

менной строительной индустрии. Однако их высокое качество преимущественно объясняется наличием в составе большого количества импортных функциональных добавок, что не способствует массовому производству таких смесей отечественными предприятиями. Поэтому важнейшей задачей является обеспечение производителей ССС высокоэффективными добавками местного производства, что позволит существенно снизить дефицит эффективных строительных материалов, снизить энерго- и материалоемкость при строительстве, а также при реконструкции и ремонте зданий различного назначения.

1. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. – М.: Стройиздат, 1986. – 464 с.
2. Гипсовые материалы и изделия / Под ред. Ю.В.Гудкова. – М.: Стройиздат, 1989. – 212 с.
3. Ферронская А.В. Гипс в современном строительстве // Строительные материалы. – 1995. – № 2. – С.16-19.
4. Коровяков В.Ф. Сухие строительные смеси для полов // Стройпрофиль. – 2004. – №7. – С.42-45.
5. Рапина К.А. Виды многослойных стяжек на основе гипсовых вяжущих // Тез. докл. XXXIII науч.-техн. конф. ХНАГХ. Ч.2. – Харьков: ХНАГХ, 2006. – С.152-154.
6. Рапина К.А. Исследования твердения гипсовых вяжущих систем, применяемых для стяжки полов // Материалы к 45-у международному семинару по моделированию и оптимизации композитов – МОК'45. – Одесса: Астропринт, 2006. – С.129-130.
7. Коровяков В.Ф. Гипсовые вяжущие и их применение в строительстве // Химия современных строительных материалов. – 2003. – №4. – С.18-25.
8. Золотов М.С., Рапина К.А. Термодинамика твердения гипсовых вяжущих, используемых для устройства самонивелирующихся стяжек // Науковий вісник будівництва. Вип.45 – Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2008. – С.115-119.
9. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): Справочник / Под ред. А.В.Ферронской. – М.: АСВ, 2004. – 488 с.
10. Рунова Р.Ф., Носовський Ю.Л. Технологія модифікованих будівельних розчинів. – К.: КНУБіА, 2007. – 256 с.

*Получено 21.02.2008*

УДК 624.012.44

О.А.ШКУРУПІЙ, канд. техн. наук, О.В.СЕМКО, д-р техн. наук  
*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

## **РОЗРАХУНОК НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПОЗАЦЕНТРОВО СТИСНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОЛОН**

Розроблено методику визначення несучої здатності позациентрово стиснутих залізобетонних колон на основі деформаційної моделі (ДМ) з екстремальним критерієм міцності (ЕКМ) із застосуванням оптимізаційних та чисельних методів. За наведеною нижче методикою виконано обчислення несучої здатності позациентрово стиснутих залізобетонних колон з різними кінематичними умовами на кінцях. Результати розрахунків порівняно з методикою [1].

Бетони, гірські породи, чавуни та інші структурно неоднорідні матеріали утворюють групу, яку часто називають псевдопластичними матеріалами, що мають особливі механічні властивості. В бетоні стиснутої зони нормальних перерізів залізобетонних колон (ЗБК) в передграничному і граничному станах відбувається специфічний перерозподіл напружень, що супроводжується їх зниженням у найбільш деформованому шарі, поблизу стиснутої грані залізобетонних елементів (ЗБЕ), хоча деформації продовжують наростати. Розміщення бетону поблизу стиснутої грані залізобетонного елемента показано, наприклад, в експериментах [2] та ін. Відмічене розміщення (зниження напружень), характерне для структурно-неоднорідних (псевдопластичних) матеріалів, таких як бетони, гірські породи тощо. Для них характерний неоднорідний напружено-деформований стан (НДС). Розміщення обумовлено проявом низхідної гілки повної діаграми стиску (ПДС), що відображає процес зниження несучої здатності матеріалу, внаслідок наростання ступеня його зруйнованості.

Для урахування зниження напружень бетону в розрахунку міцності нормальних перерізів ЗБЕ та несучої здатності ЗБК необхідна ПДС з низхідною гілкою максимальної протяжності, оскільки наперед невідомо якої довжини її ділянка буде реалізована в конкретній задачі.

Необхідність удосконалення відомих ДМ у напрямі врахування достовірних залежностей реальної роботи матеріалів, механічних та геометричних характеристик тощо, відмічена у роботах [3,4] та ін.

ДМ з ЕКМ має значні переваги перед існуючими ДМ з емпіричним критерієм міцності. Вона враховує реальні діаграми роботи бетону й арматури, і дає можливість отримати граничні характеристики бетону нормального перерізу ЗБЕ та його міцність, завдяки врахуванню низхідної гілки ПДС бетону [4], а також визначити несучу здатність ЗБК. Методика [1] завищує несучу здатність позacentровано стиснутих колон внаслідок емпіричного підходу до вирішення цієї задачі, а також має розгалуження на випадок малих (МЕ) і великих (ВЕ) ексцентриситетів. Методика розрахунку міцності та несучої здатності на основі ДМ з ЕКМ має єдиний алгоритм і не потребує ніяких розмежувань на випадки МЕ і ВЕ.

Екстремальний характер ПДС бетону, що має строгий максимум (при умові нормально заармованого або переармованого ЗБЕ), обумовлює існування строгого максимуму залежності між зусиллям у перерізі  $F$  та деформацією стиснутої грані бетону  $\varepsilon_{bm}$  нормального перерізу ЗБЕ, що приводить до існування екстремального (оптимізаційного) критерію міцності нормального перерізу [3,4]

$$F(\varepsilon_{bm}, \dots) = \max \text{ при } \varepsilon_{bm} = \varepsilon_{bu}. \quad (1)$$

Повнота ДМ з ЕКМ обумовлює необхідність ретельного контролю значень усіх граничних параметрів ЗБК і особливо напруження в розтягнутій  $\sigma_s$  та стиснутій  $\sigma'_s$  арматурі, оскільки розрахункові залежності суттєво різняться в діапазонах її пружної та непружної роботи. Тому обмежений контроль параметрів може призвести до результатів, що не відповідають дійсності. На основі ДМ із ЕКМ і розробленої оптимізаційної методики [4] можна розв'язувати широке коло задач при розрахунку залізобетонних конструкцій (колон, балок, рам тощо).

Метою даної роботи є розрахунок несучої здатності позacentрово стиснутих залізобетонних колон на основі ДМ з ЕКМ із застосуванням оптимізаційних та чисельних методів і порівняння з методикою [1].

Дослідження обмежувалося задачею виявлення впливу процента армування, класу бетону та врахування різних кінематичних умов на кінцях колон при розрахунку міцності нормального перерізу позacentрово стиснутих залізобетонних колон та їх несучої здатності.

*Розрахункові положення*

1. Розглядаються ЗБК з арматурою, що має зчеплення з бетоном.
2. Розглядаються ЗБК прямокутної форми перерізу.
3. Розглядається граничний стан руйнування нормального перерізу, в якому за наявності розвиненої нормальної тріщини нехтуємо опором розтягнутого бетону над тріщиною у порівнянні з опором розтягнутої звичайної арматури  $A_s$ .

4. Розглядається пропорційне монотонно зростаюче навантаження перерізу згинаючим моментом  $M$  або поздовжньою силою  $N$ .

5. Граничний стан руйнування нормального перерізу розглядається як миттєвий, що визначається кінцевою комбінацією навантажень у момент досягнення критерію (1), коли в бетоні стиснутої зони складаються відповідно рівнянням механіки деформованого твердого тіла (МДТТ) і умові (1) розподіл напружень і деформацій, який не залежить від шляху завантаження і початкових напружень і деформацій. Незалежність від шляху завантаження справедлива і для арматури з фізичною межею текучості, що досягла останньої у стадії руйнування непереармованого перерізу. Для арматури з фізичною межею текучості, що перебуває в пружному стані у момент руйнування переармованого перерізу, а також для арматури з умовною межею текучості, знаходяться повні деформації  $\varepsilon_s$  або  $\varepsilon'_s$  (напруження  $\sigma_s$  або  $\sigma'_s$ ) від граничного навантаження  $F_u$ .

6. Приймається гіпотеза плоских перерізів, що дозволяє виразити через деформацію стиснутої грані бетону  $\epsilon_{bm}$  деформації стиснутої зони бетону на рівні її волокон з координатою  $\zeta$ , відлічуваною від нульової лінії деформацій і напружень (рис.1).

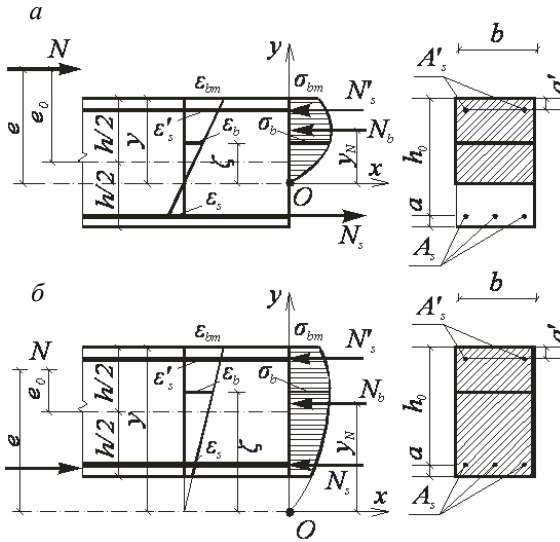


Рис.1 – Розрахункова схема ЗБЕ для випадків позacentрового стиску при великих (а) і малих (б) ексцентриситетах

Дана методика апробована для всіх співвідношень  $N-M$  серійних залізобетонних колон з різними поперечними перерізами та довжинами. Виявлені чіткі максимуми відхилення несучої здатності запропонованої методики від методики діючих норм [1]. Як правило, ці екстремуми розташовані на межі умовного переходу від випадків МЕ і ВЕ.

Наприклад, висота залізобетонних колон  $H = 7,2$  м, переріз і армування – див. рис.2. Характер закріплення колон розглядався двох типів: "шарнір - шарнір" ( $\mu = 1$ ) та "затиснення - шарнір" ( $\mu = 0,7$ ).

Несуча здатність ЗБК визначалась за таким алгоритмом:

1. З умови міцності нормального перерізу, за методикою ДМ з ЕКМ [4], обчислювали максимальне поздовжнє зусилля  $N_u$  з умови міцності нормального перерізу.

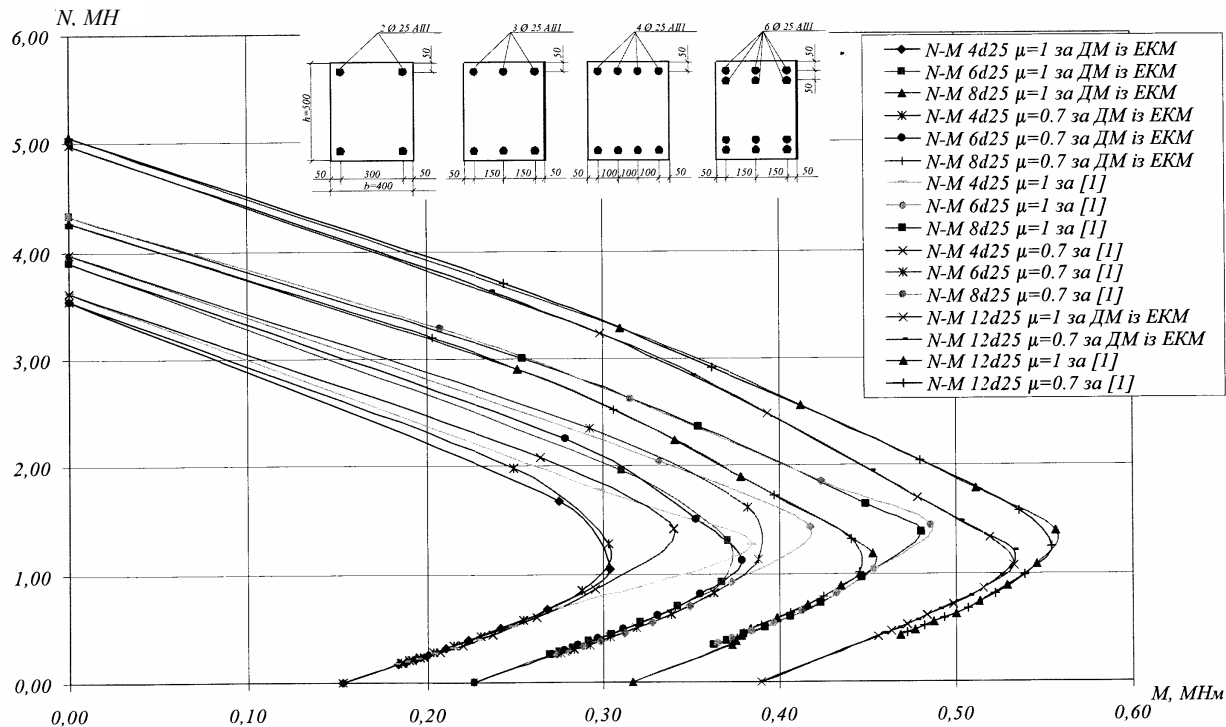


Рис.2 – Порівняння несучої здатності ЗБК, визначеної з використанням ДМ з ЕКМ та за методикою [1]

2. Урахування поздовжнього згину при вичерпанні несучої здатності виконували за методикою [1] за формулою

$$e = e_0 \cdot \eta, \quad (2)$$

де  $\eta = \frac{1}{1 - N_u / N_{cr}}$ .

Значення  $N_{cr}$  обчислювали за формулами (20) або (58) [1].

Порівняльні результати розрахунків несучої здатності таких колон за методикою ДМ з ЕКМ та [1] наведені на рис.2. Як видно з графіків, методика [1] завищує несучу здатність колон, максимальна відносна похибка досягає 26% (при малих відсотках армування). Різкі викривлення на графіках, одержаних за методикою [1] виникають на розмежуванні випадків МЕ і ВЕ, внаслідок емпіричного підходу в [1] до вирішення цієї задачі.

#### Висновки

1. ДМ з ЕКМ ґрунтується на рівняннях МТДТ, які враховують реальні діаграми роботи бетону й арматури і з урахуванням умови (1) дає можливість аналітично обчислити граничні характеристики бетону та міцність нормального перерізу ЗБК, завдяки врахуванню низхідної гілки ПДС бетону [4], а також визначити їх несучу здатність тощо.
2. Сукупність ДМ з ЕКМ та оптимізаційного розрахункового апарату на базі чисельних методів [4] дозволяє аналізувати повний комплекс граничних параметрів нормальних перерізів у стадії їх руйнування, виявляти пружний або пластичний стан роботи арматури в переармованих конструкціях.
3. Методика [1] завищує несучу здатність позacentровано стиснутих колон (рис.2) внаслідок емпіричного підходу до вирішення цієї задачі, а також має розгалуження на випадок МЕ і ВЕ. Методика розрахунку міцності та несучої здатності на основі ДМ з ЕКМ має єдиний алгоритм і не потребує ніяких розмежувань на випадки МЕ і ВЕ.
4. Для впровадження в практику методики на основі ДМ з ЕКМ розроблена програма для ПЕОМ, що дозволяє проводити повний аналіз граничних параметрів нормальних перерізів різної форми на широкому діапазоні міцності бетону з урахуванням повної діаграми роботи арматури.

1.СНиП 2.03.01–84. Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 79 с.

2.Дегтярев В.В., Гагарин К.А. Метод экспериментального определения напряжен-

ного состояния железобетонного сечения при изгибе // Труды ЦНИИС. Вып.70. – М.: Транспорт, 1969. – С. 67-71.

3.Митрофанов В.П., Арцев С.И. Предельная сжимаемость бетона нормальных сечений железобетонных элементов // Проблемы теории і практики залізобетону: Зб. наук. ст. – Полтава: ПДТУ, 1997. – С. 333-337.

4.Шкурупій О.А., Лазарев Д.М. Розрахунок міцності нормальних перерізів стиснутих залізобетонних елементів із застосуванням екстремального критерію // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Зб. наук. праць. Вип.14. – Рівне: НУВГП, 2006. – С. 374-381.

*Отримано 05.03.2008*

УДК 624.012

М.Ю.СМОЛЯНИНОВ

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

### **РАСЧЕТ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИЗГИБАЕМЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, УСИЛЕННЫХ ОБОЙМОЙ ИЗ АКРИЛОВОГО ПОЛИМЕРРАСТВОРА**

Приводятся результаты экспериментальных и теоретических исследований несущей способности железобетонных балок, усиленных обоймой из акрилового полимерраствора, при кратковременном статическом нагружении. Установлено, что с увеличением толщины обоймы до 9 мм несущая способность балок увеличивается до 72,4%.

При реконструкции зданий и сооружений очень часто возникает проблема усиления и восстановления железобетонных конструкций. На восстановление эксплуатационных качеств строительных конструкций расходуется от 40 до 80% общих затрат, предусмотренных на реконструкцию зданий и сооружений [3].

Одним из эффективных способов решения этой проблемы является усиление и восстановление несущей способности железобетонных элементов акриловыми композициями, использование которых характеризуется отсутствием сложных подготовительных процессов, значительным сокращением затрат материалов, трудовых ресурсов и сроков выполнения указанных работ [10, 11].

Методы расчета усиленных конструкций, особенно с учетом действительной работы материалов при различных видах нагружений изучены недостаточно. Исходя из этого работа является актуальной как с научной, так и с практической точек зрения.

В настоящее время накоплен значительный опыт использования полимерных композиций при ремонте, восстановлении и усилении железобетонных конструкций. Вопросам использования полимерных композиций для указанных выше целей посвящены работы В.Я.Барашикова, В.М.Бондаренко, М.С.Золотова, В.Г.Микульского,