

ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО  
УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ТА ПРОЕКТНИЙ ІНСТИТУТ  
СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ІМЕНІ В.М. ШИМАНОВСЬКОГО

**Яковенко Ігор Анатолійович**



УДК 624.012.045

**РОЗРАХУНОК ШИРИНИ РОЗКРИТТЯ ТРІЩИН  
ПОЗАЦЕНТРОВО СТИСНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ,  
ПІДСИЛЕНИХ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ**

05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2010

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному авіаційному університеті Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Колчунов Володимир Іванович,**  
Національний авіаційний університет,  
професор кафедри комп'ютерних технологій будівництва

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Семко Олександр Володимирович,**  
Полтавський національний технічний університет  
ім. Юрія Кондратюка,  
завідувач кафедри архітектури та міського будівництва

кандидат технічних наук  
**Гурківський Олександр Борисович,**  
Державне підприємство “Державний науково-дослідний  
інститут будівельних конструкцій”,  
завідувач лабораторією надійності залізобетонних конструкцій

Захист відбудеться «25» березня 2010 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради **К 26.857.01** у Відкритому акціонерному товаристві Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського за адресою: 02660, м. Київ, МСП–660, проспект Визволителів, 1.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Відкритого акціонерного товариства Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського за адресою: 02660, м. Київ, МСП–660, проспект Визволителів, 1.

Автореферат розісланий «12» лютого 2010 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради К 26.857.01  
д.т.н., с.н.с.



О. І. Голоднов

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Реконструкція будівель і споруд, в першу чергу із залізобетону, стала нагальною потребою сучасного будівництва. При цьому позацентрово стиснуті залізобетонні конструкції, що потребують підсилення при реконструкції, становлять суттєву частину загального обсягу конструкцій. Тим часом, методика розрахунку таких конструкцій за шириною розкриття тріщин практично не розроблена і розрахунки виконуються шляхом приведення до суцільного перерізу, що не дає можливості враховувати перерозподіл внутрішніх зусиль між різними бетонами.

Процеси тріщиноутворення та розвитку тріщин в елементах залізобетонних конструкцій – явища досить складні. Експериментальні дослідження позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій, підсилених при реконструкції, проведені лише в поодиноких випадках із обмеженою кількістю параметрів, що вивчаються. На сьогоднішній день відсутні фактичні дані про взаємні зсуви між різними бетонами у зонах, що прилягають до шва, мала кількість експериментальних даних про ширину розкриття тріщин уздовж усього їхнього профілю, відстані між тріщинами при перевірці багаторівневого процесу їхнього утворення, довжину тріщин по мірі збільшення навантаження при варіюванні армуванням й класом бетону. Наведені параметри є визначальними для аналізу опору областей, що прилягають до місць перетину тріщинами робочої арматури, де, як свідчать результати останніх досліджень, виникає деформаційний ефект.

Відсутність теоретичного обґрунтування й аналізу експериментальних даних змусило у свій час віддати перевагу емпіричним методам розрахунку, в тому числі за шириною розкриття тріщин, що вимагає безперервного трудомісткого й вартісного експериментування.

Останнім часом питання, пов'язані з дослідженням напружено-деформованого стану в околі тріщини, найбільш повно вивчені в механіці руйнування. Залучення до розрахунку ширини розкриття тріщин залізобетонних конструкцій інструментарію механіки руйнування, безумовно, дозволяє досягти помітного уточнення цього диференціального параметра, вимірюваного в дослідах за допомогою мікроскопа. Однак дотепер практично відсутні розробки, що встановлюють залежність традиційних параметрів залізобетону з новими елементами механіки руйнування. Пов'язані з цим ефекти мають потребу в з'ясуванні їхнього фізичного змісту, а виключення гіпотези суцільності матеріалу – основної гіпотези механіки твердого деформованого тіла – приводить до істотних ускладнень. Все це є серйозною перешкодою для підвищення вірогідності розрахунків відповідальних несучих конструкцій.

Звідси випливає, що проведення досліджень із детального вивчення ширини розкриття тріщин позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій, підсилених при реконструкції з урахуванням несцільності деформацій бетону, арматури та порушення суцільності матеріалу, є вельми **актуальною** задачею.

**Зв'язок з науковими програмами.** Дисертаційна робота виконана на кафедрі комп'ютерних технологій будівництва Національного авіаційного університету в рамках наукових досліджень кафедри по держбюджетній темі №6/10.01.02 "Новітні

технології реконструкції промислових та цивільних будівель та споруд аеропортів".

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є розробка методики розрахунку ширини розкриття тріщин позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій, підсилених при реконструкції, з урахуванням податливості шва між різними бетонами у вигляді умовного зосередженого зсуву, взаємних зсувів арматури, бетону, ефекту порушення суцільності для ефективного проектування залізобетонних конструкцій.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- на основі узагальнення й аналізу результатів експериментальних і теоретичних досліджень розробити практичний спосіб розрахунку ширини розкриття тріщин позацентрово стиснутих підсилених залізобетонних конструкцій з урахуванням податливості шва між різними бетонами у вигляді умовного зосередженого зсуву, ефекту порушення суцільності, що дозволяє збільшити його точність у порівнянні з існуючими способами;

- розробити методику і виконати експериментальні дослідження з визначенням основних параметрів, пов'язаних із шириною розкриття, рівнями появи тріщин і деформаціями старого і нового бетонів, арматури та за результатами їхнього аналізу провести перевірку запропонованого розрахункового апарату з уточненого визначення ширини розкриття тріщин позацентрово стиснутих підсилених залізобетонних конструкцій з урахуванням податливості шва між різними бетонами у вигляді умовного зосередженого зсуву, ефекту порушення суцільності;

- провести чисельні дослідження оцінки впливу основних розрахункових параметрів на відстань між тріщинами й ширину розкриття тріщин складених позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій за запропонованим способом розрахунку та виконати їхній аналіз;

- виконати порівняльну оцінку запропонованого способу розрахунку з експериментальними даними й існуючими способами розрахунку ширини розкриття тріщин позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій, підсилених при реконструкції;

- впровадити отримані результати при вирішенні практичних задач.

**Об'єкт дослідження** – залізобетонні конструкції промислових та цивільних будівель і споруд.

**Предмет дослідження** – ширина розкриття тріщин позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій, підсилених при реконструкції.

**Методи дослідження** – використовується експериментально-теоретичний метод; у теоретичних і чисельних дослідженнях, які виконані в роботі, використані загальні методи механіки деформівного твердого тіла, теорії залізобетону та механіки руйнування.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в наступному:

- вперше розроблено двоконсольний елемент (ДКЕ) у зонах, що прилягають до тріщин стосовно до розрахунку позацентрово стиснутих підсилених залізобетонних конструкцій, що дозволяє сполучити залежності механіки руйнування із традиційними параметрами опору залізобетонних конструкцій після порушення їхньої суцільності;

- вперше запропоновано розрахункову схему на підставі аналізу побудованого

ДКЕ для розкриття статичної невизначеності задачі позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій, підсилених при реконструкції після порушення їхньої суцільності, що дозволяє істотно уточнити практичний розрахунок ширини розкриття тріщин;

– отримані рівняння, що пов'язують нові розрахункові параметри із традиційними параметрами опору залізобетону, при цьому встановлено, що защемлення ДКЕ при розкритті тріщини повертаються на додаткові кути;

– розроблено нову методику розрахунку й отримані залежності для визначення відстані між тріщинами та ширини їх розкриття у позацентрово стиснутих підсилених залізобетонних конструкціях з урахуванням податливості шва між різними бетонами у вигляді умовного зосередженого зсуву, ефекту порушення суцільності та відносних умовних зосереджених взаємних зсувів бетону й арматури, що базується на традиційних передумовах теорії залізобетону та положеннях механіки руйнування і дозволяє помітно наблизити ці найважливіші розрахункові параметри до дійсних значень;

– розроблена методика й проведені експериментальні дослідження ширини розкриття тріщин підсилених залізобетонних позацентрово стиснутих елементів із визначенням ширини розкриття тріщин уздовж усього їхнього профілю, відстані між тріщинами (при перевірці багаторівневого процесу тріщиноутворення) й довжини тріщин за мірою збільшення навантаження, що дає змогу перевірити розроблений спосіб розрахунку для ефективного проектування позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій, підсилених при реконструкції.

**Висока вірогідність отриманих результатів** підтверджується чисельним факторним та порівняльним аналізом, виконаним за розробленою методикою та покладеними в її основу передумовами і формулами, в широкому діапазоні зміни армування, рівня попереднього напруження, класу бетону, ексцентриситету, форми й розмірів поперечного перерізу, товщини захисного шару дослідних зразків, що впливають на ширину розкриття тріщин позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій, підсилених при реконструкції.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає в тому, що розроблена методика дозволяє забезпечити високу точність розрахунку підсилених залізобетонних конструкцій за шириною розкриття тріщин та ефективність прийнятих проектних рішень при підсиленні залізобетонних конструкцій при реконструкції.

**Впровадження результатів роботи.** Результати дисертаційної роботи використані при розробці ДСТУ "Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого трьохкомпонентного бетону. Правила проектування" та реконструкції ЗАТ «Вінницький сиркомбінат», а також використовуються у навчальному процесі Національного авіаційного університету при вивченні дисциплін "Залізобетонні та кам'яні конструкції", "Реконструкція будівель та споруд аеропортів" для студентів, які навчаються за спеціальністю "Промислове та цивільне будівництво".

**Особистий внесок здобувача.** Здобувачем самостійно отримані наступні результати:

– практична методика й алгоритми розрахунку відстані між тріщинами та ширини їхнього розкриття у позацентрово стиснутих підсилених залізобетонних конструкцій з урахуванням податливості шва між різними бетонами у вигляді

умовного зосередженого зсуву, ефекту порушення суцільності й відносних умовних зосереджених взаємних зсувів бетону й арматури;

– методика та результати експериментальних досліджень ширини розкриття тріщин залізобетонних підсилених позацентрово стиснутих елементів з визначенням ширини розкриття тріщин уздовж усього профілю тріщин, а також відстані між тріщинами при перевірці багаторівневого процесу їхнього утворення та довжини;

– результати чисельних досліджень із використанням зібраного банку дослідних даних залізобетонних конструкцій, випробуваних при позацентровому стиску в широкому діапазоні зміни армування, рівня попереднього напруження, класу бетону, ексцентриситету, форми й розмірів поперечного перерізу, товщини захисного шару дослідних зразків, які показали ефективність запропонованої методики розрахунку;

– результати оцінки ефективності та точності розрахункових і дослідних значень ширини розкриття тріщин.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення дисертації доповідались на Науково-технічній конференції “Проектування, будівництво та експлуатація аеропортів” (Київ, НАУ, 2005), на Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель» (Київ, ВАТ «КиївЗНДІЕП», 2006), на Міжнародній науково-технічній конференції “АВІА-2006” (Київ, НАУ, 2006), на Міжнародній науково-практичній конференції “Аеропорти - вікно в майбутнє” (Київ, НАУ, 2008), на Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія й практика містобудування в Україні. Перспективи й пріоритети розвитку» (Луцьк, 28-30 травня 2009р), на Міжнародній науковій конференції «Механіка розрушення бетону, железобетона и других строительных материалов» (Санкт-Петербург, СПбГАСУ, 1-3 жовтня 2009р.).

**Публікації.** Основні положення дисертаційної роботи опубліковано у 9 наукових працях, у тому числі в 7 наукових статтях у спеціалізованих фахових виданнях, внесених до переліку ВАК України та 2 патентах України на корисну модель.

**Структура і обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 184 найменувань, 2 додатків. Загальний обсяг роботи – 143 сторінки, 37 повних сторінок з рисунками і таблицями, 21 сторінок списку використаних джерел. Робота містить 6 таблиць, 66 рисунків, 10 сторінок додатків.

## ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** викладена загальна характеристика роботи, яка включає актуальність, зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, мету, задачі, характеристики об'єкта і предмета дослідження, методи дослідження, наукову та практичну цінність результатів роботи, відомості про впровадження й апробацію результатів досліджень, особистий внесок здобувача, характеристику публікацій, структуру і обсяг дисертації.

**У першому розділі** виконано аналіз результатів досліджень і методів розрахунку ширини розкриття тріщин позацентрово стиснутих залізобетонних

конструкцій, у тому числі з позиції механіки руйнування, які систематизовані в основні групи, а також сформульовані завдання подальших досліджень.

Розвиток тріщин у залізобетонних конструкціях – явище досить складне, залежить від багатьох факторів, які у низці випадків протилежно впливають на досліджувану ширину розкриття тріщин.

Вивченню ширини розкриття тріщин у залізобетонних конструкціях присвячені дослідження О. Я. Берга, В. М. Бондаренка, П. Ф. Вахненка, О. О. Гвоздева, О. Б. Голишева, Е. І. Заздравних, О. С. Залесова, Ю. А. Іващенко, М. І. Карпенка, В. І. Колчунова, Я. В. Коритнюка, В. О. Кротова, Г. А. Молодченка, О. Л. Морина, М. М. Муліна, Л. А. Мукминова, В. І. Мурашова, Я. М. Немировського, О. О. Оатула, Е. Г. Портера, О. В. Семка, Ф. Г. Томаса, М. З. Торяника, В. Ф. Усманова, Л. В. Фалєєва, В. С. Федорова, М. М. Холмянського, В. П. Чайки, Б. Ш. Шамуратова, І. Ю. Шаракаускаса та ін.

Більшість відомих пропозицій за розрахунками ширини розкриття тріщин ґрунтуються на передумовах теорії В. І. Мурашова (перша група), на емпіричних залежностях (друга група), пропозиціях О. Я. Берга, в основу яких покладена "зона взаємодії" арматури й бетону (третья група), гіпотезі Томаса-Голишева про нагромадження відносних взаємних зсувів арматури й бетону (четверта група).

Багато уваги останнім часом приділяється дослідженням, що розвивають методи механіки руйнування стосовно до залізобетонних конструкцій – школа Хіллерборга (Швеція), школа Шаха (США), роботи, виконані А. А. Ашрабовим, С. Ю. Богдан, П. І. Васильєвим, Ю. В. Зайцевим, В. І. Колчуновим, Є. М. Морозовим, В. В. Панасюком, В. О. Пахомовим, Є. М. Пересипкиним, Л. П. Трапезниковим, Г. П. Черепановим, В. М. Чубриковим та ін. Залучення до розрахунку ширини розкриття тріщин залізобетонних конструкцій інструментарію механіки руйнування, безумовно, дозволяє досягти помітного уточнення цього диференціального параметра, який вимірюється в досліді за допомогою мікроскопа.

Чисельна реалізація такої моделі ускладнена недостатнім вивченням деяких важливих характеристик процесу тріщиноутворення бетону, й практично всі відомі методи за розрахунками ширини розкриття тріщин не враховують ефекти, що виникають у залізобетонному елементі після порушення його суцільності.

В роботах В. М. Бондаренка звернена увага на досить істотні ефекти напружено-деформованого стану, що відбуваються в залізобетоні в результаті порушення його суцільності. Запропонований ДКЕ механіки руйнування стосовно до залізобетону, що дозволив знайти його функцію податливості з визначення швидкості вивільнення енергії. Однак, розрахункові залежності, отримані з функціонала механіки руйнування, досить громіздкі й для їхнього практичного використання необхідні відповідні спрощення.

Для центрально розтягнутих і позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій такі спрощення на базі методів будівельної механіки виконані в Московському державному університеті шляхів сполучень (МДУШС).

Розвиток цих пропозицій, стосовно до розрахунку ширини розкриття тріщин позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій, підсилених при реконструкції, відображено у **другому розділі**. ДКЕ, вирізаний методом перерізів разом із тріщиною, матиме вигляд, який наведено на рис. 1.

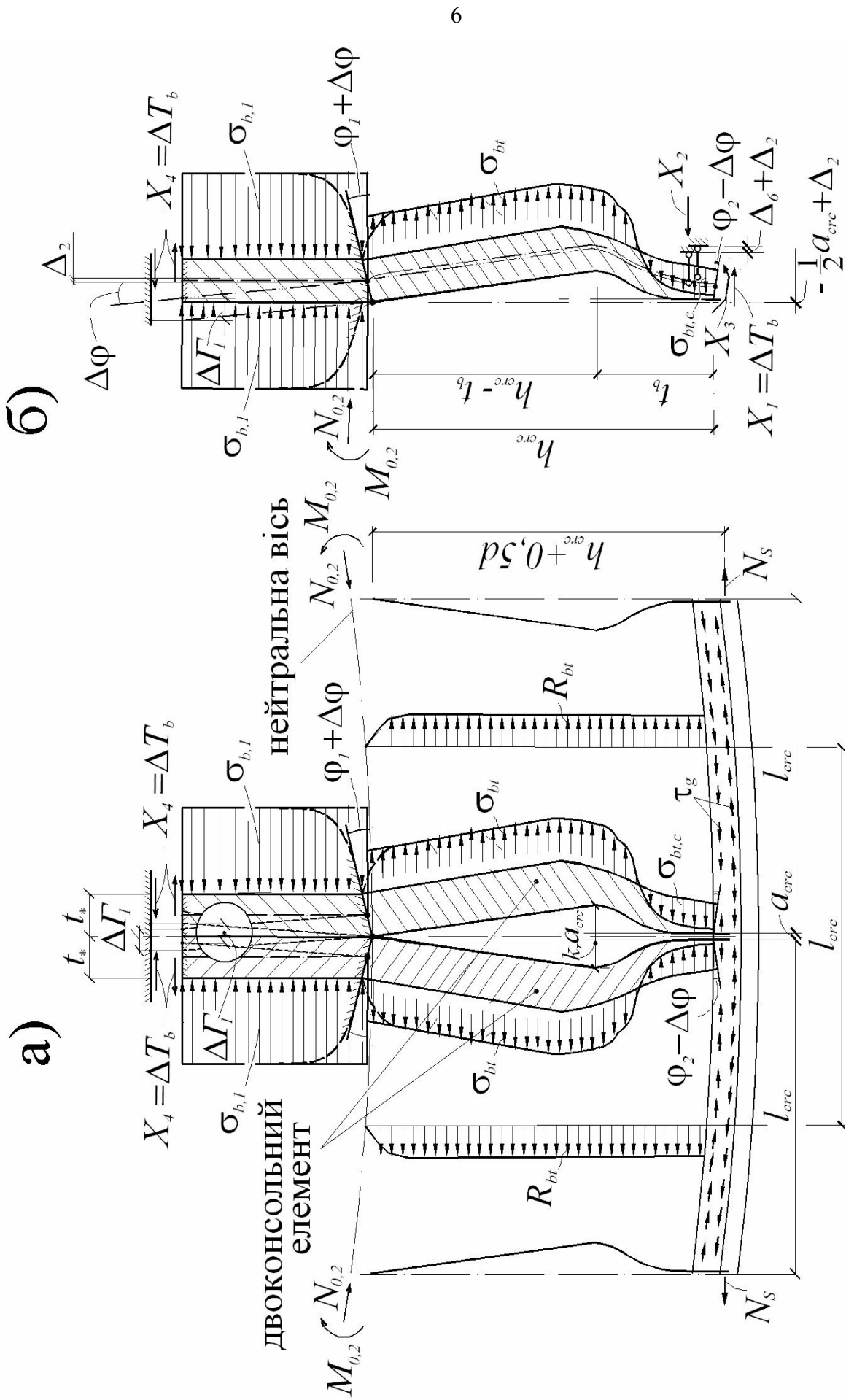


Рис. 1. До реалізації залежностей механіки руйнування позцентрово стиснутих залізобетонних конструкцій, підсилених при реконструкції: *a* – характерні епюри напружень у бетоні та вирізання спеціального ДКЕ в околі тріщини; *б* – до розрахунку податливості консолі



Фактичний розподіл розтягуючих напружень близький до прямокутника. Розподіл стискаючих напружень у цих же перерізах (на ділянках, що прилягають до арматури) для практичних розрахунків приймається по трикутнику.

Податливість ДКЕ й питома енергія розвитку тріщини  $\xi_{bu}$  поєднуються між собою через залежність механіки руйнування:

$$\xi_{bu} = \lim_{\delta A \rightarrow 0} \left( \frac{\delta W - \delta V}{\delta A} \right) = \frac{dW}{dA} - \frac{dV}{dA}, \quad (1)$$

де  $\delta V$  і  $\delta W$  — зменшення потенційної енергії тіла і додаткова робота, що виникає в тілі при просуванні тріщини на збільшення  $\delta A$  відповідно;  $A$  — площа поверхні тріщини, що утворилася.

Таким чином, ДКЕ використовується як сполучна ланка між залежностями механіки твердого деформованого тіла й механіки руйнування. Його спрощення, стосовно позacentрово стиснутих підсилених залізобетонних конструкцій, стало можливим внаслідок того, що в експлуатаційній стадії висота тріщин практично не змінюється. Це дозволяє використовувати звичайні методи будівельної механіки. Проте побудова розрахункової схеми (рис. 2) для визначення зусиль у зоні, яка прилягає до тріщини (аналогічної ДКЕ в механіці руйнування), є досить складним завданням. Необхідно врахувати, крім розподіленого навантаження інтенсивністю  $\sigma_{bt} = \chi R_{bt}$ , деформаційні впливи, пов'язані з розкриттям тріщини, а також специфіку опору бетону в навколоарматурній зоні при розкритті тріщини, що обумовлена ефектом порушення суцільності.

При цьому деформаційні впливи (рис. 2)  $\Delta_2$  виникають у ДКЕ при зсуві поздовжньої геометричної осі консолі, який викликаний деформаціями вкорочення від поздовжньої стискаючої сили на нейтральній осі, у перерізі залізобетонного елемента, що проходить по тріщині; а  $\Delta_3$  і  $\Delta_6$  — обумовлені розкриттям тріщини на рівні осі арматури та у місці максимального розкриття, що дорівнюють половині (внаслідок симетрії) цих значень. У роботі розглянуті особливості кутових переміщень  $\varphi_1$ ,  $\varphi_2$ ,  $\Delta\varphi$ , які зв'язують ширину розкриття тріщин і деформативність позacentрово стиснутих залізобетонних конструкцій. На підставі теореми про взаємність робіт, робота сил дійсного стану (рис.2, в) на переміщеннях першого одиничного стану (рис. 2, г) дорівнює роботі сил першого одиничного стану на переміщеннях дійсного стану:

$$X_1 \delta_{11} + X_2 \delta_{21} + X_3 \delta_{31} + A_{P1} = (-\Delta_3 + \Delta_2) - \Delta_2 - h_{crc} \cdot (\varphi_1 + \Delta\varphi). \quad (2)$$

З урахуванням того, що  $\delta_{21} = \delta_{12}$ ,  $\delta_{31} = \delta_{13}$ ,  $\delta_{32} = \delta_{23}$ ,  $A_{P1} = A_{1P} = 1 \cdot \Delta_{1P}$ ,  $A_{P2} = A_{2P} = 1 \cdot \Delta_{2P}$ ,  $A_{P3} = A_{3P} = 1 \cdot \Delta_{3P}$ ,  $A_{P4} = A_{4P} = 1 \cdot \Delta_{4P}$  рівняння (2) та інші йому подібні набувають звичайний вид канонічних рівнянь методу сил:

$$\begin{cases} X_1 \delta_{11} + X_2 \delta_{12} + X_3 \delta_{13} + \Delta_{1P} - (-\Delta_3 + \Delta_2) + \Delta_2 + h_{crc} \cdot (\varphi_1 + \Delta\varphi) = 0; \\ X_1 \delta_{21} + X_2 \delta_{22} + X_3 \delta_{23} + \Delta_{2P} - (\Delta_6 + \Delta_2) + \Delta_2 + (h_{crc} - t_b) \cdot (\varphi_1 + \Delta\varphi) = 0; \\ X_1 \delta_{31} + X_2 \delta_{32} + X_3 \delta_{33} + \Delta_{3P} + (\varphi_2 - \Delta\varphi) + (\varphi_1 + \Delta\varphi) = 0; \\ X_4 \delta_{44} = 1 \cdot (-\Delta\Gamma_1) - 1 \cdot \Delta_2 + (x_{crc} - h_{b,1}) \cdot \Delta\varphi. \end{cases} \quad (3)$$



$$\Delta\Gamma_1 = \varepsilon_n \cdot t_* = \left[ -\frac{N_{0,2} + \Delta T_b}{E_{b,2}(\lambda)A_{b,2,red}} + \frac{(x_{crc} - h_{b,1})}{\rho} \right] \cdot t_*;$$

$$\Delta\Gamma_2 = \varepsilon_e \cdot t_* = \left[ -\frac{N_{0,1} + \Delta T_b}{E_{b,1}(\lambda)A_{b,1,red}} + \frac{0,5h_{b,1}}{\rho} \right] \cdot t_*,$$

де  $\Delta T_b = \tau_m \cdot t_*$ ;  $\tau_m = 0,5(\tau_{max} + \tau_1)$ ;  $\tau_1 = \frac{\xi \cdot \Delta}{\lambda} \cdot \frac{sh\lambda(0,5l_{crc} - t_*)}{ch\lambda \cdot 0,5l_{crc}}$ ;

$$\Delta = -\frac{N_{0,1}}{E_{b,1}(\lambda)A_{b,1}} + \frac{N_{0,2}}{E_{b,2}(\lambda)A_{b,2}} - \frac{(x_{crc} - 0,5h_{b,1})}{\rho};$$

$$\lambda = \sqrt{\xi\gamma} = \sqrt{\xi \left[ \frac{1}{E_{b,1}(\lambda)A_{b,1}} + \frac{1}{E_{b,2}(\lambda)A_{b,2}} \frac{(x_{crc} - 0,5h_{b,1})^2}{M \cdot \rho} \right]},$$

де  $\xi$  – податливість шва, що визначається на підставі експериментальних досліджень складених призм.

У результаті розкривається статична невизначеність залізобетонного елемента після порушення суцільності бетону. Після цього (з використанням залежностей зчеплення) відшукуються деформації арматури і бетону в довільному перерізі з координатою  $x$ . В основу розрахунку покладено робочі передумови, підтверджені експериментально. Визначальними з них є:

1) для середніх деформацій бетону та арматури вважається справедливою гіпотеза плоских перерізів; напруження в бетоні й арматурі визначаються з використанням білінійних діаграм  $\sigma - \varepsilon$ ;

2) утворення тріщин відбувається після досягнення крайніми розтягнутими волокнами бетону граничних деформацій; у процесі навантаження виділяється кілька рівнів тріщиноутворення; в експлуатаційній стадії висота тріщин практично не змінюється; відстані між тріщинами наступного рівня є меншими або дорівнюють половині відстані між тріщинами попереднього рівня;

3) зв'язок між напруженнями зчеплення  $\tau$  і відносними умовними зосередженими взаємними зсувами бетону та арматури  $\varepsilon_g(x)$  (рис. 3) на відстані двох діаметрів арматури від поверхні контакту приймається у вигляді:  $\tau(x) = G\varepsilon_g(x)$ , де  $G$  – умовний модуль деформацій зчеплення арматури з бетоном;

4) розкриття тріщин – накопичення відносних умовних зосереджених взаємних зсувів арматури та бетону на ділянках, які розташовані з двох сторін від тріщини (рис. 3);

5) враховується депланація бетону в перерізі з тріщиною в залежності від відстані поверхні контакту з арматурою.

З рис.3 випливає, що відносні взаємні зсуви арматури і бетону визначаються із залежності:

$$\varepsilon_g(x) = \varepsilon_s(x) - \varepsilon_{bt}(x), \quad (4)$$

де  $\varepsilon_s(x)$  й  $\varepsilon_{bt}(x)$  – відповідно відносні деформації арматури і бетону в перерізі  $x$ .

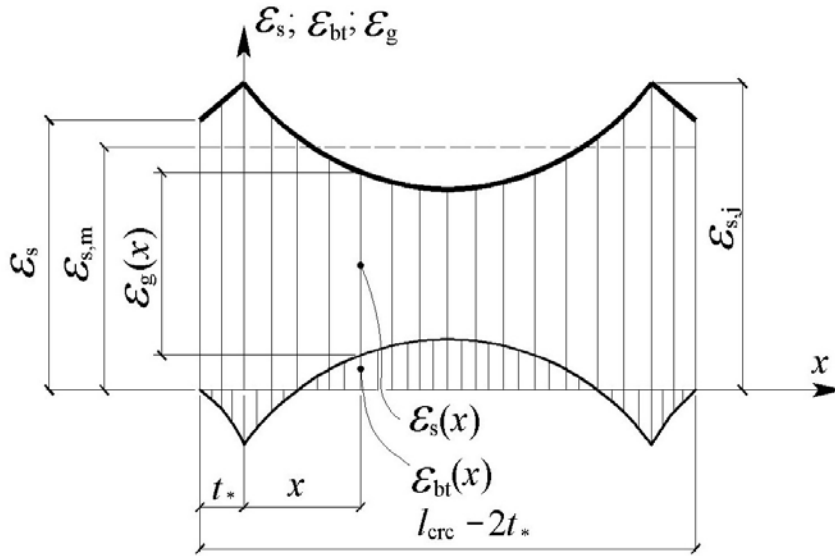


Рис. 3. Епюри деформацій бетону  $\varepsilon_{bt}(x)$ , арматури  $\varepsilon_s(x)$  і їх відносних взаємних зсувів  $\varepsilon_g(x)$  на ділянках між тріщинами у позациентрово стиснутих залізобетонних елементах

Після диференціювання залежності (4) одержимо:

$$\frac{d\varepsilon_g(x)}{dx} + B\varepsilon_g(x) = \frac{\delta}{t}Q. \quad (5)$$

Рішення неоднорідного диференціального рівняння першого порядку (5) має вигляд:  $\varepsilon_g(x) = C \cdot e^{-Bx} + \frac{\delta \cdot Q}{t \cdot B}$ .

Постійну інтегрування  $C$  знаходимо із граничної умови, у відповідності з якою, при  $x=0$ ,  $\varepsilon_g(x) = \varepsilon_s + \frac{\Delta T}{E_s A_s} - \frac{\sigma_{bt,c}}{\nu_b E_b}$ ;  $\varepsilon_{bt}(x) = -\frac{\sigma_{bt,c}}{\nu_b E_b}$ ; при цьому розподіл напружень у бетоні між тріщинами описується у вигляді однієї елементарної функції.

Тоді

$$\varepsilon_g(x) = \left( \varepsilon_s + \frac{\Delta T}{E_s A_s} - \frac{\sigma_{bt,c}}{\nu_b E_b} - \frac{\delta \cdot Q}{t \cdot B} \right) \cdot e^{-Bx} - \frac{\delta \cdot Q}{t \cdot B};$$

$$\varepsilon_{bt}(x) = (1-K)k_r \left[ B_3(1 - e^{-Bx}) + \frac{\delta Q}{t} \right] - \frac{\sigma_{bt,c}}{\nu_b E_b} - \frac{\delta Q k_r}{t} x, \quad (6)$$

де  $B$  – параметр зчеплення арматури з бетоном, що залежить від периметра поперечного перерізу арматури, модуля зчеплення, параметра  $K$ , площі й модуля пружності арматури;  $\frac{1}{K} = 1 + \delta \frac{\mu \alpha \cdot Z}{0,32h_0(\gamma - \xi)(\gamma + 0,03\xi)}$ ;  $\xi = \frac{x}{h_0}$ ;  $\gamma = \frac{h}{h_0}$ ;  $\alpha = \frac{E_s}{E_b}$ ;

$$\mu = \frac{A_s}{b \cdot h_0}; \quad \delta = \frac{1 - \xi}{\gamma - \xi}.$$

Із другої передумови, враховуючи (6), маємо:  $l_{crc} = \frac{2(\ln B_4 - Bt_*)}{-B}$ , (7)

де  $B_2 = \frac{\delta Q}{t \cdot B}$ ;  $B_3 = \varepsilon_s + \frac{\Delta T}{E_s A_s} - \frac{\sigma_{bt,s}}{\nu_b E_b} - B_2$ ;  $B_4 = 1 + \frac{\sigma_{bt,c}}{(K-1)k_r B_{3,*} \nu_b E_b} + \frac{\varepsilon_{bt,u}}{B_{3,*} k_r (K-1)}$ . (8)

Відстань між тріщинами є найважливішим параметром, необхідним для визначення ширини розкриття тріщин у залізобетонних конструкціях. Виділяється не один, а декілька рівнів тріщиноутворення. Процес триває до моменту руйнування. Поява нового рівня тріщиноутворення відповідає рівню навантаження, при цьому дотримується наступна нерівність:

$$l_{crc,i} \leq 0,5l_{crc,i-1}. \quad (9)$$

Інтегрування відносних взаємних зсувів бетону й арматури  $\varepsilon_g(x)$  з двох сторін ділянки (рис. 3) дозволяє на підставі четвертої передумови визначити ширину розкриття тріщин:

$$a_{crc} = 2 \int_0^{t_*} \varepsilon_g(x_1) dx_1 + 2 \int_0^{0,5l_{crc} - t_*} \varepsilon_g(x) dx. \quad (10)$$

Після інтегрування одержуємо:

$$a_{crc} = -\frac{2\Delta T k_r}{G} + \frac{2B_3 k_r}{B} (1 - e^{-B \cdot (0,5l_{crc} - t_*)}) + 2B_2 k_r (0,5l_{crc} - t_*). \quad (11)$$

Залежності (8) – (11) враховують вплив ряду важливих факторів, серед яких: деформації арматури в перерізі з тріщиною, параметри зчеплення  $B$  арматури з бетоном, геометричні характеристики перерізу, бетону та арматури, деформаційний ефект (виникає в залізобетонному елементі після порушення суцільності), відносні умовні зосереджені взаємні зсуви бетону, арматури та, у необхідних випадках, вплив поперечної сили  $Q$ .

При виконанні практичних розрахунків ширину розкриття тріщин, яку обчислено за формулою (11), необхідно помножити на коефіцієнти  $k_r$  (враховує депланацію бетону в перерізі з тріщиною),  $\varphi_l$  та  $\eta$  – тривалості дії навантаження й профілю поверхні арматури, відповідно.

Отже, загальний алгоритм розрахунку зводиться до наступного:

1. Визначаються відповідно до розробленої методики параметри напружено-деформованого стану розрахункового перерізу.
2. Визначається функціональне значення  $l_{crc}$  за формулою (7). Потім з нерівності (9) знаходиться рівневе значення  $l_{crc}$ .
3. За формулою (11) обчислюється значення  $a_{crc}$  при рівневому значенні  $l_{crc}$ .
4. Розрахунок повторюється до моменту досягнення необхідної похибки для переміщень в ітераційному процесі.

Таким чином, зберігаючи традиційний підхід при визначенні напружень арматури в перерізі з тріщиною позацентрово стиснутого залізобетонного елемента, параметри розрахункової моделі наповнюються новим змістом, що включає елементи механіки руйнування після порушення суцільності бетону та неспільність деформацій бетону, арматури, і дозволяють пояснити багато визначених у експериментах явищ, які відбуваються при опорі залізобетону силовим і деформаційним впливам.

**Третій розділ** присвячено експериментальним дослідженням позацентрово стиснутих підсилених залізобетонних конструкцій, які проводилися з метою

визначення основних параметрів, необхідних для розрахунку ширини розкриття тріщин з позиції механіки руйнування, їхнього аналізу на різних стадіях навантаження та перевірки запропонованого розрахункового апарату для ефективного проектування таких конструкцій.

Програма досліджень включала лабораторні випробування шести серій залізобетонних зразків при варіюванні армуванням і класом підсиленого бетону стиснутої зони (табл. 1).

Таблиця 1

### Обсяг, серії та характеристики основних експериментальних зразків

№ серії	Шифр зразка	Кількість зразків	Кількість діаметрів та клас робочої арматури	$h$ , мм	$b$ , мм	$l$ , м	Висота першого шару бетону, мм	Висота другого шару бетону, мм	Клас першого шару бетону	Клас другого шару бетону
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I	IB30u	2	2ØA400C	250	100	1,2	250	–	V30	V30
II	IIВ30	2	4ØA400C	250	100	1,2	250	–	V30	V30
III	IIIВ 30-30u	2	2ØA400C	250	100	1,2	210	40	V30	V30
IV	IVВ 30-30	2	4ØA400C	250	100	1,2	180	70	V30	V30
V	VB 30-40	2	4ØA400C	250	100	1,2	180	70	V30	V40
VI	VIB 30-20	2	4ØA400C	250	100	1,2	180	70	V30	V20

Основним параметром, за яким проводилися спостереження в експерименті, була відстань між тріщинами та ширина розкриття тріщин. Досить інформаційними щодо цього можна розглядати картини тріщин, відображених під час експерименту на спеціальних планшетах (рис. 4).

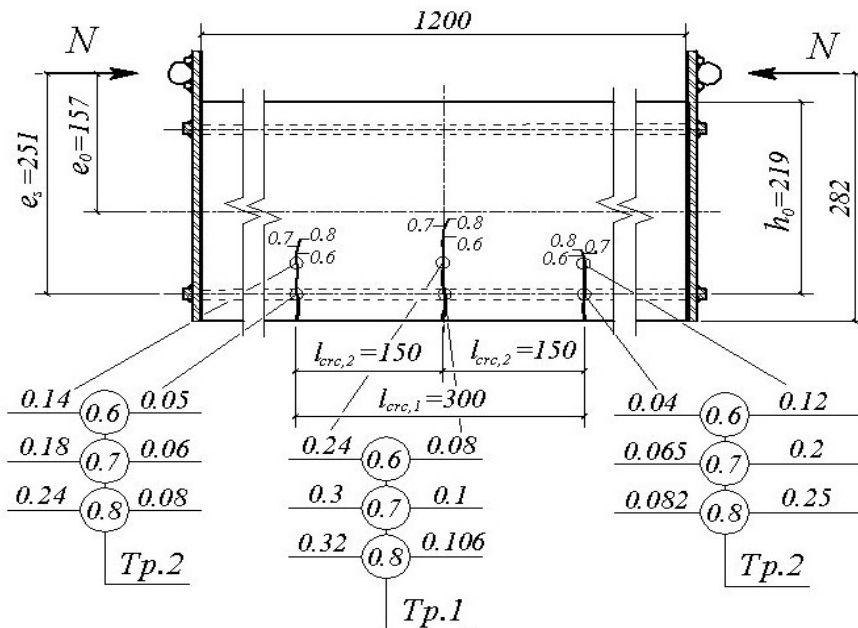


Рис. 4. Схема ширини розкриття нормальних тріщин і відстані між ними для зразка третьої серії IIIВ30-30u

Аналіз показує, що кількість робочих арматур впливає на ширину розкриття тріщин. Так, зі зменшенням кількості робочих арматур з 4Ø12A400C (відсоток армування – 2,17) до 2Ø12A400C (відсоток армування – 1,133), ширина розкриття тріщин збільшується в 1,5 рази.

Встановлено для всіх серій зразків, що ширина розкриття нормальних тріщин на рівні осі арматури в кілька разів менша, ніж на відстані двох-трьох діаметрів арматури від цієї осі (рис. 4).

Таким чином, арматура стримує розкриття тріщини, протидіє розкриттю її берегів, внаслідок чого виникає деформаційний ефект, пов'язаний з порушенням суцільності бетону.

У четвертому розділі акцентується увага на вивчення впливів основних розрахункових параметрів на відстань між тріщинами та ширину розкриття тріщин позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій відповідно до встановлених необхідних обмежень. Розроблено алгоритм розрахунку.

Розрахунок за розробленою методикою не тільки якісно підтверджує отриману з дослідів закономірність зростання ширини розкриття тріщин зі

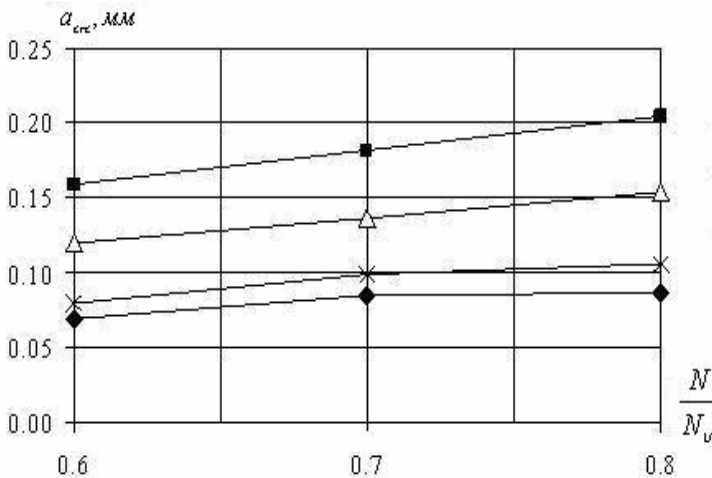


Рис. 5. Графіки залежності « $a_{crc} - N / N_u$ » для зразка III серії ШВ30–30u:

- ◆— за розробленою методикою;
- △— за методикою нових норм України;
- за нормативною методикою;
- \*— за експериментальними даними

збільшенням рівня навантаження (незважаючи на те, що зі збільшенням напруження в арматурі, відбувається одночасне зменшення рівневої відстані між тріщинами, що знижує  $a_{crc}$ ), отриманий з дослідів, але й кількісно: середнє квадратичне відхилення не перевищує 16%. Що стосується нормативних методик, то середнє квадратичне відхилення становить біля 32% для методики нових норм України й понад 27% – для нормативної методики, що вказує на явні переваги запропонованої методики (рис. 5).

На підставі накопиченого банку дослідних даних виконано статистичне співставлення розрахункових методик, результати якого наведені в табл. 2.

Таблиця 2

### Співставлення даних розрахункових методик

Розрахункова методика	Кількість дослідів	Результати статистичної обробки даних		
		$\bar{X}$	$\sigma$	$C_v$
Запропонована методика	173	0,9928	0,1643	16,54%
Методика МДУШС	152	1,1351	0,2415	21,27%
Нормативна методика	173	1,2183	0,3291	27,01%
Методика нових норм України	173	1,5841	0,5115	32,29%

З аналізу статистичних даних випливає, що запропонована розрахункова методика дає найбільш прийнятні результати в оцінюванні ширини розкриття тріщин позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій, про що свідчить коефіцієнт варіації  $C_V = 16,54\%$  і значення середнього  $\bar{X}$ , яке наближується до одиниці.

Спираючись на запропоновану розрахункову методику, виконано підсилення несучих позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій ЗАТ «Вінницький сиркомбінат» (рис. 6).

При цьому у відповідності до отриманого патенту у двоповерховому корпусі А розряджені колони під нове технологічне обладнання та підсилені утворені

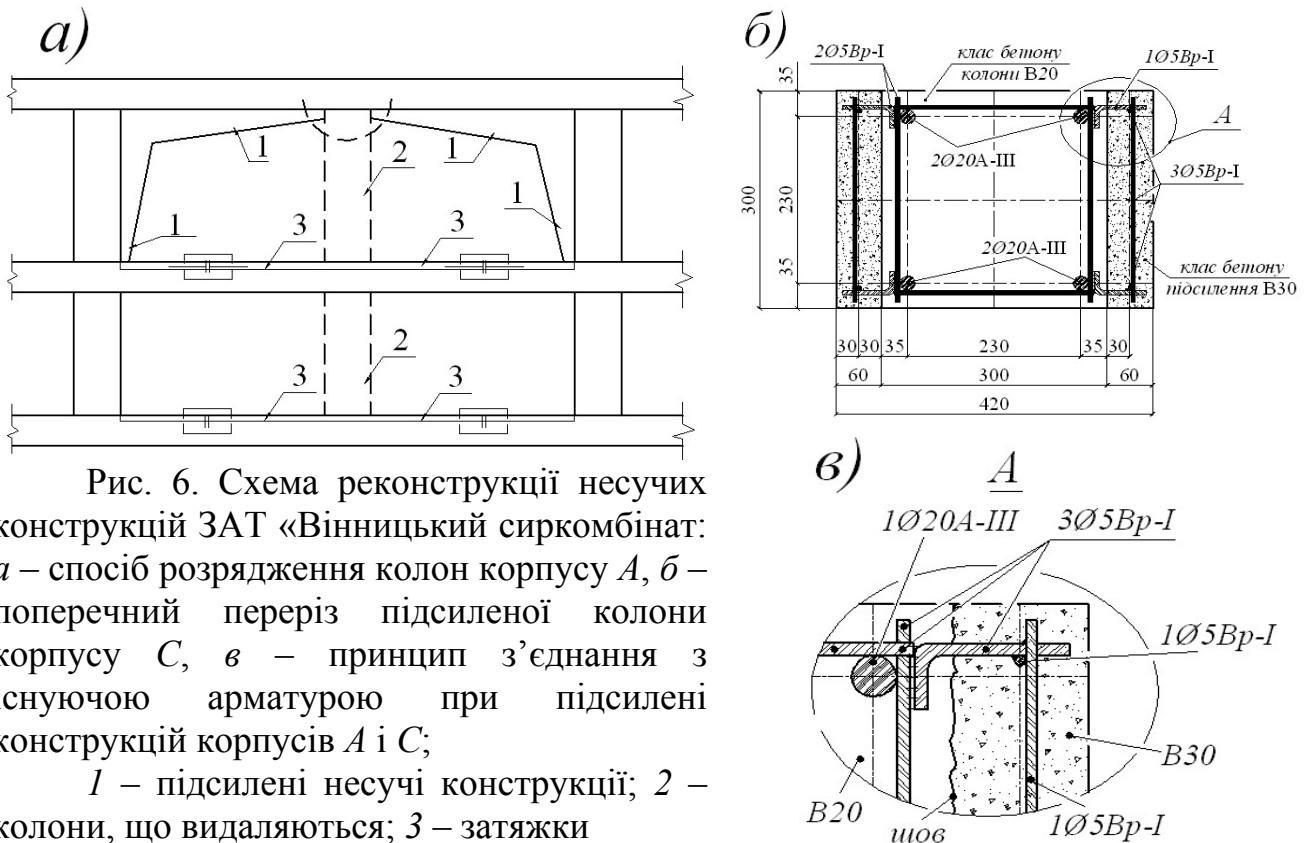


Рис. 6. Схема реконструкції несучих конструкцій ЗАТ «Вінницький сиркомбінат»: а – спосіб розрядження колон корпусу А, б – поперечний переріз підсиленої колони корпусу С, в – принцип з'єднання з існуючою арматурою при підсиленні конструкцій корпусів А і С;

1 – підсилені несучі конструкції; 2 – колони, що видаляються; 3 – затяжки

тришарнірки арки з затяжками (рис. 6, а, в), а у багатоповерховому корпусі С підсилені позацентрово стиснуті колони (рис. 6, б, в) з першого по четвертий поверхи.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На підставі аналізу існуючих експериментальних і теоретичних досліджень вивчено специфіку та вперше розроблено ДКЕ у зонах, що прилягають до тріщин у позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій, підсилені при реконструкції; запропоновано нову розрахункову схему для розкриття статичної невизначеності розробленого ДКЕ; отримано рівняння, що зв'язують нові розрахункові параметри з традиційними параметрами опору залізобетону, при цьому встановлено необхідність урахування податливості шва між різними бетонами у вигляді зосередженого зсуву.



Розроблений практичний спосіб розрахунку й одержано залежності для визначення відстані між тріщинами та ширини їхнього розкриття з урахуванням ефекту порушення суцільності, податливості шва й відносних умовних зосереджених взаємних зсувів бетону й арматури, що базуються на традиційних передумовах теорії залізобетону та положеннях механіки руйнування, які дозволяють помітно наблизити ці найважливіші розрахункові параметри до дійсних.

2. Розроблено методику й проведено експериментальні дослідження ширини розкриття тріщин підсиленних залізобетонних позацентрово стиснутих елементів із визначенням ширини розкриття тріщин уздовж усього профілю тріщин і перевіркою багаторівневого процесу їхнього утворення. Отримані експериментальні дані значною мірою доповнюють наявний експериментальний матеріал і надають можливість перевірки запропонованого розрахункового апарату й основних робочих гіпотез: підтверджене збільшення  $a_{crc}$  на відстані 2 – 3 діаметрів від осі арматур (деформаційний ефект) і доцільність використання гіпотези плоских перерізів у межах залізобетонних стрижнів; встановлено, що в межах експлуатаційного навантаження (0,6 – 0,8 від руйнуючого), висота стиснутої зони бетону практично не змінюється.

3. Проведені чисельні дослідження, за результатами яких встановлено, що при збільшенні параметра  $\ln(B_4)$  в 2 рази, функціональна та рівнева відстань між тріщинами зменшуються до 53%; при зменшенні  $l_{crc}$  на 50% ширина розкриття тріщин зменшується від 22 до 67%, при збільшенні параметрів зчеплення  $1 - e^{-B(0,5l_{crc}-t^*)}$  й  $B_3/B$  спостерігаються взаємно протилежні тенденції найбільш істотної зміни градієнта  $a_{crc}$ . Підтверджено необхідність урахування деформаційного впливу в тріщині, зумовленого порушенням суцільності бетону, який викликає перерозподіл зусиль у статично невизначеній системі «бетонна матриця-арматури» (змінює профіль тріщини із трикутного на складний, з максимальним розкриттям вище рівня арматури); при цьому у формулі для визначення ширини розкриття тріщин з'являється додаток зі зворотним знаком і значення  $a_{crc}$  може змінюватися на 80% і більше, що дозволяє наблизити розрахункову  $a_{crc}$  до дійсної.

4. Виконано порівняльний аналіз у широкому діапазоні зміни класу бетонів, армування, рівня попередньої напруги, ексцентриситету, товщини захисного шару, форми перерізів, який виявив достатню точність результатів отриманих за розробленою методикою, а також покладених в основу цієї методики передумов і формул; коефіцієнт варіації при розрахунку ширини розкриття тріщин у позацентрово стиснутих залізобетонних конструкціях за розробленою методикою становить 16,54%, а значення середнього  $\bar{X}$ , яке наближується до одиниці.

5. За темою дисертаційної роботи отримано 2 патенти України на корисну модель: «Спосіб реконструкції будівлі шляхом розрядження колон», «Конструкція цегляно-залізобетонної рами».

Результати дисертаційної роботи використано при розробці ДСТУ "Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого трьохкомпонентного бетону. Правила

проектування", при розрахунку підсилених позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій у проекті реконструкції ЗАТ "Вінницький сиркомбінат" та впроваджено у навчальний процес Національного авіаційного університету при вивченні дисциплін "Залізобетонні та кам'яні конструкції", "Реконструкція будівель та споруд аеропортів" для студентів, які навчаються за спеціальністю "Промислове та цивільне будівництво".

## ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Колчунов В. И. Расчет на внецентренное сжатие железобетонных конструкций, которые усиливаются при реконструкции / В. И. Колчунов, И. А. Яковенко, А. И. Задорин // Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель : зб. наук. праць ВАТ «КиївЗНДІЕП». – К., 2006. – С. 170 – 174.

2. Яковенко И. А. Анализ накопленного опыта реконструкции жилых зданий применительно к условиям Украины / И. А. Яковенко, В. И. Колчунов // Будівництво України. – К., 2007. – Вип. 5. – С. 25–29.

3. Пат. 24095 Україна, МПК<sup>6</sup> Е 04 G 23/02. Конструкція цегляно-залізобетонної рами / Колчунов В. І., Бакулін Є. А., Коба В. А., Яковенко І. А.; заявл. 23.10.06 ; опубл. 25.06.07, Бюл. № 9.

4. Колчунов В. И. Анализ реконструкции жилых зданий и формулирование основных принципов / В. И. Колчунов, И. А. Яковенко // Будівництво України.– К., 2007. – Вип. 8. – С. 9–13.

5. Пат. 30132 Україна, МПК<sup>7</sup> Е 04 G 23/00. Спосіб реконструкції будівлі шляхом розрядження колон / Колчунов В. І., Яковенко І. А.; заявл. 07.11.07 ; опубл. 11.02.08, Бюл. № 3.

6. Колчунов В. И. Методика экспериментальных исследований внецентренно сжатых железобетонных конструкций, усиливаемых при реконструкции / В. И. Колчунов, И. А. Яковенко // Будівництво України. – К., 2008. – Вип. 4. – С. 25–28.

7. Колчунов В. И. Разработка методики расчета ширины раскрытия трещин составных внецентренно сжатых железобетонных конструкций / В. И. Колчунов, И. А. Яковенко // Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського. – К.: Вид-во «Сталь», 2009. – Вип. 3. – С.245–259.

8. Колчунов В. И. Основные результаты экспериментальных исследований составных внецентренно сжатых железобетонных конструкций / В. И. Колчунов, И. А. Яковенко // Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. збірник – К. : КНУБА, 2009. – Вип. 33. – С. 195– 202.

9. Яковенко И. А. Анализ результатов экспериментальных исследований ширины раскрытия трещин составных внецентренно сжатых железобетонных конструкций / И. А. Яковенко // Будівництво України. – К., 2009. – Вип. 6. – С. 20–23.

## АНОТАЦІЯ

**Яковенко І.А. Розрахунок ширини розкриття тріщин позацентрово стиснутих залізобетонних конструкцій, підсилених при реконструкції. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди. – Відкрите акціонерне товариство Український науково-дослідний та проектний інститут сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського, Київ, 2010.

Дисертаційна робота присвячена розробці нової практичної методики розрахунку ширини розкриття тріщин та залежностей для визначення відстані між тріщинами в залізобетонних конструкціях, підсилених при реконструкції, що базується на традиційних передумовах теорії залізобетону та основних положеннях механіки руйнування з урахуванням податливості шва між різними бетонами у вигляді умовного зосередженого зсуву та ефекту порушення суцільності.

Проведені експериментальні дослідження і отримані дані, які доповнюють наявний дослідний матеріал і надають можливість перевірки запропонованого розрахункового апарату й основних передумов і допущень.

Виконані чисельний факторний і порівняльний аналізи в широкому діапазоні зміни армування, рівня попереднього напруження, класу бетону, ексцентриситету, форми й розмірів поперечного перерізу, товщини захисного шару, які показали достатню точність результатів, одержаних за розробленою методикою, а також покладених в її основу передумов і допущень.

**Ключові слова:** підсилені залізобетонні конструкції, порушення суцільності, механіка руйнування, ширина розкриття тріщин, розрахунок.

## АННОТАЦИЯ

**Яковенко И.А. Расчет ширины раскрытия трещин внецентренно сжатых железобетонных конструкций, усиленных при реконструкции. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.01 – строительные конструкции, здания и сооружения. – Открытое акционерное общество Украинский научно-исследовательский и проектный институт металлических конструкций имени В. Н. Шимановского, Киев, 2010.

Диссертационная работа посвящена разработке новой практической методики расчета ширины раскрытия трещин и зависимостей для определения расстояния между ними во внецентренно сжатых железобетонных конструкциях, усиленных при реконструкции.

В работе обращено внимание на эффект, который проявляется в железобетонных элементах после нарушения сплошности бетона, податливости шва между разными бетонами и относительных сосредоточенных взаимных смещениях бетона и арматуры. Данный эффект базируется на традиционных предпосылках теории железобетона и положениях механики разрушения. Для решения основной задачи, используется двухконсольный элемент, вырезанный

методом сечений вместе с трещиной; податливость и удельная энергия развития трещины, связаны между собой зависимостью механики разрушения, записанной применительно к усиленному железобетонному элементу. Из этой зависимости отыскиваются касательные силы в окрестности трещины. Таким образом, раскрывается статическая неопределимость задачи во внецентренно сжатом усиленном железобетонном элементе после нарушения сплошности бетона, что позволяет заметно уточнить практический расчет ширины раскрытия трещин. Получены уравнения, связывающие новые расчетные параметры с традиционными параметрами сопротивления железобетона. При этом установлено, что заделки двухконсольного элемента поворачиваются на дополнительные углы.

Проведены экспериментальные исследования ширины раскрытия трещин железобетонных внецентренно сжатых элементов, усиленных при реконструкции с определением ширины раскрытия трещин вдоль всего профиля трещин; расстояния между ними при проверке многоуровневого процесса их образования и длины трещин по мере увеличения нагрузки, коэффициента жесткости шва, которые в значительной мере дополняют накопленный экспериментальный материал при варьировании армирования и класса бетона (в том числе установлено, что в пределах эксплуатационной нагрузки высота сжатой зоны бетона практически не изменяется). Предоставляется возможность проверки предлагаемого расчетного аппарата и основных рабочих гипотез для эффективного проектирования внецентренно сжатых железобетонных конструкций, усиленных при реконструкции.

Выполнены численные исследования с использованием собранного банка опытных данных железобетонных конструкций, испытанных при внецентренном сжатии в широком диапазоне изменения армирования, уровня предварительного напряжения, класса бетона, эксцентриситета, формы и размеров поперечного сечения, толщины защитного слоя опытных образцов, которые показали эффективность предложенной методики расчета. Сопоставление расчетных и опытных значений ширины раскрытия трещин по различным методикам, с использованием собственных экспериментальных результатов и собранного банка опытных данных подтверждает заметные преимущества предлагаемой методики, о чём свидетельствует коэффициент вариации  $C_V = 16,54\%$  и значение среднего  $\bar{X}$ , близкого к единице.

Результаты диссертационной работы внедрены на государственном предприятии «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций» при разработке ДСТУ "Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого трьохкомпонентного бетону. Правила проектування"; при разработке проекта реконструкции ЗАО «Винницкий сыркомбинат», а также используются в учебном процессе Национального авиационного университета при изучении дисциплин «Железобетонные и каменные конструкции», «Реконструкция зданий и сооружений аэропортов» для студентов, обучающихся по специальности «Промышленное и гражданское строительство».

**Ключевые слова:** усиленные железобетонные конструкции, нарушение сплошности, механика разрушения, ширина раскрытия трещин, расчет.

**ABSTRACT**

**Yakovenko I. A. Calculation width of disclosing of cracks essentric compression reinforced concrete constructions, ruggedized at reconstruction. – Manuscript.**

The thesis for taking the scientific degree of Candidate of Technical Sciences in speciality 05.23.01 – Building Constructions, Buildings and Structures. – Open Joint-Stock Company V. Shimanovsky Ukrainian Research and Design Institute of Steel Constructions. – Kiev, 2010.

The thesis is devoted a new practical design procedure of width of disclosing of cracks and dependences for crack spacing definition in essentric compression reinforced concrete constructions ruggedized at reconstruction, which is based on traditional preconditions of the theory of reinforced concrete and substantive provisions of mechanics of destruction taking into account a pliability of a seam between different concrete in the form of the conditional concentrated shear and of effect of infringement solid.

Experimental researches are spent and data which supplement an available actual material are obtained and checks of the offered settlement apparatus and the basic working hypotheses give the chance.

It is executed numerical factorial and comparative analyses in a wide range of reinforcement change, level of a prestressing, the class of concrete, an eccentricity, the form and across-sectional dimension, thickness of experimental specimen, which have shown sufficient accuracy of the results gained by a new technique, and also preconditions taken as a principle to an offered technique and formulas.

**Keywords:** ruggedized reinforced concrete constructions, infringement of continuity, fracture mechanics, width of disclosing of cracks, calculation.