

*О.І. Башинський, канд. техн. наук, доцент,
Н.О. Ференц, канд. техн. наук, доцент, С. Я. Вовк, канд. техн. наук
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ПОВЕДІНКА ДЕРЕВ'ЯНИХ НЕЗАХИЩЕНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД ЧАС ГОРІННЯ

Розрахунковим методом визначено час втрати несучої здатності незахищених дерев'яних колон, навантажених центрально-стискною силою з врахування зміни розмірів їх поперечного перерізу при три і чотиристоронньому горінні та різних способах закріплення кінців колон. На конкретних прикладах досліджено зміну гнучкості колон, залежно від часу та швидкості горіння, і встановлено її вплив на несучу здатність колон, а отже на значення межі вогнестійкості дерев'яних незахищених колон.

Ключові слова: несуча здатність, колона, центральний стиск, гнучкість, коефіцієнт повздожнього згину.

O. I. Bashynskiy, N. O. Ferents, S. Y. Vovk

BEHAVIOUR OF WOODEN UNPROTECTED PILLARS DURING BURNING

The article deals with the time of sustaining capacity loss of unprotected wooden pillars loaded with centrally compressive force by calculation method, with consideration of changing their cross-section size during three- and four-sided burning and with different ways of their ends' fixing. Changes of pillars' flexibility were explored on concrete examples and depending on duration and burning rate, and the influence of duration and burning rate on bearing capacity of pillars, and moreover on their fire resistance was defined.

Key words: resistance, pillar, central compression, bearing capacity, flexibility, the coefficient of longitudinal bending.

Постановка проблеми. Деревина на сьогодні є одним із популярних будівельних матеріалів. Вона екологічна, красива і довговічна. Деревина використовується не лише для будівництва будинків, але і для створення його окремих елементів, а також предметів інтер'єру.

Однак деревина – це горючий матеріал, тому однією з основних небезпек під час пожежі в будівлі є зниження міцності та обвалення несучих конструкцій під впливом відкритого полум'я та високих температур, а визначення межі вогнестійкості таких конструкцій є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В загальному випадку для визначення часу втрати несучої здатності дерев'яних конструкцій необхідно [1]:

- провести їх теплотехнічний розрахунок;
- виконати розрахунок за несучою здатністю дерев'яних конструкцій.

Момент часу впливу пожежі τ_r , при якому несуча спроможність конструкції зрівняється з величиною діючого нормативного навантаження буде фактичною межею вогнестійкості конструкції за втратою її несучої спроможності R .

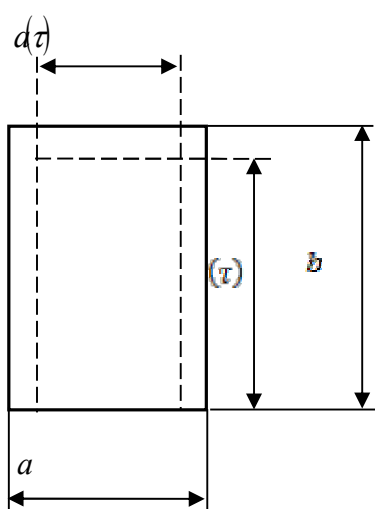


Рисунок 1 – Розрахункова схема при тристоронньому впливі пожежі.

Розрахунок полягає:

а) у визначенні часу τ_f від початку теплового впливу пожежі до загоряння деревини конструкції;

б) у визначенні зміни робочого перерізу дерев'яних конструкцій після загоряння деревини при пожежі внаслідок процесу її горіння (обвуглювання).

Силовий розрахунок вогнестійкості дерев'яних конструкцій полягає [2] у перевірці умови міцності дерев'яних конструкцій на дію відповідних нормативних навантажень, з врахуванням зміни нормальних напружень, залежно від часу горіння деревини до втрати конструкцією несучої здатності.

Мета роботи полягає у визначенні часу втрати несучої здатності центрально-стиснутих дерев'яних колон розрахунковим методом з урахуванням зміни їх розмірів при горінні.

Результати досліджень

Розрахунки виконувалися згідно з нормативними документами враховуючи такі параметри:

– обвуглювання деревини після її загоряння відбувається з постійною швидкістю;
– властивості необвугленої деревини (робочої) частини поперечного перерізу конструкції однакові на всій його площі;

– при тристоронньому впливі пожежі (стояки, що примикають до одної стіни);

– при чотиристоронньому впливі пожежі (центральні стояки, що не примикають до стін).

Розрахунковий опір різних сортів деревини беремо з таблиць.

Розрахунок зміни напруження σ_{fc} в поперечному перерізі дерев'яного центрально-стиснутого стояка [3] проводимо за формулою:

$$\sigma_{fc}(\tau) = \frac{N_H}{\varphi(\tau) \cdot A_d(\tau)} \leq R_c, \quad (1)$$

де N_H – поздовжня стиска сила від нормативних навантажень, κH ; $A_d(\tau)$ – розрахункова площа поперечного перерізу з урахуванням його обвуглювання, см^2 ; R_c – розрахунковий опір деревини на стиск, $\kappa H/\text{см}^2$; $\varphi(\tau)$ – коефіцієнт поздовжнього згину, який залежить від гнучкості стояка $\lambda(\tau)$, визначається із врахуванням зміни робочої площі поперечного перерізу елемента у відповідні моменти часу його горіння за емпіричними формулами [4]:

$$\text{– при гнучкості } \lambda(\tau) \leq 70 \quad \varphi(\tau) = 1 - 0,8 \left(\frac{\lambda(\tau)}{100} \right)^2, \quad (2)$$

$$\text{– при гнучкості } \lambda(\tau) \geq 70 \quad \varphi(\tau) = \frac{3000}{\lambda(\tau)^2}. \quad (3)$$

Гнучкість стояка (колони) визначається за формулою:

$$\lambda(\tau) = \frac{\mu \cdot l}{i(\tau)} \quad (4)$$

Несуча здатність колони в будь-який момент часу

$$P(\tau) = \varphi(\tau) \cdot A(\tau) \cdot R_c. \quad (5)$$

де $P(\tau)$ – несуче навантаження на конструкцію, κH ,

l – конструктивна довжина колони (стояка), м, μ – розрахунковий коефіцієнт приведення довжини стояка, $i(\tau)$ – радіус інерції поперечного перерізу стояка, м.

Тристоронній вплив пожежі

Розрахунки будемо виконувати для дерев'яної колони з сухої сосни 2 сорту, з вологістю 9% при $\mu=1$, висотою 3 м. Розміри поперечного перерізу: $a=18\text{см}=0,18\text{м}$; $b=20\text{см}=0,2\text{м}$. Нормативне навантаження на колони – 400 κH .

Зміна розмірів поперечного перерізу колони при її обвуглюванні залежить від швидкості та часу горіння деревини. Швидкість горіння деревини [4] залежить від розмірів поперечного перерізу колони і становить: $v = 0,08 \text{ см/хв}$ для перерізів, у яких меншою стороною $a > 12 \text{ см}$ та $v = 1,0 \text{ мм/хв}$ у випадку коли $a < 12 \text{ см}$.

Зміна розмірів поперечного перерізу деревини при її горінні:

$$a(\tau) = a - 2v\tau; \text{ та } b(\tau) = b - v\tau.$$

Площа поперечного перерізу дерев'яного елемента в довільний момент часу буде:

$$A_d(\tau) = (a - 2v\tau) \cdot (b - v\tau).$$

Мінімальний радіус інерції поперечного перерізу колони, яка горить, визначаємо відносно осі, паралельної довшій стороні $b(\tau)$: $i(\tau) = 0,289 (a - 2v\tau)$.

Гнучкість стояка (колони) буде: $\lambda(\tau) = \frac{\mu l}{0,289 (a - 2v\tau)}$.

Графіки зміни гнучкості та несучої здатності колони залежно від часу горіння деревини при пожежі (рис.2 та рис3):

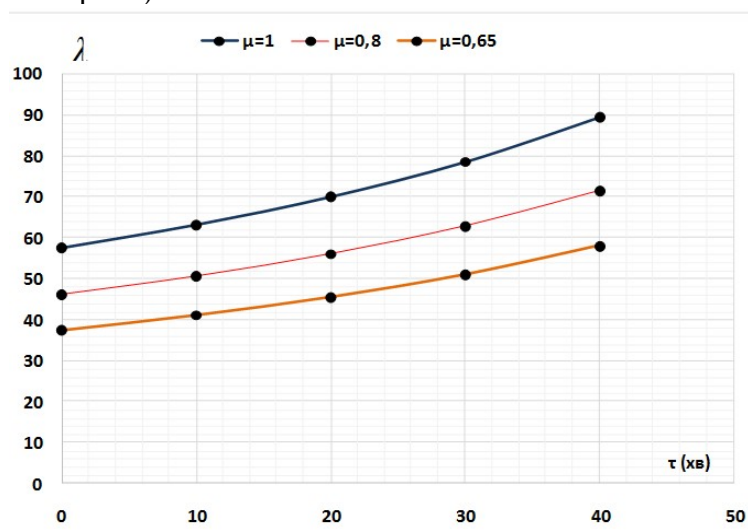


Рисунок 2 – Залежність гнучкості колони від способу закріплення її кінців, часу горіння при тристоронньому впливі пожежі: 1) $\mu = 1$; 2) $\mu = 0,8$ та 3) $\mu = 0,65$

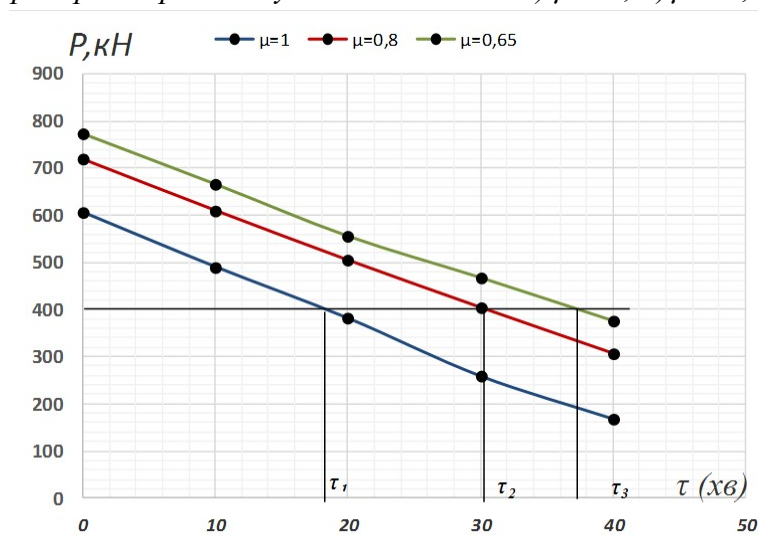


Рисунок 3 – Зміна несучої здатності в колонах при різних способах закріплення її кінців та часу горіння у випадку трьохстороннього впливу пожежі при:

1) $\mu = 1$; 2) $\mu = 0,8$ та 3) $\mu = 0,65$

Чотиристоронній вплив пожежі

Зміна розмірів поперечного перерізу деревини при її горінні відбувається за такими залежностями:

$$a(\tau) = a - 2v\tau; \text{ та } b(\tau) = b - 2v\tau.$$

Площа поперечного перерізу дерев'яного елемента в довільний момент часу буде:

$$A_d(\tau) = (a - 2v\tau) \cdot (b - 2v\tau).$$

Мінімальний радіус інерції поперечного перерізу колони, яка горить, визначасмо відносно осі паралельної довшій стороні $b(\tau)$: $i(\tau) = 0,289 (a - 2v\tau)$.

$$\text{Гнучкість стояка (колони) буде: } \lambda(\tau) = \frac{\mu l}{0,289 (a - 2v\tau)}.$$

Графіки зміни несучої здатності колони залежно від часу горіння деревини при пожежі (рис.4):

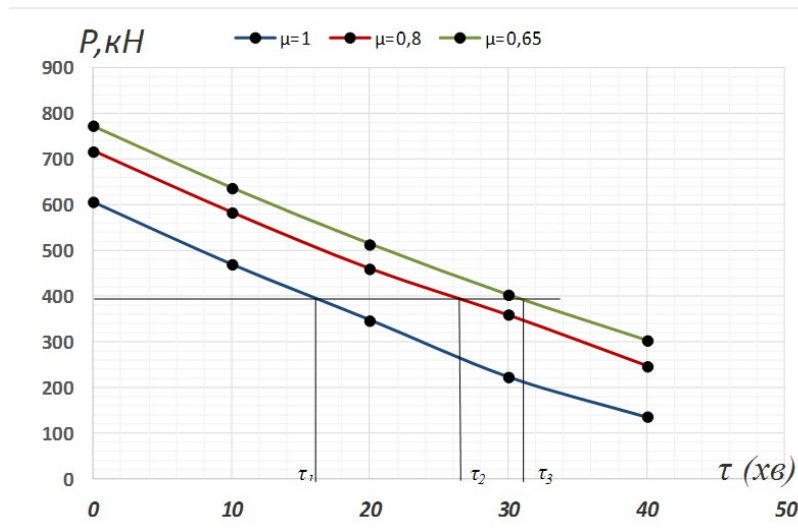


Рисунок 4 – Зміна несучої здатності в колонах при різних способах закріплення її кінців та часу горіння у випадку тристороннього впливу пожежі при: 1) $\mu = 1$, 2) $\mu = 0,8$, 3) $\mu = 0,65$

Висновки:

При тристоронньому горінні несуча здатність колон змінюється за практично лінійним законом прямо пропорційно коефіцієнту приведення довжини μ та за 40 хв їх горіння зменшується: – в 3,55 раза при $\mu = 1$; – в 2,34 раза при $\mu = 0,8$ та в 2,05 раза при $\mu = 0,65$

Час, за який втрачається несуча здатність колон: при $\mu = 1$ $\tau_{f,r} = 19,35 \text{ год}$; при $\mu = 0,8$ $\tau_{f,r} = 31,5 \text{ хв}$, а при $\mu = 0,65$ – $\tau_r = 42,42 \text{ хв}$.

При чотиристоронньому горінні гнучкість колон порівняно із тристороннім впливом не змінюється, оскільки зменшення розміру $b(\tau)$ не впливає на значення мінімального радіуса інерції.

Несуча здатність колон змінюється практично за лінійним законом прямо пропорційно коефіцієнту приведення довжини μ . Так за 40 хв їх горіння зменшується – в 4,46 раза при $\mu = 1$; – в 2,89 рази при $\mu = 0,8$; та в 2,54 раза при $\mu = 0,65$.

Втрата несучої здатності становить: при $\mu = 1$, $\tau_r = 15,8 \text{ хв}$; при $\mu = 0,8$, $\tau_r = 26,03 \text{ хв}$, а при $\mu = 0,65$, $\tau_r = 30,42 \text{ хв}$.

Список літератури:

1. Тацій Р. Двопараметрична модель стійкості стрижня з урахуванням власної ваги / Р. Тацій, О. Пазен, Т. Дячун. // Збірник "Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології". – 2014. – №19. – С. 198–207.
2. Бучок Ю.Ф. Будівельні конструкції: Основи розрахунку. –К.: Вища шк., 1994.-447с.
3. Гурняк Л.І., Гуцуляк Ю.В., Юзьків Т.Б. Опір матеріалів: Посібник для вивчення курсу при кредитно-модульній системі навчання. – Львів: "Новий світ – 2000", 2005.- 364с.
4. СНиП II-25-80 Деревянные конструкции.

References:

1. Tatsiy R. Dvoparametrychna model stiykosti stryzhnya z urakhuvannyam vlasnoyi vahy / R. Tatsiy, O. Pazen, T. Dyachun. // Zbirnyk "Fyzyko-matematychno modelyuvannya ta informatsiyi tekhnolohiyi". – 2014. – №19. – S. 198–207. (inUkr.).
2. Buchok Yu.F. Budivelni konstruktsiyi: Osnovy rozrakhunku. – K.: Vyshcha shk., 1994. – 447s. (inUkr.).
3. Hurnyak L.I., Hutsulyak YU.V., Yuzkiv T.B. Opirmaterialiv: Posibnyk dlya vyvchennya kursu pry kredytno-modulniy systemi navchannya. – Lviv: "Novyysvit – 2000", 2005. – 364s. (inUkr.).
4. SNiP II-25-80 Derevyannye konstruktsyy.(in Rus.).

