

П.І. Країнський, Р.Є. Хміль, З.Я. Бліхарський
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра будівельних конструкцій та мостів

ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРАХУНКУ ЗА ДЕФОРМАЦІЙНИМ МЕТОДОМ ПРИ ПЛАНУВАННІ ДОСЛІДЖЕНЬ СТИСНЕНО-ЗІГНУТИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ПІДСИЛЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННОЮ ОБОЙМОЮ

© Країнський П.І., Хміль Р.Є., Бліхарський З.Я., 2013

Наведено методику розрахунку залізобетонних стиснено-зігнутих елементів прямокутного перерізу, підсиленних залізобетонною обоймою. Методика розроблена за чинними нормами з проектування залізобетонних конструкцій.

Ключові слова: стиснено-зігнуті елементи, підсилення, методика розрахунку.

In the article the design method of rectangular eccentrically loaded reinforced concrete elements, strengthened by reinforced concrete jacket, is offered. The design method is developed based on current standards for reinforced concrete structures.

Key words: eccentrically loaded elements, strengthening, design method.

Постановка проблеми

У 2011 році набули чинності нові національні норми проектування залізобетонних конструкцій [1, 2]. В основу цих документів покладено деформаційний спосіб розрахунку з врахуванням нелінійної діаграми деформування бетону та білінійної діаграми деформування арматури. У ДСТУ Б В.2.6-156:2010 [2] наведено розрахункові залежності для визначення несучої здатності елементів найпоширеніших типів перерізів, а саме прямокутного, таврового, двотаврового та кругового. Але при проектуванні підсилення залізобетонних елементів отримуємо випадок складених перерізів різної форми з різними фізико-механічними характеристиками матеріалів. Форми рівноваги таких перерізів є дещо відмінними від звичайних, а отже, для визначення несучої здатності елемента потрібно застосовувати видозмінені розрахункові залежності норм [2].

Аналіз досліджень та публікацій

Чинні нормативні документи з проектування залізобетонних конструкцій [1, 2] базуються на принципово новій деформаційній моделі розрахунку. Такий розрахунок є складним, тому потребує роз'яснення його положень та принципів, а також розроблення на його основі простіших інженерних методів розрахунку. Зокрема спрощений метод розрахунку згинаних елементів пропонує Д.В. Кочкарьова [7].

Розрахунок залізобетонних конструкцій за деформаційною моделлю зустрічаємо в роботі С.І. Рогового [9]. Автор наводить приклади розрахунку елементів прямокутного перерізу за розробленою ним методикою, з використанням деяких положень СНиП 2.03.01-84. Розрахунок за деформаційною моделлю елементів, що перебувають у складному напружено-деформованому стані за дії згину та кручення, висвітлено в праці Н.С. Жорняка та ін. [6]. Автори розробили алгоритм для визначення несучої здатності просторових перерізів прямокутного профілю.

Роз'яснення основних положень нових норм проектування зустрічаємо в роботах А.Я. Барашикова [5] та А.М. Бамбури [4, 8]. Зокрема у працях Бамбури знаходимо опис можливих форм рівноваги прямокутних та кільцевих перерізів, пояснення щодо розрахунку таких перерізів. У праці [3] автори розробили розрахунковий апарат для розрахунку гнучких елементів на основі деформаційної моделі.

Мета роботи

Метою роботи є виведення розрахункових залежностей для визначення несучої здатності стиснено-зігнутого залізобетонного елемента прямокутного перерізу, підсиленого залізобетонною

обоймою. На основі виведених залежностей виконати розрахунки підсилених стиснено-зігнутих елементів та розробити програму експериментальних досліджень для перевірки отриманих теоретичним шляхом величин.

Методика розрахунку

Несучу здатність підсиленої залізобетонної стиснено-зігнутої колони прямокутного перерізу визначаємо з урахуванням передумов, висвітлених у пункті 4.1 ДСТУ Б В.2.6-156:2010 [2]. Додатково вводимо такі передумови:

- коробчастий переріз обойми підсилення приводимо до еквівалентного двотаврового перерізу (рис. 1), для якого справедливими є розрахункові залежності пункту 4.3 [2];
- зчеплення між бетоном колони та бетоном обойми підсилення вважаємо абсолютно жорстким.

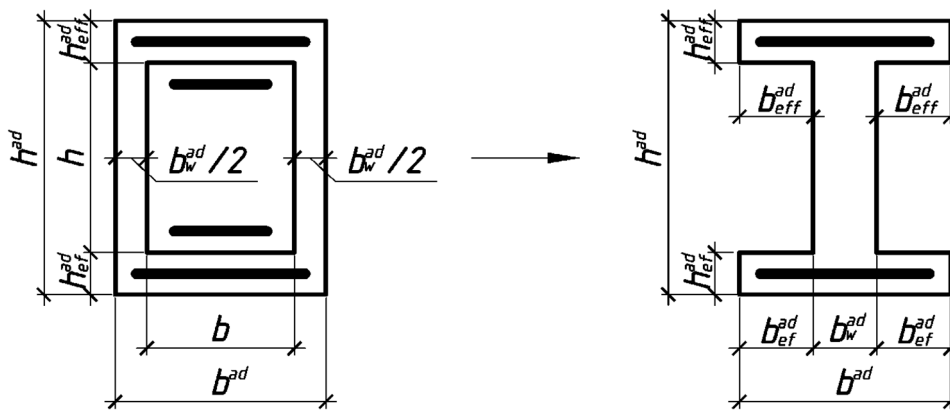


Рис. 1. Приведення коробчастого перерізу обойми до еквівалентного двотаврового

Відповідно до прийнятих передумов напружено-деформований стан складеного перерізу підсиленої колони наведено на рис. 2. При цьому можлива реалізація чотирьох форм рівноваги перерізу:

- перша форма – весь переріз стиснено. Область існування: $X_1 > h^{ad}$;
- друга форма – нейтральна вісь у межах нижньої полиці обойми. В перерізі обойми є зона розтягу, основний переріз колони – стиснений. Область існування: $h^{ad} - h_{ef}^{ad} < X_1 < h^{ad}$;
- третя форма – нейтральна вісь у межах стінки обойми. Зона розтягу є як у перерізі обойми, так і в основному перерізі колони. Область існування: $h_{eff}^{ad} < X_1 < h^{ad} - h_{ef}^{ad}$;
- четверта форма – нейтральна вісь у межах верхньої полиці обойми. В перерізі обойми є зона розтягу, основний переріз колони – розтягнутий. Область існування: $X_1 < h_{eff}^{ad}$.

Напружено-деформований стан підсиленої стиснено-зігнутої колони описується системою рівнянь:

$$\begin{cases} F_1(\kappa, e_{c(1)}) + F_2(\kappa^{ad}, e_{c(1)}^{ad}) - N = 0; \\ \Phi_1(\kappa, e_{c(1)}) + \Phi_2(\kappa^{ad}, e_{c(1)}^{ad}) - M = 0, \end{cases} \quad (1)$$

де $\kappa = \frac{1}{r} = \frac{e_{c(1)} - e_{c(2)}}{h}$ – кривизна вигнутої осі перерізу колони; $e_{c(1)}$ – деформації стисненої фібри бетону перерізу колони; $e_{c(2)}$ – осереднені деформації розтягнутої фібри бетону перерізу колони;

$\kappa^{ad} = \frac{1}{r} = \frac{e_{c(1)}^{ad} - e_{c(2)}^{ad}}{h^{ad}}$ – кривизна вигнутої осі перерізу обойми; $e_{c(1)}^{ad}$ – деформації стисненої фібри

бетону перерізу обойми; $\epsilon_{c(2)}^{ad}$ – осереднені деформації розтягнутої фібри бетону перерізу обойми; N, M – поздовжня сила та згинальний момент, котрі діють на колону.

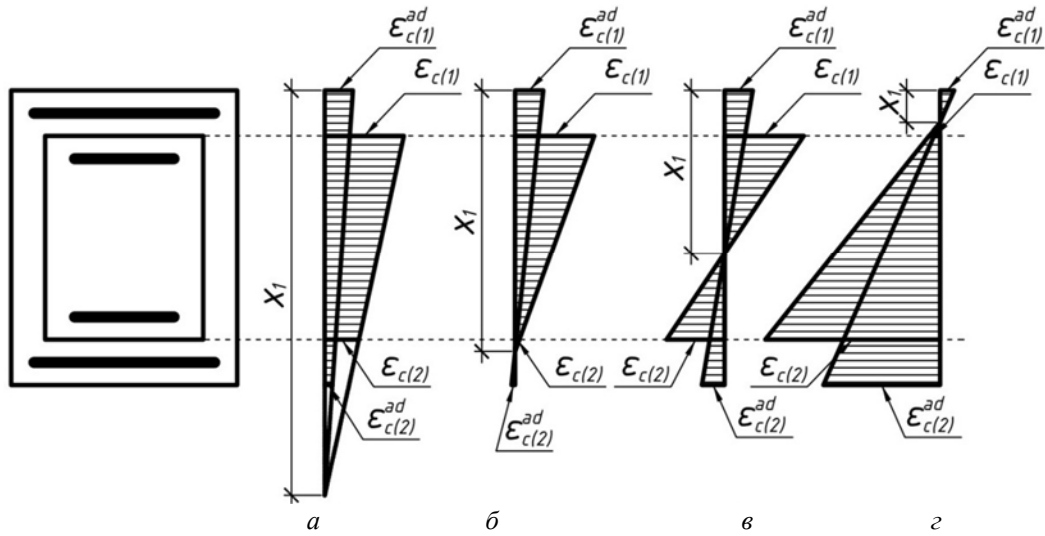


Рис. 2. Напружено-деформований стан складеного перерізу колони, підсиленої обоймою
 а – еюра деформацій за першої форми рівноваги; б – еюра деформацій за другої форми рівноваги;
 в – еюра деформацій за третьої форми рівноваги; з – еюра деформацій за четвертої форми рівноваги.

Функція F_1 являє собою розрахункову залежність для визначення зусилля N_c , котре сприймає стиснений бетон та зусиль N_s , котрі сприймають розтягнуті та стиснені стрижні арматури основного перерізу колони. Аналогічно функція F_2 визначає відповідні зусилля в перерізі обойми. Своєю чергою, функції Φ_1 та Φ_2 є залежностями для обчислення моментів зусиль N_c та N_s у перерізах колони та обойми відносно нейтральної осі складеного перерізу.

Залежно від форми рівноваги перерізу функції F_1 та Φ_1 у розгорнутому вигляді можна записати відповідно до підпунктів 4.2.3 та 4.2.4 [2] як для прямокутного перерізу. Аналогічно функції F_2 та Φ_2 можна записати відповідно до підпункту 4.3.3 [2] як для двотаврового перерізу.

Для першої форми рівноваги складеного перерізу функції F та Φ матимуть вигляд:

$$F_1(\mathbf{x}, e_{c(1)}) = \frac{bf_{cd}}{\mathbf{x}} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{e_{c(1)}^{k+1} - e_{c(2)}^{k+1}}{e_{c1}^{k+1}} \right) + \sum_{i=1}^n s_{si} A_{si}; \quad (2)$$

$$F_2(\mathbf{x}^{ad}, e_{c(1)}^{ad}) = \frac{f_{cd}^{ad}}{\mathbf{x}^{ad}} \left[b_w^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad}}{e_{c1}^{ad}} \right)^{k+1} + 2b_{eff}^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad k+1} - e_{eff(2)}^{ad k+1}}{e_{c1}^{ad k+1}} \right) + 2b_{ef}^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{e_{ef(1)}^{ad k+1} - e_{c(2)}^{ad k+1}}{e_{c1}^{ad k+1}} \right) \right] + \sum_{i=1}^n s_{si}^{ad} A_{si}^{ad}; \quad (3)$$

$$\Phi_1(\mathbf{x}, e_{c(1)}) = \frac{bf_{cd}}{\mathbf{x}^2} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{e_{c(1)}^{k+2} - e_{c(2)}^{k+2}}{e_{c1}^{k+2}} \right) + \sum_{i=1}^n s_{si} A_{si} (X_1 - Z_{si}); \quad (4)$$

$$\Phi_2(\mathbf{x}^{ad}, e_{c(1)}^{ad}) = \frac{f_{cd}^{ad}}{\mathbf{x}^{ad 2}} \left[b_w^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad}}{e_{c1}^{ad}} \right)^{k+2} + 2b_{eff}^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad k+2} - e_{eff(2)}^{ad k+2}}{e_{c1}^{ad k+2}} \right) + \right]$$

$$+ 2b_{ef}^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left[\frac{e_{ef(1)}^{ad \ k+2} - e_{c(2)}^{ad \ k+2}}{e_{c1}^{ad \ k+2}} \right] + \sum_{i=1}^n s_{si}^{ad} A_{si}^{ad} \frac{e_{c(1)}^{ad} - \mathfrak{K}^{ad} Z_{si}^{ad}}{\mathfrak{K}^{ad}}; \quad (5)$$

Для другої форми рівноваги складеного перерізу функції F та Φ матимуть вигляд:
 $F_1(\mathfrak{K}, e_{c(1)})$ та $\Phi_1(\mathfrak{K}, e_{c(1)})$ ті самі, що (2) та (4).

$$F_2(\mathfrak{K}^{ad}, e_{c(1)}^{ad}) = \frac{f_{cd}^{ad}}{\mathfrak{K}^{ad}} \left[b_w^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad}}{e_{c1}^{ad}} \right)^{k+1} + 2b_{eff}^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad \ k+1} - e_{eff(2)}^{ad \ k+1}}{e_{c1}^{ad \ k+1}} \right) + 2b_{ef}^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{e_{ef(1)}^{ad}}{e_{c1}^{ad}} \right)^{k+1} \right] + \sum_{i=1}^n s_{si}^{ad} A_{si}^{ad}; \quad (6)$$

$$\Phi_2(\mathfrak{K}^{ad}, e_{c(1)}^{ad}) = \frac{f_{cd}^{ad}}{\mathfrak{K}^{ad^2}} \left[b_w^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad}}{e_{c1}^{ad}} \right)^{k+2} + 2b_{eff}^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad \ k+2} - e_{eff(2)}^{ad \ k+2}}{e_{c1}^{ad \ k+2}} \right) + 2b_{ef}^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{e_{ef(1)}^{ad}}{e_{c1}^{ad}} \right)^{k+2} \right] + \sum_{i=1}^n s_{si}^{ad} A_{si}^{ad} \frac{e_{c(1)}^{ad} - \mathfrak{K}^{ad} Z_{si}^{ad}}{\mathfrak{K}^{ad}}; \quad (7)$$

Для третьої форми рівноваги складеного перерізу функції F та Φ матимуть вигляд:

$$F_1(\mathfrak{K}, e_{c(1)}) = \frac{bf_{cd}}{\mathfrak{K}} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{e_{c(1)}}{e_{c1}} \right)^{k+1} + \sum_{i=1}^n s_{si} A_{si}; \quad (8)$$

$$F_2(\mathfrak{K}^{ad}, e_{c(1)}^{ad}) = \frac{f_{cd}^{ad}}{\mathfrak{K}^{ad}} \left[b_w^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad}}{e_{c1}^{ad}} \right)^{k+1} + 2b_{eff}^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad \ k+1} - e_{eff(2)}^{ad \ k+1}}{e_{c1}^{ad \ k+1}} \right) \right] + \sum_{i=1}^n s_{si}^{ad} A_{si}^{ad}; \quad (9)$$

$$\Phi_1(\mathfrak{K}, e_{c(1)}) = \frac{bf_{cd}}{\mathfrak{K}^2} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{e_{c(1)}}{e_{c1}} \right)^{k+2} + \sum_{i=1}^n s_{si} A_{si} (X_1 - Z_{si}); \quad (10)$$

$$\Phi_2(\mathfrak{K}^{ad}, e_{c(1)}^{ad}) = \frac{f_{cd}^{ad}}{\mathfrak{K}^{ad^2}} \left[b_w^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad}}{e_{c1}^{ad}} \right)^{k+2} + 2b_{eff}^{ad} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad \ k+2} - e_{eff(2)}^{ad \ k+2}}{e_{c1}^{ad \ k+2}} \right) \right] + \sum_{i=1}^n s_{si}^{ad} A_{si}^{ad} \frac{e_{c(1)}^{ad} - \mathfrak{K}^{ad} Z_{si}^{ad}}{\mathfrak{K}^{ad}}; \quad (11)$$

Для четвертої форми рівноваги складеного перерізу функції F та Φ матимуть вигляд:
 $F_1(\mathfrak{K}, e_{c(1)})$ та $\Phi_1(\mathfrak{K}, e_{c(1)})$ ті самі, що (8) та (10).

$$F_2(\mathfrak{K}^{ad}, e_{c(1)}^{ad}) = \frac{f_{cd}^{ad}}{\mathfrak{K}^{ad}} \left[(b_w^{ad} + 2b_{eff}^{ad}) \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad}}{e_{c1}^{ad}} \right)^{k+1} \right] + \sum_{i=1}^n s_{si}^{ad} A_{si}^{ad}; \quad (12)$$

$$\Phi_2(\mathfrak{K}^{ad}, e_{c(1)}^{ad}) = \frac{f_{cd}^{ad}}{\mathfrak{K}^{ad^2}} \left[(b_w^{ad} + 2b_{eff}^{ad}) \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{e_{c(1)}^{ad}}{e_{c1}^{ad}} \right)^{k+2} \right] + \sum_{i=1}^n s_{si}^{ad} A_{si}^{ad} \frac{e_{c(1)}^{ad} - \mathfrak{K}^{ad} Z_{si}^{ad}}{\mathfrak{K}^{ad}}; \quad (13)$$

У рівняннях (2) – (13) f_{cd} , e_{c1} , f_{cd}^{ad} , e_{c1}^{ad} – параметри міцності та деформативності бетону колони та об'єми відповідно до класу бетону за табл. 3.1 [1];

a_k – коефіцієнти полінома для задавання нелінійної діаграми деформування бетону відповідно до рівняння (3.5) [1];

$\bar{\kappa}$ та $\bar{\kappa}^{ad}$ – відносна кривизна перерізу колони та обойми;

S_{si} та S_{si}^{ad} – напруження в i -му стрижні арматури колони та обойми;

A_{si} та A_{si}^{ad} – площа i -го стрижня арматури колони та обойми;

Z_{si} та Z_{si}^{ad} – відстань i -го стрижня арматури від найбільш стисненої грані перерізу колони та обойми.

Підставивши рівняння (2) – (13) у (1), отримуємо системи нелінійних рівнянь напружено-деформованого стану підсиленої стиснено-зігнутої колони для чотирьох форм рівноваги. Розв'язувати такі системи можна запропонованим у нормах [2] методом послідовних наближень. В результаті розрахунку отримуємо діаграму стану складеного перерізу до досягнення бетоном колони чи обойми граничних деформацій.

За наведеною вище методикою було підібрано параметри дослідних зразків для подальших експериментальних досліджень стиснено-зігнутих елементів, підсилених обоймою. Дослідні зразки прийнято у вигляді колон прямокутного поперечного перерізу розміром 180×140 мм завдовжки 2200 мм, з консольними ділянками на кінцях для прикладання навантаження з ексцентриситетом 150 мм. Оскільки величина ексцентриситету прикладання навантаження є значною, у перерізі внаслідок згину відразу появиться розтягнута зона. Отже, при розрахунку даних елементів домінуючою буде третя форма рівноваги перерізу. Армуння колон приймаємо симетричне, у вигляді чотирьох стрижнів Ø12 А400С. Клас бетону колон – С20/25. Параметри обойми підсилення: товщина – 30 мм вздовж більших граней колони та 40 мм вздовж менших, де буде розташовано арматуру обойми; клас бетону обойми – С25/30. Експериментальна програма передбачає випробування двох серій дослідних зразків. Перша серія включатиме випробування колон, підсилених при різних рівнях навантаження обоймою з однаковим армуванням, а саме 4Ø10 А400С. Друга – випробування колон, підсилених при одному рівні навантаження обоймою з різним армуванням, а саме 4Ø8, 4Ø10 та 4Ø12 А400С. Програмою передбачено випробування двох контрольних зразків без підсилення для визначення їх фактичної несучої здатності N_u . Відносно цього значення визначатимуться рівні навантаження, при яких виконуватиметься підсилення решти дослідних зразків. Програму випробувань наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Програма випробувань дослідних колон

Армування обойми Рівні навантаження підсилення	4Ø8 А400С	4Ø10 А400С	4Ø12 А400С
0.0 N_u		2 колони	
0.3 N_u		2 колони	
0.5 N_u		2 колони	
0.7 N_u	2 колони	2 колони	2 колони
0.9 N_u		2 колони	

Навести результати розрахунку у вигляді графіків всіх передбачених програмою колон є неможливо через обмежений обсяг даної статті, тому наведемо лише деякі з них. На рис. 3 та 4 зображено теоретичні графіки деформування перерізу контрольних зразків, а також зразків, підсилених під навантаженням 0.7 N_u^{teor} обоймою з арматурою 4Ø10 А400С. За несучу здатність контрольного зразка N_u^{teor} прийнято навантаження, за якого настає текучість розтягнутої арматури.

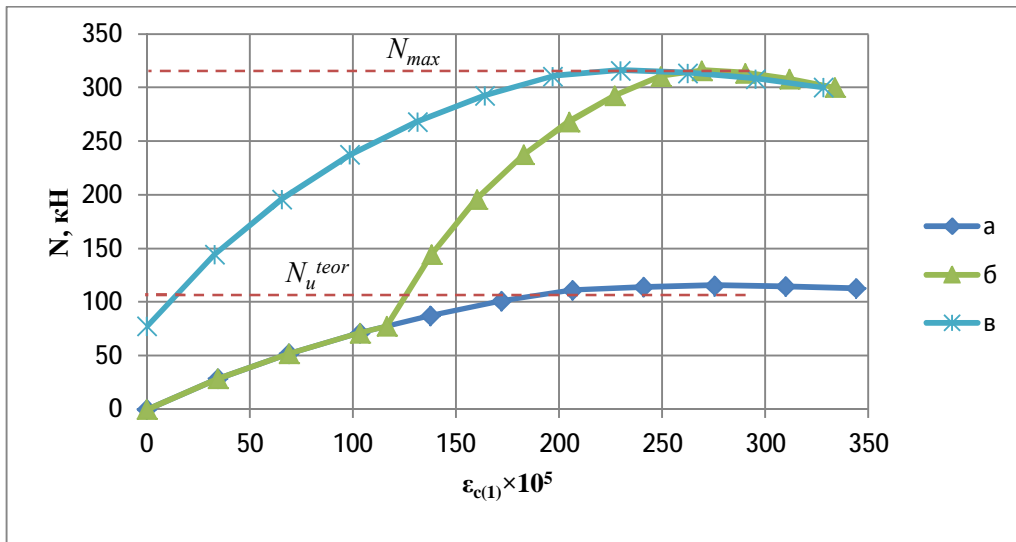


Рис. 3. Деформації крайньої стисненої фібри бетону:
 а – контрольного зразка; б – основного перерізу зразка, підсиленого під навантаженням $0.7N_u^{teor}$;
 в – перерізу обойми зразка, підсиленого під навантаженням $0.7N_u^{teor}$

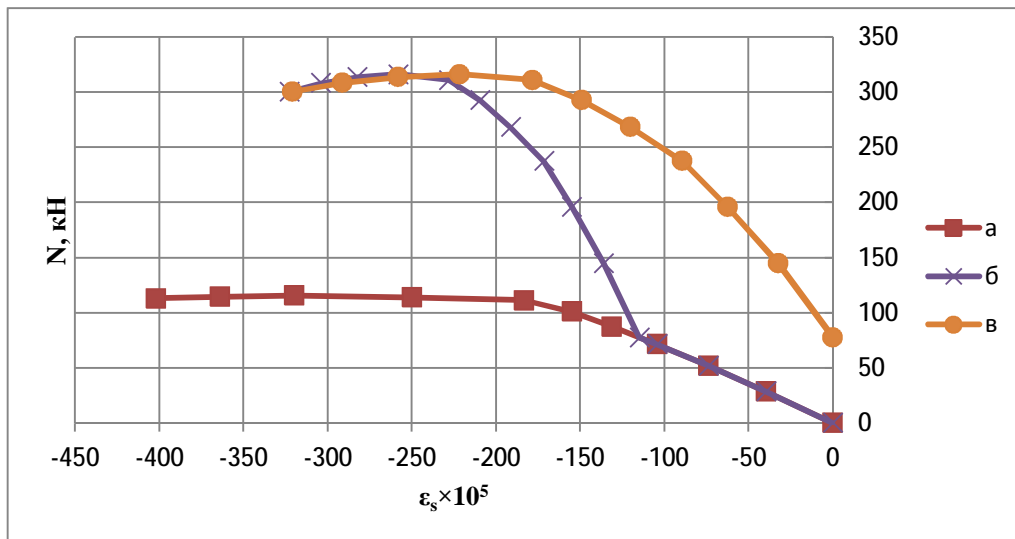


Рис. 4. Деформації розтягнутої арматури:
 а – контрольного зразка; б – основного перерізу зразка, підсиленого під навантаженням $0.7N_u^{teor}$;
 в – перерізу обойми зразка, підсиленого під навантаженням $0.7N_u^{teor}$

Таблиця 2

Результати розрахунку дослідних колон

Зразки		Навантаження N , кН		N_{max} , кН
		при $e_s = e_{s0}$ (основний переріз)	при $e_s^{ad} = e_{s0}$ (додатковий переріз)	
Контрольні		110,9	-	115,6
Підсилені	при рівні $0.0N_u^{teor}$	303,4	275,3	303,5
	при рівні $0.3N_u^{teor}$	309,3	298,9	309,4
	при рівні $0.5N_u^{teor}$	293,2	308,2	312,6
	при рівні $0.7N_u^{teor}$	240,7	309,7	316,4
	при рівні $0.9N_u^{teor}$	165,9	310,2	316,5

Числові значення розрахунку колон, підсилених обіймою з армуванням 4Ø10 А400С, зведено у табл. 2. В таблиці подано величини навантаження, за яких настає текучість розтягнутої арматури основного перерізу колони ($e_s = e_{s0}$), текучість розтягнутої арматури обійми ($e_s^{ad} = e_{s0}$), а також максимальне значення навантаження N_{max} відповідно до діаграм стану бетону, котрі подано на рис. 3.

Після експериментальних досліджень за описаною вище програмою планується порівняти отримані результати випробувань з розрахунковими та за необхідності уточнити запропоновану методику розрахунку.

Висновки

На основі розрахункових залежностей чинних норм [2] виведено рівняння для розрахунку напружено-деформованого стану стиснено-зігнутих колон, підсилених залізобетонною обіймою. Виконавши розрахунки за наведеною методикою, виконано планування експериментальних досліджень зразків стиснено-зігнутих колон, підсилених залізобетонною обіймою.

1. ДБН В 2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Текст]. – На заміну СНиП 2.03.01-84*. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с. 2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. [Текст]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с. 3. Бамбура А.М. До оцінки точності визначення несучої здатності гнучких позациентрово стиснених стійок за деформаційним методом [Текст] / А.М. Бамбура, В.В. Гічко // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. – 2012. – Вип. 76. – С. 512–517. 4. Бамбура А.М. Несуча здатність залізобетонних елементів кільцевого перерізу за спрощеними діаграмами деформування бетону та арматури [Текст] / А.М. Бамбура, О.В. Дорогова // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. – 2012. – Вип. 76. – С. 382–391. 5. Барашиков А.Я. Методика розрахунку залізобетонних конструкцій за деформаційною моделлю згідно з проектом нових норм України [Текст] / А.Я. Барашиков // Сучасне промислове та цивільне будівництво. – 2005. – Т. 1. № 1. – С. 13–18. 6. Жорняк Н.С. Блок-схема та алгоритм розрахунку міцності просторових перерізів залізобетонних елементів прямокутного профілю з подвійним армуванням при згині з крченням на основі деформаційної моделі [Текст] / Н.С. Жорняк, Е.Н. Клюка, С.І. Роговий // Ресурсозберігаючі технології в проектуванні, землевпорядкуванні та будівництві. Вісник КДУ імені Михайла Остроградського. – 2010. – Вип. 2 (61). Ч. 1. – С. 98–104. 7. Кочкаръов Д.В. Практичний розрахунок залізобетонних елементів на міцність за дії згинального моменту на базі ДБН В.2.6-98:2009 [Текст] / Д.В.Кочкаръов, В.І. Бабич // Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». – 2012. – Вип.103. – С. 46–57. 8. Основні положення розрахунку несучої здатності бетонних та залізобетонних конструкцій за національним нормативним документом дбн в.2.6.-98:2009 [Текст] / А.М. Бамбура, Ю.І. Немчинов, О.Б. Гурківський, М.С. Безбожна, О.В. Дорогова // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. – 2010. – Вип. 73. – С. 724–735. 9. Посібник із розрахунку міцності нормальних перерізів елементів залізобетонних конструкцій на основі нелінійної деформаційної розрахункової моделі [Текст] / С.І. Роговий. – Полтава: ПолтНТУ, 2004. – 40 с.