quad (10)$$

де вихідними параметрами арматури є: модуль пружності E_s , межа пропорційності σ_{sl} , умовна межа текучості $\sigma_{0,2}$, межа міцності σ_{su} і відповідні їм деформації ε_{sl} , $\varepsilon_{0,2}$, ε_{su} .

2. Геометричні залежності

Вони визначалися на основі гіпотези плоских перерізів, що дозволяє виразити через деформацію ε_{cm} деформації стиснутої зони бетону ε_c на рівні волокон із координатою ζ , а також деформації розтягнутої й стиснутої арматури (рис. 2):

$$\varepsilon_c = \varepsilon_{cm} \cdot \zeta / y; \quad (11)$$

$$\varepsilon_s = \varepsilon_{cm} (h_0 / y - 1); \quad (12)$$

$$\varepsilon'_s = \varepsilon_{cm} (1 - a' / y), \quad (13)$$

де y – висота стиснутої зони бетону, a' – відстань від рівнодіючої в арматурі стиснутої зони бетону до найближчої грані перерізу, h_0 – робоча висота перерізу. Приймавши позначення $\alpha = \varepsilon_{cm} / \varepsilon_{c1}$, одержимо, що $\eta = \alpha \zeta / y$, де α – відносна деформація стиснутої грані бетону ЗБЕ в нормальному перерізі.

3. Рівняння рівноваги:

$$N_s = \sigma_s A_s, \quad N'_s = \sigma'_s A'_s, \quad (14)$$

$$\sum X = 0; \quad N \pm \sigma_s \cdot A_s - \sigma'_s \cdot A'_s - N_c = 0, \quad (15)$$

$$\sum M = 0; \quad N \cdot e \pm \sigma_s \cdot A_s \cdot (h_0 - y) - \sigma'_s \cdot A'_s \cdot (y - a') - N_c \cdot y_N = 0, \quad (16)$$

де e – ексцентриситет прикладання сили N відносно нейтральної осі перерізу (рис. 2)

$$e = e_0 - h/2 + y = e(y), \quad (17)$$

де e_0 – ексцентриситет прикладання сили N , відносно центра перерізу (рис. 2).

У рівнянні (14) знак «–» приймається у випадку центрального стиску та малих ексцентриситетів (МЕ), а «+» – у випадку великих ексцентриситетів (ВЕ).

Рівнодіюча напружень у стиснутій зоні бетону N_c й координата y_N її точки прикладання, яка відлічується від нульової лінії деформацій і напружень, визначаються за формулами:

$$N_c = \iint_{A_c} \sigma_c(\zeta) dx d\zeta = \int_0^y \sigma_c(\zeta) \left(\int_{b_1(\zeta)}^{b_2(\zeta)} dx \right) d\zeta = N_c(\alpha, y) \quad (18)$$

$$y_N = \left(\iint_{A_c} \sigma_c(\zeta) \zeta dx d\zeta \right) / N_c = \left(\int_0^y \sigma_c(\zeta) \zeta \left(\int_{b_1(\zeta)}^{b_2(\zeta)} dx \right) d\zeta \right) / N_c = y_N(\alpha, y) \quad (19)$$

де A_c – площа стиснутої зони бетону в перерізі ЗБЕ.

Використовуючи залежності (4)...(17), з урахуванням формул (18) та (19) отримуємо результуючу систему рівнянь МДТТ із невідомими N, α, y для випадку позацентрового та центрального стискання:

$$\begin{cases} N \pm \sigma_s(\alpha, y) \cdot A_s - N_c(\alpha, y) - \sigma'_s(\alpha, y) \cdot A'_s = 0; \\ N \cdot e(y) - N_c(\alpha, y) \cdot y_N(\alpha, y) - \sigma'_s(\alpha, y) \cdot A'_s (y - a') - \sigma_s(\alpha, y) \cdot A_s (h_0 - y) = 0. \end{cases} \quad (20)$$

Для визначення невідомих N, α, y використовуємо рівняння (20), (21) і додаткову умову у вигляді ЕКМ нормального перерізу (3). У результаті маємо оптимізаційну задачу нелінійного математичного програмування на умовний екстремум із цільовою функцією (3) (екстремалію [9]) при обмеженнях-рівностях (20).

Ця методика дозволяє виконати розрахунки міцності ЗБЕ в нормальному перерізі при будь-яких значеннях класів бетону та напруженнях в арматурі.

Таку задачу, з урахуванням усіх вихідних параметрів, залежностей може бути розв'язано лише за допомогою обчислювальної техніки з використанням чисельних і оптимізаційних методів. Розв'язок цієї задачі реалізований у програмному комплексі для ПЕОМ, розробленому автором цієї статті (рис.4).

На рисунках 5 і 6 наведені графіки залежностей «навантаження перерізу – деформація найбільш стиснутої фібри бетону ЗБЕ» при розрахунку за методиками, наведеними у [1, 2], ДМ з ЕКМ та нанесено точки, отримані за результатами експериментальних досліджень [7].

Як видно з графіків (рисунки 5 і 6), методика розрахунку міцності стиснутих ЗБЕ за нормами [1] завищує результати у порівнянні з експериментальними даними [7], а методика, викладена в нормах [2] – занижує. Розрахунки ж міцності таких ЗБЕ на основі ДМ з ЕКМ є точнішими і краще співпадають з експериментальними даними ($X = 0,986$, $C_v = 3,012 \%$).

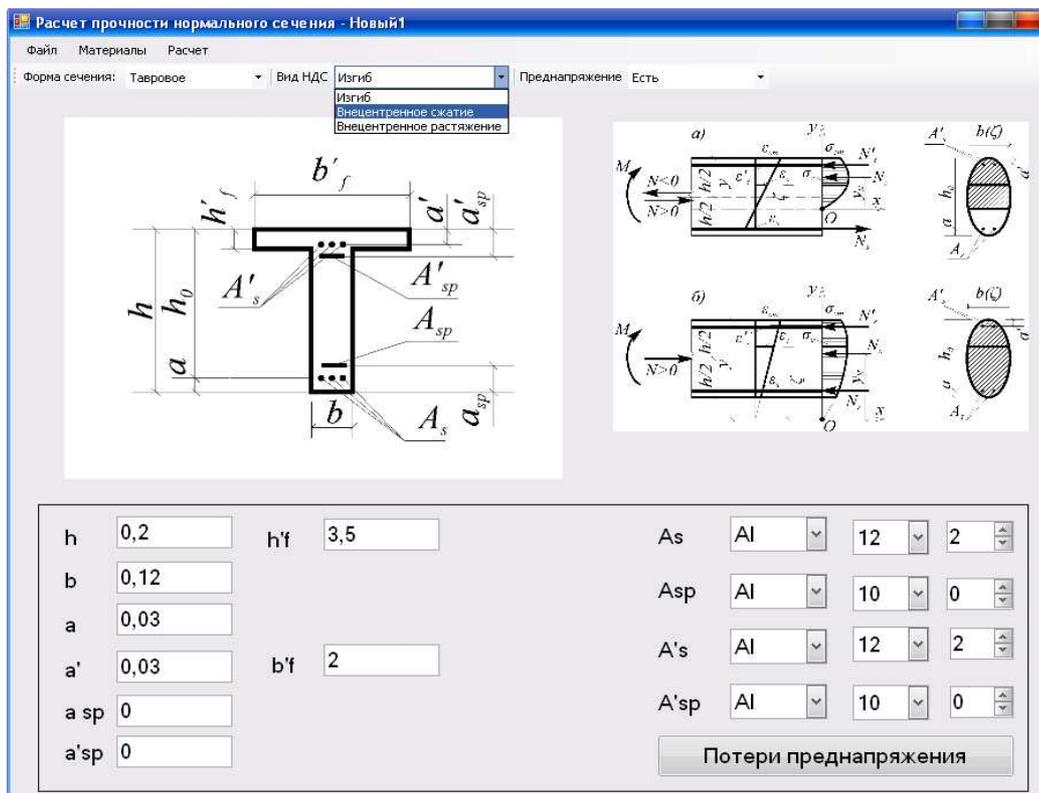


Рисунок 4 – Програмний комплекс для розрахунку міцності залізобетонних конструкцій та їх елементів на основі деформаційної моделі з екстремальним критерієм

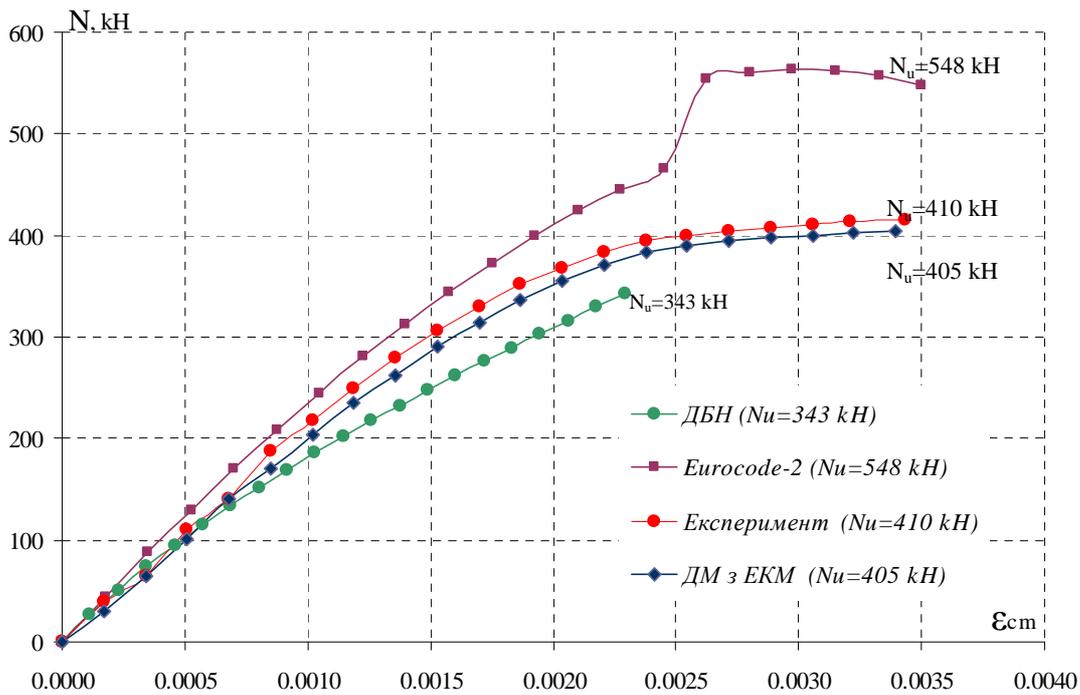


Рисунок 5 – Графік залежностей «навантаження – деформація найбільш стиснутої фібри бетону ЗБЕ» при позацентровому стиску ($e=0,03$ м), клас міцності бетону С 50/60

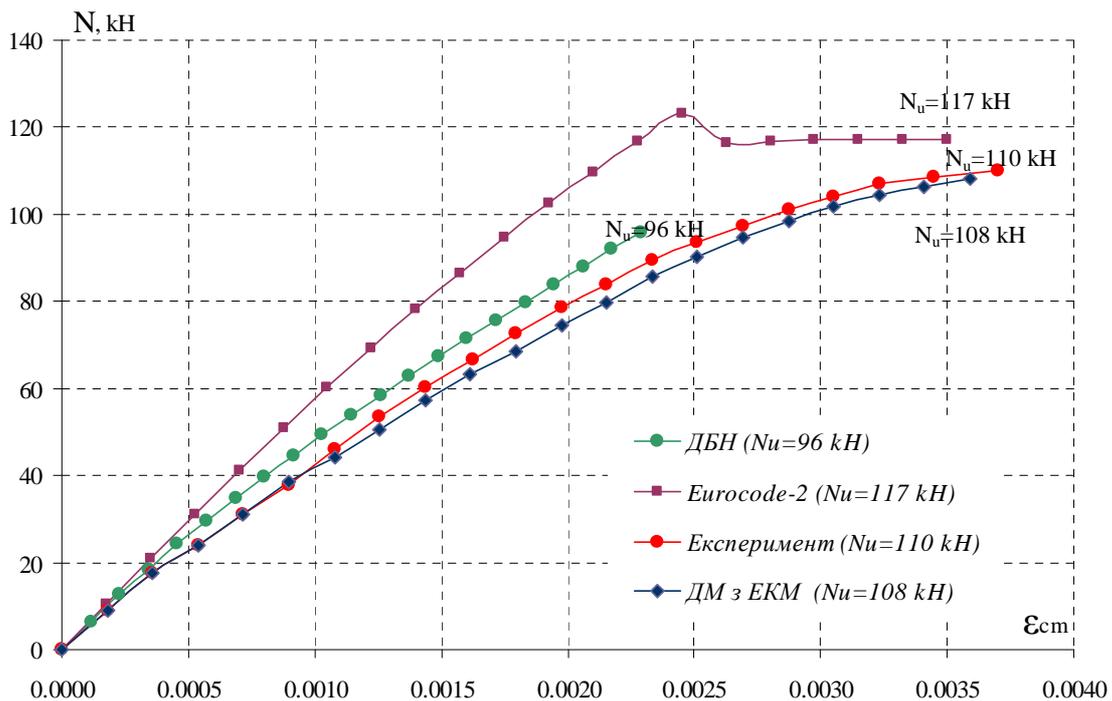


Рисунок 6 – Графік залежностей «Навантаження – деформація найбільш стиснутої фібри бетону ЗБЕ» при позацентровому стиску ($e=0,12$ м), клас міцності бетону С 50/60

Висновки

1. ДМ з ЕКМ є більш точною та узагальненою порівняно з існуючими деформаційними моделями. Тільки вона дозволяє аналітично визначати як одну з невідомих величин граничну деформацію найбільш стиснутої фібри бетону ЗБЕ ϵ_{cul} з урахуванням впливу цілого ряду факторів, на відміну від інших деформаційних моделей.

ε_{cu1} суттєво змінює свої значення при зміні класу міцності бетону на стиск, характеру та процента армування, класу арматурної сталі, форми поперечного перерізу ЗБЕ, характеру завантаження тощо. Тому, в розрахунках міцності ЗБЕ задаватися наперед величиною ε_{cu1} або приймати її постійною ($\varepsilon_{cu1} = 3,5\%$) не коректно так, як це призводить до неточностей в обчисленнях, особливо для переармованих ЗБЕ.

2. Оптимізаційний характер задачі розрахунку міцності ЗБЕ у нормальному перерізі з цільовою функцією (3) та відповідними функціями обмеження дає можливість аналізувати повний комплекс граничних параметрів нормальних перерізів ЗБЕ у стадії їх руйнування, виявляти пружний чи пружно-пластичний стан роботи арматури.

3. ЕКМ відображає в граничному стані характерну властивість псевдо-пластичних матеріалів типу бетону та йому подібних, тобто прояв строгого максимуму й низхідної гілки повної діаграми стискання бетону. При зміні ексцентриситету поздовжньої стискаючої сили $e_0 \rightarrow 0$ лише ДМ з ЕКМ забезпечує перехід $\varepsilon_{cu1} \rightarrow \varepsilon_{c1}$.

Література

1. Eurocode 2: Design of Concrete Structures. EN 1992 – 1.1: General Rules and Rules for buildings. – Brussels: CEN, 2004. – 226 p.
2. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6. 98:2009. – [Чинний від 01.06.2011]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 72 с.
3. ДСТУ В.2.6-156: 2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону / К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 168 с.
4. Шкурупій, О.А. Міцність залізобетонних конструкцій та їх елементів на основі деформаційної моделі з екстремальним критерієм / О.А. Шкурупій // Будівельні конструкції: міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – Вып. 74: в 2-х кн.: Книга 1. – К.: ДП НДІБК, 2011. – С. 605–614.
5. Шкурупій, О.А. Застосування деформаційної моделі з екстремальним критерієм для розрахунку міцності залізобетонних елементів із високоміцних бетонів / О.А. Шкурупій, П.Б. Митрофанов // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2010. – № 38. – С. 683 – 689.
6. Митрофанов, В.П. Практическое применение деформационной модели с экстремальным критерием прочности железобетонных элементов / В.П. Митрофанов // Коммунальное хозяйство городов. Серия: Архитектура и технические науки. Вып. 60. – К.: Техника, 2004. – С. 29 – 48.
7. Митрофанов, П.Б. Експериментальні дослідження міцності стиснутих залізобетонних елементів із високоміцних бетонів / П.Б. Митрофанов // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – Вып. 29. – С. 74. – 79.
8. Шкурупій, О.А. Аналітичне визначення початкового модуля пружності бетону / О.А. Шкурупій // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: збірник наукових праць. – Рівне: НУВГП, 2010. – Вып. 20. – С. 352–356.
9. Баженов, В.А. Будівельна механіка. Комп'ютерні технології: підручник / В.А. Баженов, А.В. Перельмутер, О.В. Шишов; за заг.ред. д.т.н., проф. В.А. Баженова. – К.: Каравелла, 2009. – 696 с.
10. Weiss, W.J. An Experimental Investigation to Determine the Influence of Size on the Flexural Behavior of High Strength Reinforced Concrete Beams / W.J. Weiss, K. Guler, S.P. Shah // 5-th Int. Symp. on Utilization of HS/HP Concrete. 20–24 June 1999, Sandefjord, Norway. – Proceedings, Vol. 2. – P. 709 – 718.

11. Бамбура, А.Н. К построению деформационной теории железобетона стержневых систем на экспериментальной основе / А.Н.Бамбура, А.Б. Гурковский // Будівельні конструкції : зб. наук. праць. – К.: ДП НДІБК, 2003. – Вип. 59. – С. 121– 130.
12. Бамбура, А.М. Основні положення розрахунку несучої здатності бетонних та залізобетонних конструкцій за національним нормативним документом ДБН В.2.6 - 98:2009/ А.М. Бамбура, Ю.І. Немчинов, О.Б. Гурківський, М.С. Безбожна, О.В. Дорогова // Будівельні конструкції: міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво). – Вип. 73. – К.: ДП НДІБК, 2010. – С. 724–736.

А.А. Шкурупий, к.т.н., доц.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

АНАЛИЗ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДЕФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Выполнен сравнительный расчет прочности сжатых железобетонных элементов в нормальных сечениях на основе существующих деформационных моделей Eurocode-2 [1], норм [2, 3], а также деформационной модели с экстремальным критерием прочности [4,5]. Результаты полученных расчетов прочности таких элементов по указанным выше деформационным моделям сопоставлены с данными экспериментальных исследований.

***Ключевые слова:** бетон, арматура, прочность, железобетонный элемент, модуль упругости бетона, класс прочности бетона на сжатие.*

O.A. Shkurupiy, Ph.D., Docent

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

ANALYSIS OF STRENGTH CALCULATION OF REINFORCED-CONCRETE ELEMENTS ON THE BASIS OF EXISTING DEFORMATION MODELS

The comparative strength calculation of the compressed reinforce-concrete elements in normal sections is executed on the basis of existing deformation models of Eurocode-2 [1], standards [2, 3], and of the deformation model with the extreme criterion of strength [4, 5]. The results of obtained calculations are compared with experimental data.

***Keywords:** concrete, armature, strength, reinforce-concrete element, module of resiliency of concrete, class of durability of concrete on a compression.*

Надійшла до редакції 01.09.2012

© О.А. Шкурупий