

**Висновки.** 1. Враховуючи високі теплофізичні властивості пінобетону та результати цього дослідження, можна стверджувати, що пінобетон доцільно використовувати як вогнезахисний матеріал, адже порівняно із традиційними у нього є переваги: простота виготовлення пінобетонної суміші; можливість варіювання властивостей пінобетону за густиною; низька матеріаломісткість; висока економічність.

2. Плити з пінобетону марки D900 завтовшки 45 мм можуть забезпечити межу вогнестійкості металевих конструкцій не менше ніж R60.

3. Перегородки з пінобетону марки D900 завтовшки 135 мм забезпечують межу вогнестійкості RE 60.

1. *Valore RC. Cellular concretes-composition and methods of preparation. J Am Concr Inst 1954;25:773-95.* 2. *Valore RC. Cellular concretes-physical properties. J Am Concr Inst 1954;25:817-36.* 3. *Rudnai G. Light weight concretes / Rudnai G. – Budapest : Akademi Kiado, 1963.* 4. *Short A, Kinniburgh W. Light weight concretes. Asia Publishing House, 1963.* 5. ДСТУ Б.В.1.1-4-98 *Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Метод випробування на вогнестійкість. Загальні вимоги.* – К.: Держбуд України, 1999. 6. *Половко А.П., Демчина Б.Г., Фіцик В.С. Дослідження вогнестійкості фрагмента огорожувальної конструкції із застосуванням енергозберігаючих технологій // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. Теорія і практика будівництва. – № 600. – 2007. – С. 251–254.* 7. *Деклараційний патент на корисну модель № 17160. Бюл. № 9 від 15 вересня 2006 року.*

УДК 624.074.04

Б.Г. Демчина, М.І. Сурмай, А.Б. Пелех  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра будівельних конструкцій та мостів

## ПІДХОДИ ДО ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ МЕЖ ВОГНЕСТІЙКОСТІ ВЕРТИКАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

© Демчина Б.Г., Сурмай М.І., Пелех А.Б., 2010

**Запропоновано нові критерії та методи визначення межі вогнестійкості вертикальних конструкцій. Ці методи реалізовані при дослідженні дерев'яних дощатоклесних колон.**

**Ключові слова:** межа вогнестійкості, високотемпературний локальний нагрів, критичний вигин.

**This article proposes a new criteria and methods for determining the limits of fire resistance of vertical structures. These methods are realized at research of wooden columns, made with plankglue elements.**

**Keywords:** border of fire-resistance, high temperature local heating, critical bend.

**Постановка проблеми.** Сьогодні зростає кількість аварійних ситуацій на підприємствах внаслідок ускладнення технологічних процесів, нерівномірності режимів температурних впливів на будівельні конструкції і підвищення технологічних температур.

Локальне нагрівання вертикальних конструкцій, що виникає внаслідок пожеж, а також внаслідок високих технологічних температур, призводить до виникнення температурних зусиль та зміни напружено-деформованого стану конструкцій і фізико-механічних властивостей матеріалів, з яких виготовлені ці конструкції. Урахування усіх цих факторів можна виконати під час натурного або лабораторного дослідження вогнестійкості конструкцій.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Результатом дослідження вогнестійкості вертикальних конструкцій є чітке визначення межі вогнестійкості за ознакою втрати міцності  $R$ , що настає в момент обвалу конструкції або виникнення граничних поздовжніх (вертикальних) деформацій.

Межі вогнестійкості будівельних конструкцій регламентуються відповідно до ДБН В.1.1-7-2002, а їх значення встановлюються відповідно до критеріїв, наведених у ДСТУ Б В.1.1-4-98\* [1].

На кафедрі БКМ Національного університету “Львівська політехніка” у 2009 році авторами виконані експериментальні дослідження високотемпературного впливу локальної пожежі на зразки дерев’яних колон розмірами 100x100x1000 мм без захисту (марки К.1) та із захистом одним шаром вогнетривкого гіпсокартону (марки К.2) [2].

**Формулювання цілі статті.** Дослідження дерев’яних конструкцій на вогнестійкість достатньо складні та вимагають значних витрат, крім того, в процесі випробувань складно визначити характеристики міцності і деформативності деревини через відсутність приладів, які б працювали за високих температур у випробувальних печах. Пропонований метод випробування центрально-стиснутих дерев’яних елементів оснований на припущенні, що межа вогнестійкості настає від руйнування колони під дією зовнішнього навантаження в найослабленішому перерізі елемента конструкції, розміри якого залежать від швидкості обвуглювання деревини. На відміну від традиційних методів випробувань конструкцій, у цьому методі обвуглювання деревини відбувається в невеликій області, де найімовірніше руйнування колони при випробуванні її на міцність.

Навантаження на зразок колони створювалося гідравлічним домкратом через дві шарнірні опори (одна – шарнірно нерухома, друга – шарнірно рухома) і контролювалося манометром насосної станції. Вигин зразка  $f$  вимірювався прогиномірами Аістова (ПА), які були встановлені відповідно до рис. 1, а.

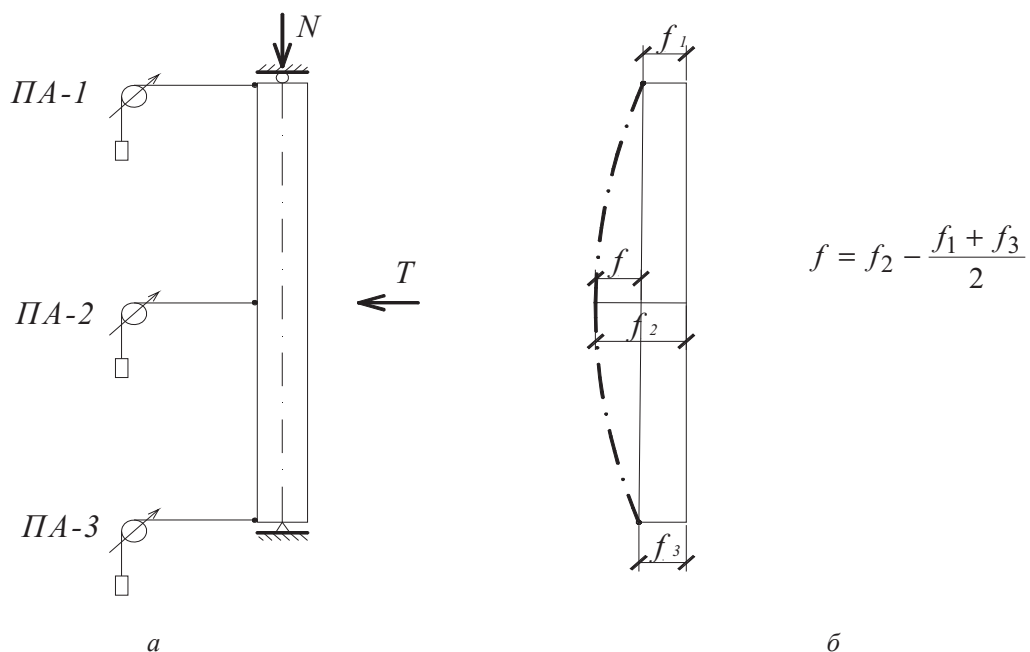


Рис. 1. Схема монтажу приладів (а) та визначення експериментального значення вигинів (б)

Високотемпературний локальний вплив на колони створювався за допомогою електричної муфельної печі посередині висоти колони та був близьким до стандартної температурної кривої пожежі. Температура в печі і в перетині елемента на різній глибині від поверхні, що нагрівається, вимірювалася хромель-алюмелевими терморпарами, сполученими з інтелектуальним вимірювальним перетворювачем ПВІ-0298, що передавав інформацію на персональний комп’ютер.

Мета випробувань – вивчення напружено-деформованого стану дерев’яної колони в процесі завантаження і подальшого локального вогневого впливу в режимі дії стандартної температурної кривої пожежі, та визначення її межі вогнестійкості.

Розрахунок колон як центрально-стиснутих елементів виконували згідно з СНиП II-25-80 [3].

У ході експерименту контролювався граничний стан колон під дією зовнішнього постійного нормативного (еквівалентного) навантаження, яким могло бути руйнування зразків або виникнення у них граничних деформацій (рис. 2) відповідно до таких критеріїв:

– граничне значення поздовжнього зміщення навантаженого кінця зразка

$$C = \frac{h}{100} [\text{мм}] = \frac{1000}{100} = 10 [\text{мм}], \quad (1)$$

– граничне значення швидкості наростання вертикальних деформацій

$$v_{cr} = \frac{dC}{dt} = \frac{3h}{1000} [\text{мм} \cdot \text{хв}^{-1}] = \frac{3 \cdot 1000}{1000} = 3 [\text{мм} \cdot \text{хв}^{-1}], \quad (2)$$

де  $h$  – початкова висота зразка, мм.

Граничне значення поздовжнього зміщення навантаженого кінця колони відповідно до геометричної схеми його деформації (див. рис. 2, а) знаходили з різниці

$$C = h - l [\text{мм}], \quad (3)$$

де  $l$  – висота деформованого зразка.

Вважалося, що внаслідок навантаження і за умов шарнірного закріплення ( $\mu=1$ ) початкова висота  $h$  і довжина дуги деформованого зразка колони є рівними. Силовою деформацією дослідного зразка нехтували. Розглядаючи прямокутний трикутник ABC (рис. 2, б), отримали рівняння:

$$\left(\frac{l}{2}\right)^2 + (r - f)^2 = r^2, \quad (4)$$

де  $l/2$  – половина висоти деформованого зразка (AB),  $r$  – радіус кривизни дуги (AC),  $f$  – вигин нейтральної осі зразка (DB).

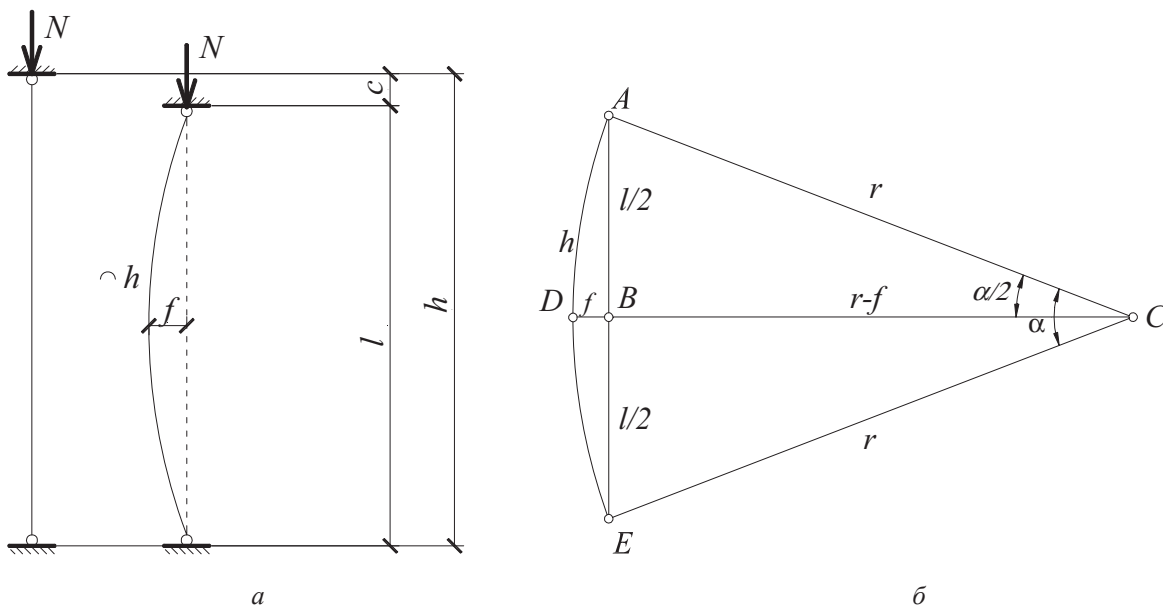


Рис. 2. Схема деформації вертикального зразка колони: а – експериментальна; б – геометрична

Розклавши рівняння (4), одержали

$$\frac{l^2}{4} + r^2 - 2rf + f^2 = r^2 \Rightarrow \frac{l^2}{4} - 2rf + f^2 = 0 \Rightarrow l = 2\sqrt{2rf - f^2}. \quad (5)$$

Підставивши значення  $l$  у рівняння (3), отримали рівняння для знаходження поздовжнього зміщення навантаженого кінця вертикальної конструкції через вигин нейтральної осі та радіус її кривизни:

$$C = h - 2\sqrt{2rf - f^2}. \quad (6)$$

Це рівняння справедливе для вертикальних дослідних зразків, які будуть виготовлені з однорідного матеріалу (наприклад: бетону, металу, деревини), тому що їх зігнуту нейтральну вісь можна вважати частиною кола радіусом  $r$ .

Використовуючи наближену формулу для визначення висоти деформованого зразка [4]:

$$h \approx \sqrt{l^2 + \frac{16}{3} f^2} \Rightarrow l = \sqrt{h^2 - \frac{16}{3} f^2}, \quad (7)$$

можна також знайти величину поздовжнього зміщення навантаженого зразка без знаходження радіуса кривизни нейтральної осі вертикального зразка, а тільки за тими параметрами, що контролювалися в процесі експерименту, а саме  $h$  та  $f$  за формулою:

$$C \approx h - \sqrt{h^2 - \frac{16}{3} f^2}. \quad (8)$$

За результатами випробовувань (рис. 3, 4) встановлено, що наростання граничних вертикальних деформацій колони висотою  $h = 1000$  мм наставало на 38-й хв для зразка марки К.1 і на 70-й хв для зразка марки К.2 від початку дії високої температури. Криві «2» на рис. 3 і 4 побудовані за рівнянням (8).

Для встановлення експериментального значення межі вогнестійкості досліджуваних дощато-класних колон використовували два підходи за рівняннями (2) та (8). За рівнянням (2) межа вогнестійкості колон наставала при швидкості наростання вертикального поздовжнього зміщення колони висотою  $h = 1000$  мм, яка дорівнює  $3$  [мм·хв<sup>-1</sup>].

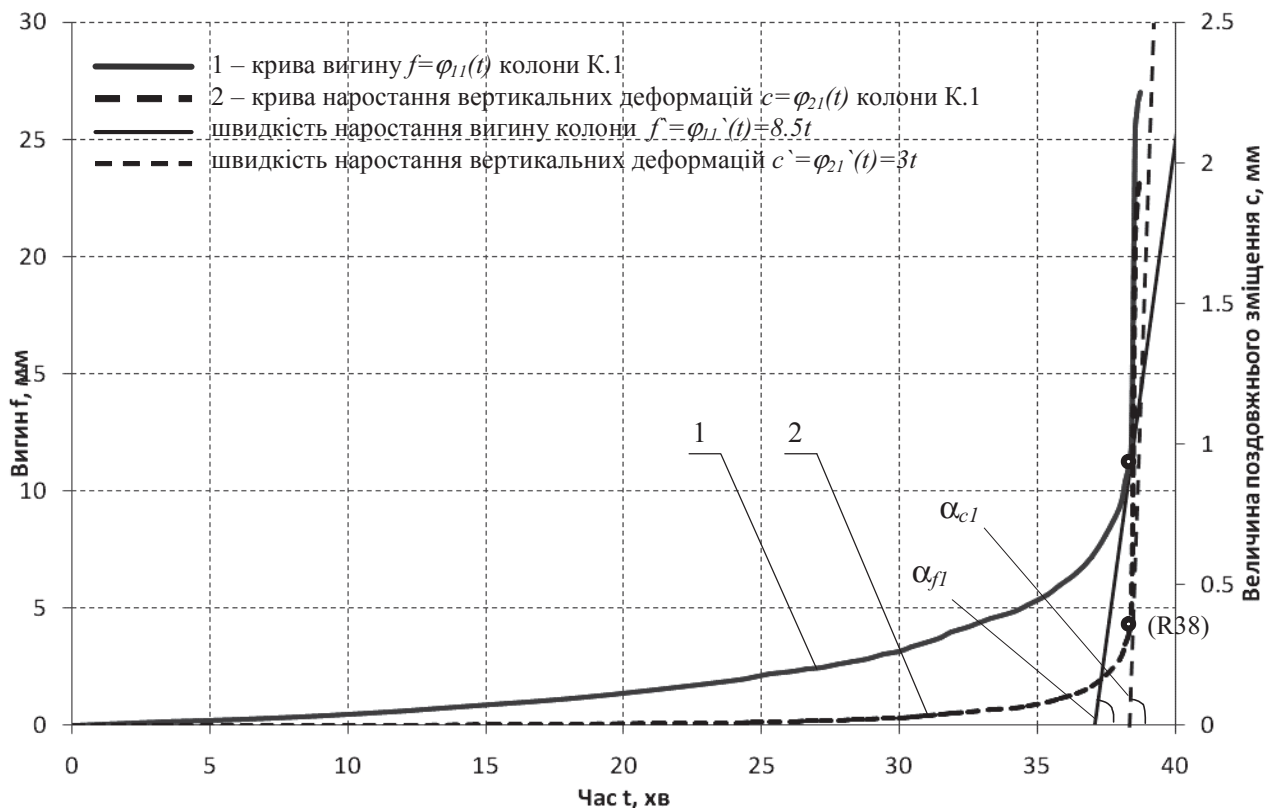


Рис. 3. Графік експериментальної кривої вигину  $f = \varphi_{11}(t)$  і наростання вертикальних деформацій  $c = \varphi_{21}(t)$  для зразка К.1

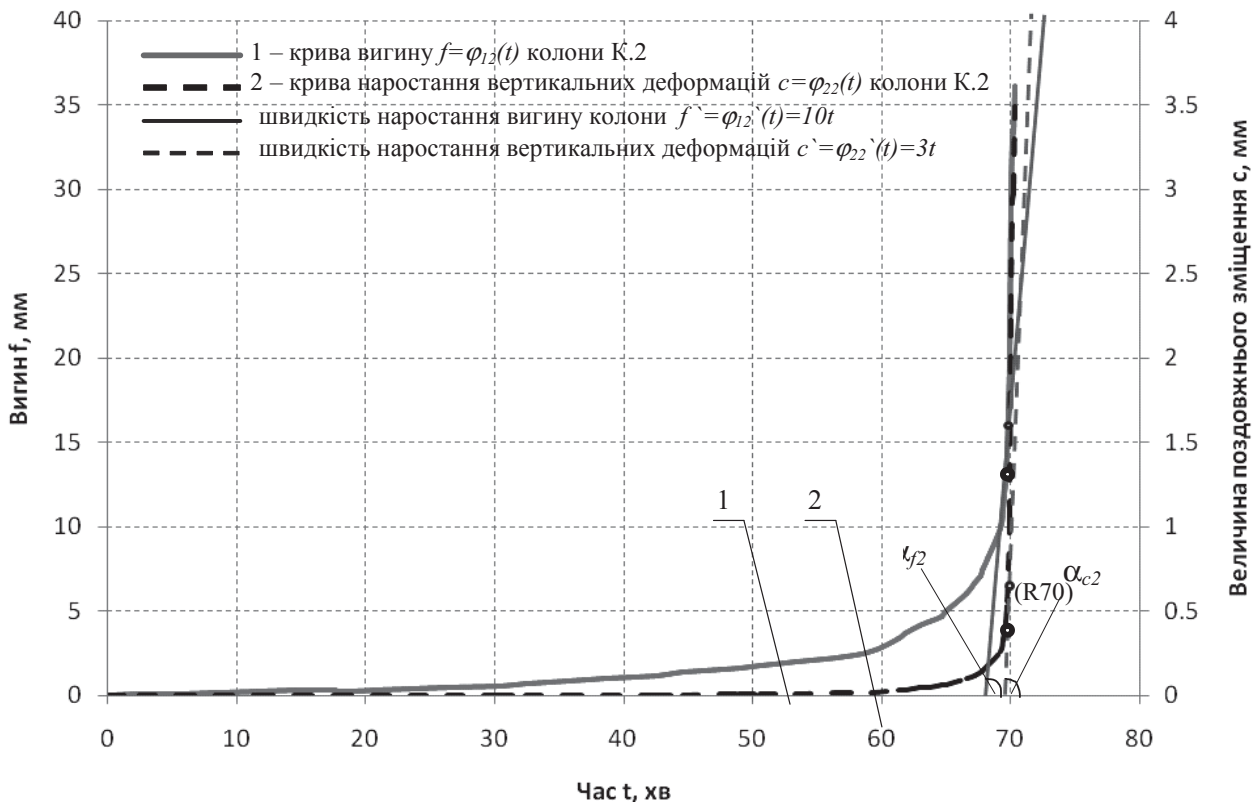


Рис. 4. Графік експериментальної кривої вигину  $f = \varphi_{12}(t)$  і наростання вертикальних деформацій  $c = \varphi_{22}(t)$  для зразка К.2

З рівняння (8) одержали формулу для визначення граничного значення вигину  $f$  зразка через величину вертикального поздовжнього зміщення  $c$ :

$$\begin{aligned}
 C &= h - \sqrt{h^2 - \frac{16}{3}f^2} \Rightarrow (h - C)^2 = h^2 - \frac{16}{3}f^2 \Rightarrow h^2 - 2hC + C^2 = \\
 &= h^2 - \frac{16}{3}f^2 \Rightarrow f = \sqrt{\frac{3}{16}(2hC - C^2)}
 \end{aligned} \quad (9)$$

Підставивши рівняння (1) в (9), отримаємо формулу для визначення критичного вигину вертикальних шарнірно опертих конструкцій під час дії на них високих температур пожежі:

$$f_{cr} = \sqrt{\frac{3}{16} \left( 2h \frac{h}{100} - \left( \frac{h}{100} \right)^2 \right)} = \sqrt{\frac{3}{16} \left( \frac{h^2}{50} - \frac{h^2}{10000} \right)} = \frac{h}{16,37} = 0,061 \cdot h [\text{мм}]. \quad (10)$$

Граничне значення швидкості наростання вигину  $v_{cr,f}$  знайдемо з графіків (див. рис. 3, 4). Похідна кривої величин поздовжнього зміщення є швидкістю наростання вертикальних деформацій, граничне значення якої для цього зразка колони становить 3 [мм·хв<sup>-1</sup>]. Ця пряма є дотичною до кривої в точці, що є значенням критичного просідання навантаженого кінця на 38-й хв дії високої температури для зразка К.1 і на 70-й хв для зразка К.2. Дотичні до кривої вигину у цей момент (на 38-й хв і 70-й хв для обох зразків відповідно) будуть значенням граничної швидкості наростання вигину  $v_{cr,f}$ . Для зразка К.1 значення  $v_{cr,f1} = 8,5$  [мм·хв<sup>-1</sup>], а для зразка К.2  $v_{cr,f2} = 11,5$  [мм·хв<sup>-1</sup>]. Середнє значення граничної швидкості наростання вигину становить  $v_{cr,f} = 10$  [мм·хв<sup>-1</sup>].

Отже, формула для знаходження граничного значення швидкості наростання деформацій вигину визначатиметься за формулою:

$$v_{cr,f} = \frac{df}{dt} = \frac{10h}{1000} [\text{мм} \cdot \text{хв}^{-1}] = \frac{h}{100} [\text{мм} \cdot \text{хв}^{-1}]. \quad (11)$$

**Висновки.** Якщо неможливо визначити межу вогнестійкості за ДСТУ Б В.1.1-4-98\* через граничне значення поздовжнього зміщення навантаженого кінця колони, рекомендуємо знаходити межу вогнестійкості за значенням критичного вигину колони за формулою  $f_{cr} = 0.061 \cdot h[\text{мм}]$  або за значенням граничної швидкості наростання деформацій вигину  $v_{cr,f} = \frac{h}{100} [\text{мм} \cdot \text{хв}^{-1}]$ .

1. ДСТУ Б В.1.1-4-98\*. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги. Захист від пожежі. Держбуд України. – К., 1999. – 19 с. 2. Демчина Б.Г., Пелех А.Б., Олексин Г.М., Сурмай М.І. Поведінка дощатоклесних колон при місцевому впливі високої температури // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2009. – № 655. – С. 71–74. 3. СНиП II-25-80. Деревянные конструкции / Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1982. – 66 с. 4. Цикунов А.Е. Сборник математических формул. – Изд. 3-е стереотипное. – Минск: Высшэйшая школа, 1970. – 204 с.

УДК 624.012.45: 620.191/192

В.С. Дорофєєв, В.М. Карпюк, М.М. Петров  
Одеська державна академія будівництва та архітектури

## МІЦНІСТЬ ПРИОПОРНИХ ДІЛЯНОК ПОЗАЦЕНТРОВО СТИСНУТИХ АБО РОЗТЯГНУТИХ ПРОГІННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

© Дорофєєв В.С., Карпюк В.М., Петров М.М., 2010

Наведені експериментальні дані про механізм та можливі схеми руйнування приопорних ділянок позацентрово стиснутих або розтягнутих залізобетонних балок, їхню несучу здатність та деформаційну модель для відтворення напружено-деформованого стану, результати вдосконаленого інженерного розрахунку їхньої міцності.

**Ключові слова:** позацентровий, балка, несуча здатність, деформаційна модель.

**The experimental data on the mechanism and possible forms of destruction pryopornyh areas eccentrically compressed or stretched concrete beams, their bearing capacity and deformation model to reproduce the stress strain condition, results of improved engineering calculation of their strength.**

**Keywords:** eccentrically, beams, bearing capacity, deformation model.

**Вступ.** Опір залізобетонних елементів сумісній дії декількох внутрішніх силових факторів (поперечних і поздовжніх сил, згинальних і крутних моментів) є однією з найважливіших і не до кінця вивчених проблем як в теорії залізобетону, так і в реальному проектуванні. У зв'язку з цим виконання систематизованих експериментально-теоретичних досліджень з метою удосконалення наявних і розроблення сучасних розрахункових моделей приопорних ділянок стержневих залізобетонних елементів є важливим завданням. Пріоритетним напрямом досліджень і публікацій з вказаної теми останніми роками є розвиток нормативної бази України у сфері будівельних конструкцій на основі розширених і систематизованих досліджень, впровадження деформаційного методу розрахунку їхньої несучої здатності. Якщо несуча здатність нормальних перерізів досліджується у численних працях вітчизняних та зарубіжних дослідників, то несуча здатність похилих перерізів вказаних елементів залишається ще недостатньо вивченою.