

АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. Г. В. КАРПЕНКА

На правах рукопису

З У Б И К

Йосиф Львович

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНКИ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ
ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ
БАЛОК З ТРІЩИНАМИ

Спеціальність 01.02.04 - механіка деформованого
твердого тіла

А в т о р е ф е р а т
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Л Ъ В І В - 1994

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00777766 (1)

Робота виконана в державному університеті

" ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА "

Науковий керівник : доктор фізико - математичних наук, професор
РУСИНКО Костянтин Миколайович

Офіційні опоненти : доктор фізико - математичних наук, професор
ОСАДЧУК Василь Антонович
кандидат технічних наук
ЛУЧКО Йосип Йосипович

Провідна установа : Науково - дослідний інститут будівельного виробництва, м.Київ.

Захист відбудеться "30" березня 1994р. о 10⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 016.42.01 при Фізико - механічному інституті ім. Г.В.КАРПЕНКА АН УКРАЇНИ / 290601, м.Львів, МСП, вул.Наукова, 5 /.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Фізико-механічного інституту ім. Г.В.Карпенка АН України.

Автореферат розісланий "25" лютого 1994 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

НИКИФОРЧИН Г.М.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Подальше вдосконалення діючих, а також розробка нових методів розрахунку будівельних конструкцій сприяє економії матеріальних ресурсів, підвищує експлуатаційну надійність споруд, створює теоретичну основу для проектування нових ефективних конструкцій.

Залізобетонні конструкції посідають провідне місце поряд із металевими, дерев'яними та інш. Їх характерною особливістю є робота під навантаженнями при наявності тріщин в розтягнутих зонах / конструкції 2-ї та 3-ї категорії тріщиностійкості/. При цьому, якщо розміри тріщин не перевищують допустимих, то вони не заважають нормальній експлуатації конструкцій. Сучасні будівельні норми і правила /БНіП/ регламентують тільки усереднену ширину розкриття тріщин $a_{ср}$, при чому з метою запобігання корозії арматури та проникнення рідин або газів крізь порожнини тріщин. Що ж до нормування таких параметрів тріщини, як її довжина l , та розкриття $a_{ср}$ з точки зору міцності конструкції, то воно не передбачено в сучасній нормативній літературі. Разом з тим, як показують численні експериментальні результати, для всіх, без винятку, конструкцій існують цілком певні характерні функціональні залежності між величиною навантаження з одного боку та розмірами тріщини з іншого. Відсутність єдиних теоретичних передумов до встановлення таких залежностей аналітичним шляхом пояснюється в першу чергу недостатнім використанням методів теорії тріщин до залізобетону. Маючи на увазі ще й те, що в даний час існують надійні методи і відповідні прилади для вимірювання довжини і ширини тріщин / методи капілярної адсорбції, електромагнітного поля вихрових струмів, електротензометрії та інш./, очевидна важливість розробки теоретичної методики визначення несучої здатності конструкції по відомих /замірених/ параметрах тріщин.

Слід відзначити, що за останні два десятиріччя присвячено значну кількість наукових праць питанням механіки руйнування залізобетону. Це перш за все праці О. Андрейківа, Ю. Зайцева, Й. Лучка, В. Панасюка, С. Пересипкіна, К. Русинка, Л. Трапезнікова та інш., в яких переконливо доведено переваги використання методів теорії тріщин до розрахунку залізобетону.

Метою дисертації є розробка такої моделі попередньо напруженої залізобетонної балки, яка б дозволяла по замірених геометричних розмірах тріщини визначити несучу здатність конструкції.

У відповідності з метою в роботі ставляться наступні завдання:

1. Визначити напружений стан суцільної залізобетонної балки з позиції теорії пружності.
2. Розробити методика розрахунку напруженого стану суцільної балки від дії попереднього напруження в арматурі.
3. Уточнити формулу БНІП для визначення моменту тріщиноутворення M_{cr} для гнutoї попередньо напруженої балки.
4. Розробити метод явного врахування зміни компонент напружень від дії дотичних сил розшарування контакту бетону з арматурою.
5. Визначити параметри тріщиностійкості балки методами механіки руйнування.
6. Розрахувати розкриття берегів тріщини і розробити відповідну формулу для інженерних розрахунків.
7. Розробити методика діагностики несучої здатності балки по замірених параметрах тріщин. Вказану методика обґрунтувати з позиції теорії тріщин.
8. Провести апробацію результатів теоретичних розробок, співставляючи їх із результатами аналогічних інженерних розрахунків та експериментальних досліджень.

Методи досліджень. В роботі поряд із методами теорії пружності та механіки руйнування ідеально-пружних матеріалів в значній мірі використано інженерні методи БНП та результати експериментальних досліджень. Фізико-механічні характеристики бетону та арматури прийняті згідно діючих нормативів проектування.

Наукова новизна.

1. В рамках плоскої задачі теорії пружності запропоновано метод визначення напруженого стану балки від дії попередньої напруги в арматурі і на його основі побудовано формулу для розрахунку моменту тріщиноутворення *М_{кр}*.

2. Запропоновано модель ідеально-пружної нескінченної суцільної смуги для явного врахування дотичних сил розшарування контакту бетону з арматурою. При цьому використано інженерні методи розрахунку та експериментальні результати.

3. Застосовано δ_{κ} -модель до попередньо напруженої балки для визначення параметрів її тріщиностійкості. Співставлено отримані результати з відповідними експериментальними, а також із результатами, отриманими на основі силового критерію Гріфітса-Ірвіна.

4. Визначено розкриття тріщини для балки із системою тріщин. На підставі отриманих результатів запропоновано формулу для інженерних розрахунків.

5. Запропоновано методику діагностики несучої здатності залізобетонної балки по замірених параметрах тріщини / її довжині та ширині розкриття/.

Апробація роботи. Основні результати досліджень доповідалися на міжнародній науково-практичній конференції "Проблеми і шляхи енергозабезпечення України / м.Івано-Франківськ, 1993р/, наукових семінарах кафедри спорудження трубопроводів Івано-Франківського інституту нафти і газу / м.Івано-Франківськ, 1990 + 1993рр/, та кафедри теоретичної механіки Львівського політехнічного інституту / м.Львів, 1990 + 1993рр/.

Практична цінність.

1. Запропонована модель попередньо напруженої балки рекомендована для діагностики несучої здатності з/б гнутих конструкцій по замірених розмірах тріщин.

2. Методика розрахунку напруженого стану балки від попередньої напруги в арматурі використана для визначення моменту утворення тріщин $M_{кр}$.

3. Запропонована формула для розрахунку моменту $M_{кр}$ рекомендована для інженерних розрахунків.

4. На основі теоретичних результатів розрахунку розкриття тріщин методами механіки руйнування розроблено відповідні технічні рекомендації. Зокрема, запропоновано методику інженерного розрахунку розкриття тріщини і побудовано відповідну зручну формулу. Вказану формулу рекомендовано для проектування з/б конструкцій.

5. Запропонований метод явного врахування зміни сил зчеплення тріснутого бетону з арматурою використано для розрахунку параметрів тріщиностійкості балки.

На захист виносяться наступні наукові результати:

- модель попередньо напруженої залізобетонної балки з тріщиною в розтягнутій зоні для розрахунку параметрів її тріщиностійкості;
- методика діагностики несучої здатності балки по замірених параметрах тріщин;
- розрахункова модель балки під дією попереднього напруження в арматурі, на основі якої побудована формула для визначення моменту тріщиноутворення $M_{кр}$;
- розроблена методика явного врахування зміни сил зчеплення тріснутого бетону з арматурою;
- запропонована інженерна формула для визначення ширини розкриття тріщини $a_{кр}$.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи висвітлені в 6 роботах.

Структура дисертації. Дисертація складається з передмови, чотирьох розділів, основних висновків та бібліографічного списку 99 найменувань. Загальний обсяг складає 126 сторінок машинописного тексту, в тому числі 24 малюнки і 7 таблиць.

СТИСЛИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

В передмові обґрунтована актуальність роботи, викладений короткий зміст дисертації, сформульовані завдання досліджень, основні результати, які виносяться на захист.

Перший розділ роботи присвячено висвітленню існуючих інженерних методів розрахунку залізобетонних конструкцій за граничними станами. Відзначено особливості роботи попередньо напружених конструкцій в порівнянні з конструкціями із звичайною арматурою. Описано методи визначення втрат попереднього напруження в арматурі згідно нормативів БНіП і наведено результати відповідних обчислень на прикладі стандартної попередньо напруженої підкранової балки. Описані методи розрахунку утворення та розкриття тріщин і наведені результати їх реалізації для вказаної підкранової балки. В рамках першої основної задачі плоскої теорії пружності показано, що при розрахунку попередньо напружених балок значної висоти / коли $H/L \rightarrow 1$, де H, L - висота і довжина балки гіпотеза ненависнення поздовжніх волокон одних на одні, передбачена нормами БНіП, може привести до значних неточностей в розрахунках.

В другому розділі викладено результати теоретичних досліджень, отримані методами теорії пружності. Поставлено і розв'язано задачу про напружений стан балки, завантаженої попереднім напруженням в арматурі. При цьому, результати обчислень нормальних компонентів напруження $\sigma_x / 0,9$ узгоджуються з експериментальними результатами. Разом з тим відомо, що аналогічні результати згідно методики БНіП на 20 + 30 % нижчі від експериментальних / рис. 1 /.

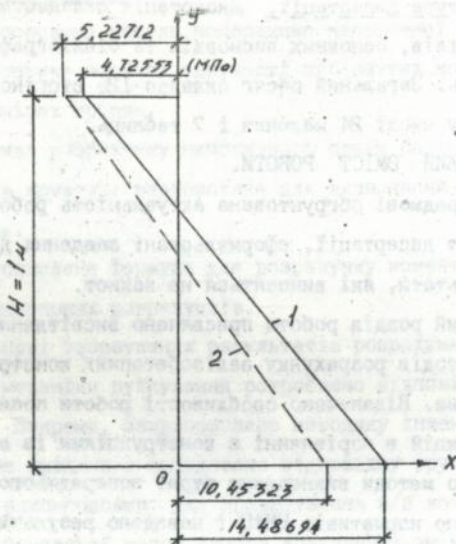


Рис. 1 Графіки розподілу нормальної компоненти напруги $\sigma_x(0, y)$ по висоті балки: 1 - за формулами теорії пружності; 2 - за формулою ВнП.

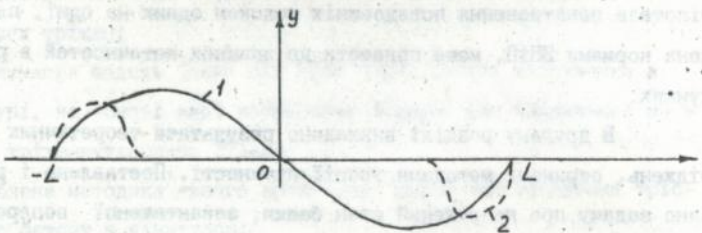


Рис. 2. Графіки розподілу дотичної компоненти напруги $\tau_{xy} / X, 0 /$ по довжині елемента: 1 - за формулою теорії пружності; 2 - експериментальна крива. \circ

Одночасно встановлено на прикладі розподілу компоненти $\tilde{\sigma}_{xy} / X, 0 /$, що нехтування в розрахунках такими факторами, як усадка та повзучість бетону, може привести до повної невідповідності між розрахунковими та дослідними результатами / рис.2 /. На основі отриманих результатів запропоновано зручну формулу для визначення моменту тріщиноутворення

$$M_{cr} = W_{red} (R_{bt, ser} + \sigma_x), \quad / I /$$

де W_{red} - приведений момент опору балки,
 $R_{bt, ser}$ - розрахунковий опір бетону розтягові при розрахунку за другою групою граничних станів,
 σ_x - нормальна компонента напруження, отримана на основі моделі ідеально-пружного тіла.

Формула / I / значно простіша в порівнянні із формулою БНП, яка має вигляд:

$$M_{cr} = R_{bt, ser} W_{pe} + \gamma_{sp} P (e_{cp} + z), \quad / 2 /$$

де W_{pe} - пружнопластичний момент опору балки по розтягнутій зоні,
 γ_{sp} - коефіцієнт точності натягу арматури,
 P - зусилля обтиску бетону від попереднього напруження в арматурі,
 e_{cp} - ексцентриситет зусилля P відносно осі, що проходить через центр ваги приведенного перетину,
 z - відстань від центра ваги приведенного перетину до умовної ядрової точки, найбільш віддаленої від розтягнутої зони.

На прикладах розрахунку конкретних конструкцій показано співпадіння результатів отриманих згідно формул /1/ та /2/.

Представлено методику явного врахування такого важливого фактору, як порушення зчеплення тріснутого бетону з арматурою. Сучасні норми враховують це істотне явище за допомогою коефіцієнта ψ_s , який представляє собою відношення середньої деформації арматури ϵ_{sm} на ділянці між тріщинами до максимальної ϵ_s , що має місце в перетині з тріщиною:

$$\psi_s = \frac{\epsilon_{sm}}{\epsilon_s} \quad / 3 /$$

Такий " усереднюючий " спосіб не дає можливості оцінити зміну напружено - деформованого стану як по довжині балки, так і в залежності від величини зовнішнього навантаження. Разом з тим експериментально встановлено, що коефіцієнт ψ_s змінюється від одиниці до мінімуму на початковому етапі після утворення тріщини і далі від мінімуму до одиниці в момент руйнування балки. В роботі враховано ці фактори з використанням моделі нескінченної смуги, завантаженої на нижній границі дотичними силами зчеплення арматури з бетоном. Ці сили мають вигляд:

$$\tilde{\tau} = \tilde{\tau}_c \sin \frac{2\pi x}{l_{acc}}, \quad / 4 /$$

де l_{acc} - відстань між сусідніми тріщинами (рис.3), а амплітуда $\tilde{\tau}_c$ визначається за формулою

$$\tilde{\tau}_c = \frac{\pi R_{at,acc} l_1}{l_{acc}} \varphi(M). \quad / 5 /$$

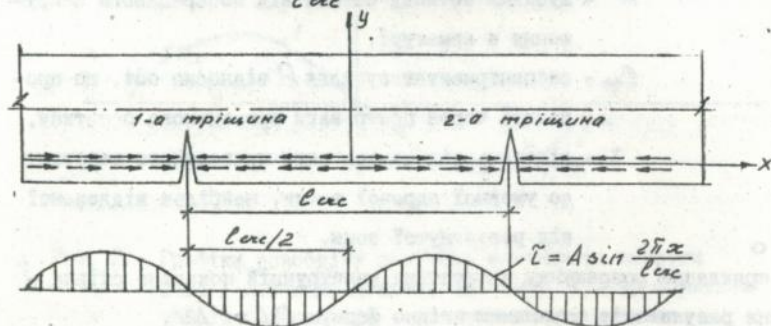


Рис. 3. Графік розподілу дотичних напруг, зумовлених порушенням зчеплення арматури з бетоном,

У формулі / 5 /

l_1 - довжина тріщини,

$f(M)$ - функція навантаження, яка визначається так

$$f(M) = 1 - \frac{M - M_{\text{крс}}}{M_p}, \quad M_{\text{крс}} \leq M \leq M_p, \quad / 6 /$$

де M_p - момент руйнування балки.

Одночасно визначено нормальну компоненту напруження σ_{xc} від дії вказаних дотичних сил, яка врахована в дальнішому при визначенні параметрів тріщиностійкості. Для розв'язання даної задачі використано окремі положення і залежності, передбачені діючими нормативами для розрахунку попередньо напружених конструкцій.

Третій розділ присвячений застосуванню теорії тріщин до розрахунку залізобетонних конструкцій. При цьому, основними передумовами розрахунку вважаються експериментальні результати залежності параметрів тріщини / її довжини l_1 та ширини розкриття $a_{\text{крс}} /$ від величини навантаження у вигляді згинаючого моменту M .

Практична цінність таких результатів, отриманих Б. Гузевим, Р.Махто та іншими, полягає в тому, що для всіх дослідних балок було встановлено характерну лінійну залежність між відносним моментом $m_0 = \frac{M_{\text{крс}}}{M}$ та відносною висотою стисненої зони S :

$$S = \alpha m_0 + \beta, \quad / 7 /$$

де α , β - дослідні коефіцієнти, залежні від проценту армування і властивостей бетону,

S - відносна висота стисненої зони, яка визначається за формулою

$$S = \frac{H - l_1}{H_0}. \quad / 8 /$$

У формулі / 8 / H_0 - робоча висота балки.

Поставлено і розв'язано задачу про встановлення теоретичним шляхом залежності довжини і розкриття тріщин від навантаження. Проведено співставлення аналітичних результатів з експериментальними. Для розв'язання задачі використано δ_x -модель Леонова-Панасюка для однорідної лінійно-пружної півплощини, ослабленої крайовою тріщиною / рис.4 /

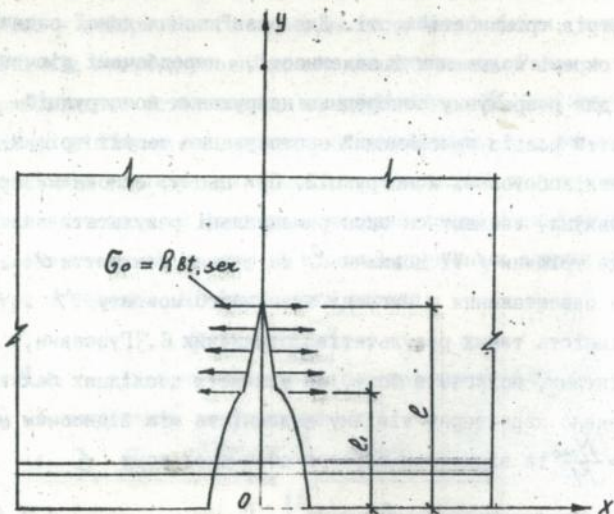


Рис. 4 Схема взаємодії берегів тріщини.

В рамках вказаної моделі отримано сингулярне інтегральне рівняння у вигляді

$$\frac{1}{\pi} \int_0^1 \left[\frac{1}{2-\xi} + \frac{\xi^2 + 42\xi - 2^2}{(2+\xi)^3} g(\xi) \right] d\xi = \begin{cases} -P, & 0 \leq \xi \leq \xi_0 \\ G_0 - P, & \xi_0 \leq \xi \leq 1. \end{cases} \quad / 9 /$$

В рівнянні / 9 / G_0 - сили взаємодії берегів тріщини, які приймаються рівними розрахунковому опоріві бетону при розтягу $R_{bt, ser}$ /рис.4/, а навантаження P визначається, як сума трьох складових компонент напружень

$$P = G_x + G_a + G_{xc}, \quad / 10 /$$

де G_x - нормальна компонента від зовнішнього навантаження,
 G_a - те ж, від попереднього напруження в арматурі,
 G_{xc} - те ж, від дотичних сил зчеплення тріснутого бетону, з арматурою.

Методики визначення компонент напружень G_x , G_a та G_{xc} розроблені і представлені в розділах I та 2 роботи. Для розв'язання рівняння / 9 / використано метод, запропонований в роботі В.Панасюка, П.Витвицького та С. Кутеня "О пластической деформации и разрушении пластинки с краевой трещиной" / ФХММ, 1974р./, згідно якого розв'язок записується у вигляді суми

$$g(\xi) = g_0(\xi) + g_1(\xi), \quad / 11 /$$

де $g_0(\xi)$ - розв'язок при рівній нулю регулярній частині ядра,
 $g_1(\xi)$ - наближений розв'язок рівняння:

$$8 \int_0^1 \frac{\xi^2 g_1(\xi) d\xi}{(2+\xi)^3(2-\xi)} = - \int_0^1 \frac{(\xi^2 + 42\xi - 2^2) g_1(\xi) d\xi}{(2+\xi)^3} \quad / 12 /$$

Цей розв'язок, необмежений в точці $\xi = 1$, запропоновано Л.Лібським у вигляді

$$g'(z) = \frac{G_0}{8} \left(\frac{a_0}{\sqrt{1-z}} + \sqrt{1-z} \sum_{i=1}^n a_i z^{i-1} \right) \quad / 13 /$$

В результаті розв'язання рівняння /9/ визначено довжину тріщини ℓ , довжину зони переддруинування $\Delta \ell = \ell - \ell_1$, а також розкриття тріщини δ_i в залежності від навантаження P у вигляді згинаючого моменту M . На основі отриманих результатів побудовано шукану залежність довжини тріщини ℓ , від навантаження M /рис.5/. Таку ж залежність отримано на основі силового критерію Гріфітса - Ірвіна. В цьому випадку використано модель, запропоновану в статті О.Андрейківа, Й.Лучко, Т.Гембари "Метод визначення коефіцієнтів інтенсивності напружень для залізобетонних елементів з тріщинами при згині" / ФХММ, 1992 /, згідно якої балка складається з двох окремих блоків, з'єднаних стисненою зоною бетону і розтягнутою арматурою, а коефіцієнт інтенсивності напружень КІН K_I визначається сумою двох КІН: для неармованої балки $K_I^{(M)}$ та КІН від стримуючого зусилля в арматурі $K_I^{(a)}$:

$$K_I = K_I^{(M)} + K_I^{(a)} \quad / 14 /$$

Результати, отримані обома способами, співставлені з експериментальними /рис.5/. З рисунку випливає, що σ_x -модель більш оприятлива. Це, очевидно, пояснюється обмеженістю силового критерію до залізобетону, як до матеріалу із значним розміром Π -зони:

$$\frac{\Delta \ell}{\ell} \rightarrow 1.$$

Визначено розкриття тріщини для балки із системою тріщин. Для розв'язання цієї задачі використано інтегральне рівняння, чисельний метод розв'язання якого дається в роботі В.Панасюка, М.Саврука, А.Дацишина "Распределение напряжений около трещин в пластинах и оболочках" / Київ: Наукова думка, 1976р/.

В четвертому розділі роботи зображені технічні рекомендації, розроблені на основі отриманих результатів.

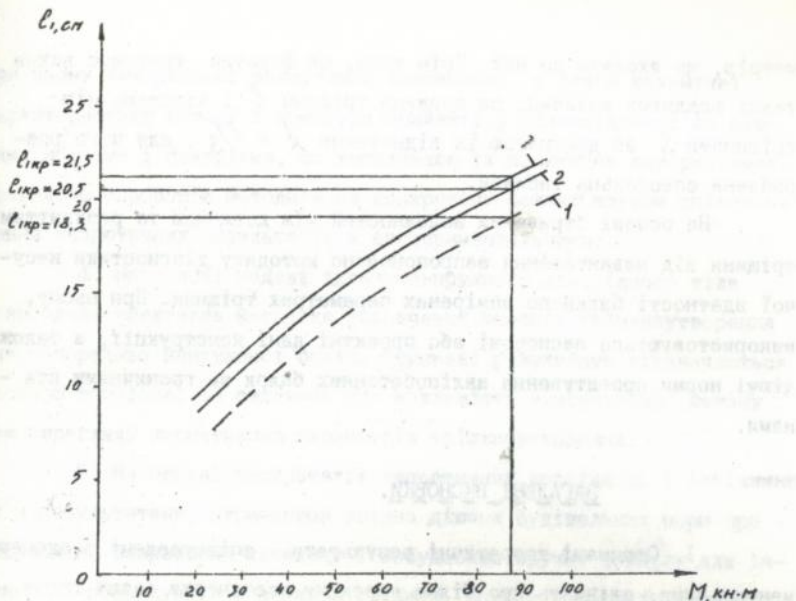


Рис. 5 Криві залежності довжини тріщини l , від навантаження M для балки С.Гузева: 1 - експериментальна крива; 2 - крива, отримана на основі δ_k -моделі; 3 - крива згідно критерію Ірвіна.

Так, на підставі результатів розв'язання задачі про розкриття тріщини для балки із системою тріщин встановлено лінійну залежність між розкриттям тріщини a_{osc} і площею епюри нормальних напружень в бетоні розтягнутої зони $A\sigma$ і запропоновано в зв'язку з цим формулу для інженерних розрахунків у вигляді

$$a_{osc} = \delta \varphi_e 2 \frac{A\sigma}{E_s} 10 A \sqrt{d}. \quad / 15 /$$

Формула / 15 / містить такі ж експериментальні коефіцієнти, як і відома формула БНІП, але вона є більш зручною в користуванні, менш громіздка в обчисленнях і краще відтворює фізичну суть пара-

метрів, що входять до неї. Крім того, ця формула враховує вплив таких важливих величин, як довжина тріщини ℓ і відстань між тріщинами S за допомогою їх відношення $\lambda = \ell/S$, для чого розроблена спеціальна таблиця.

На основі отриманих залежностей між довжиною та розкриттям тріщини від навантаження запропоновано методику діагностики несучої здатності балки по замірених параметрах тріщини. При цьому, використовуються паспортні або проектні дані конструкції, а також діючі норми проектування залізобетонних балок за граничними станами.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.

1. Отримані теоретичні результати, співставлені з експериментальними, свідчать про більш коректну постановку задач тріщиностійкості залізобетонних балок з позиції механіки руйнування. В той час, як традиційна нормативна методика дозволяє оцінити технічний стан конструкції лиш з точки зору досягнення нею, або ні, граничного стану, запропоновані моделі уможливають таку оцінку при довільному навантаженні. Такий принципово новий підхід особливо цінний у випадках реконструкції об'єктів, підсилення залізобетонних конструкцій, аварійних ситуаціях тощо.

2. Вперше розглянуто попередньо напружену залізобетонну балку в рамках δ_k -моделі. Отримані при цьому результати близькі до експериментальних, що свідчить про високу ефективність моделі, а також її придатність до цієї важливої категорії залізобетонних конструкцій.

3. Вперше поставлено питання про діагностику напруженого стану балочних залізобетонних конструкцій в стадії експлуатації. Розроблено і запропоновано теоретичну методику оцінки несучої здатності конструкції по результатах її обслідування / замірених параметрах тріщин/.

При цьому використані аналітичні залежності, а також механічні характеристики бетону і арматури прийняті у відповідності із діючими нормами і правилами, що уможливило їх практичне використання. Проведено апробацію методики на конкретних балках шляхом співставлення теоретичних результатів з експериментальними.

4. На основі моделі ідеально-пружного однорідного тіла розроблена ефективна методика визначення моменту тріщиноутворення для попередньо напруженої балки. Отримані результати відзначаються високою точністю, що свідчить про можливість використання методу для перегляду нормативних параметрів тріщиноутворення.

5. На основі результатів теоретичних досліджень і порівняння їх з результатами, отриманими згідно діючих будівельних норм проектування, розроблено методику і побудовано зручну формулу для інженерних розрахунків розкриття тріщини. Вперше в формулу введено такий важливий параметр, як довжина тріщини. Практичне використання формули доведено на конкретних прикладах найбільш поширених конструкцій.

6. Аналіз отриманих теоретичних досліджень свідчить про можливість вдосконалення системи розрахунків залізобетонних конструкцій за діючими на даний час граничними станами. Так, зокрема, при розрахунку балочних конструкцій як по першій, так і по другій групі граничних станів, можна додатково ввести такі важливі критерії, як довжина тріщини і ширина її розкриття. Це дозволить, очевидно, більш точно врахувати кінетику зміни напружено-деформованого стану конструкції під навантаженням в конкретних умовах її роботи тобто уточнити коефіцієнти умов роботи. А це в свою чергу зумовить економію матеріально-технічних ресурсів і більш реально відобразить специфіку роботи залізобетонних виробів з тріщинами.

Основний зміст дисертаційної роботи висвітлено в таких публікаціях:

1. Зубик Й.Л. О правомерности использования формул вневцентренного сжатия для определения напряжений в бетоне при обжатии предварительно напряженных железобетонных конструкций / Деп. в Укр ИНТЭИ, № 1659 - Ук 92.

2. Зубик Й.Л., Русинко К.М. Методика определения ширины раскрытия нормальных трещин в железобетонных элементах. / Деп. в Укр ИНТЭИ № 1723 - Ук 92.

3. Зубик Й.Л. Визначення напруженого стану попередньо напружених залізобетонних конструкцій від дії дотичних напружень, обумовлених передачею зусиль з тріснутого бетону на арматуру. / Деп. в Укр ДНТБ, № 2060 - Ук 93.

4. Зубик Й.Л. Розрахунок тріщиностійкості гнутих залізобетонних елементів на основі δ_* -моделі Леонова-Панасюка. / Деп. в Укр ДНТБ, № 2061 - Ук 93.

5. Зубик Й.Л. Методика визначення розкриття нормальних тріщин в гнутих залізобетонних елементах. / Деп. в Укр ДНТБ, № 2058 - Ук 93.

6. Зубик Й.Л., Русинко К.М. Методика визначення ширини розкриття нормальних тріщин в залізобетонних елементах. / Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ, вип.30, 1993р.

Підписано до друку .02.94 р., ф. 60 х 84,
I/16, зэм. 25, др. зрк. I, тираж 100.
Івано-Франківський інститут нафти і газу.
Дільниця оперативної поліграфії, Карпатська 15.

4608

AB 29.300

AB 29.300