

*Ю.В. Цапко, канд. техн. наук, ст. наук. співр.
(Київський науково-дослідний інститут судових експертиз МЮ України)
В.М. Баланюк, канд. техн. наук
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Проведено дослідження впливу швидкості обвуглювання на зменшення робочого перерізу дерев'яної конструкції, визначено ефективність вогнезахисту деревини на зменшення робочого перерізу та збільшення вогнестійкості дерев'яних конструкцій стійкості.

Ключові слова: стійкість деревини, швидкість обвуглювання, руйнування деревини, вогнезахист.

Актуальність проблеми. Причиною виходу із ладу дерев'яних конструкцій є зменшення їх робочого перерізу у результаті обвуглювання при горінні.

По мірі зменшення робочого перерізу дерев'яної конструкції, напруження від нормативного навантаження збільшується і при досягненні ними межі міцності деревини, проходить руйнування конструкції.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відповідно до п. 1.2 СНиП II-25-80 "Дерев'яні конструкції" [1] при проектуванні дерев'яних конструкцій слід передбачати захист їх від зволоження, біопшкодження, корозії та від займання при пожежі.

Так у загальному випадку для розрахунку межі вогнестійкості дерев'яних конструкцій необхідно вирішення двох завдань: теплотехнічності та міцності.

Вирішення теплотехнічної задачі вогнестійкості дерев'яних конструкцій полягає:

а) у визначенні часу τ , від початку теплового впливу пожежі до займання деревини у конструкції;

б) у визначенні зміни робочого перерізу дерев'яної конструкції після займання деревини при пожежі, за рахунок процесу її обвуглювання.

Вирішення завдання міцності дерев'яних конструкцій полягає:

а) у визначенні зміни відповідних напружень в розрахункових перерізах конструкцій від нормативних навантажень в залежності від зміни робочих перетинів дерев'яної конструкції через обвуглювання деревини після її займання при пожежі;

б) у перевірці умов міцності дерев'яної конструкції на вплив відповідних нормативних навантажень, з урахуванням зміни напружень від цих нормативних навантажень, в залежності від часу горіння деревини до втрати конструкцією несучої здатності.

Змінення напружень розтягу $\sigma_p(\tau)$ центрально розтягнутих елементів, залежно від часу їх горіння під час пожежі τ слід визначати з виразу:

$$\sigma_p(\tau) = \frac{N_n}{F_{nm}(\tau)}, \quad (1)$$

де: N_n – поздовжня сила від нормативних навантажень, Н;

$F_{nm}(\tau)$ – площа поперечного перерізу елемента, нетто, залежно від часу горіння при пожежі τ , м².

Час τ_p – від початку займання елемента конструкції при пожежі до втрати ним несучої здатності визначається з умови:

якщо
$$\sigma_p(\tau) \geq R_p \quad (2)$$

Зміну напружень стиску $\sigma_c(\tau)$ центрально стиснутих елементів, залежно від часу їх горіння при пожежі τ , слід визначати:

а) за міцністю з умови:

$$\sigma_c(\tau) = \frac{N_n}{F_{nm}(\tau)} \quad (3)$$

б) за стійкістю з умови:

$$\sigma_c(\tau) = \frac{N_n}{\varphi(\tau) \cdot F_c(\tau)} \quad (4)$$

де: $\varphi(\tau)$ – коефіцієнт поздовжнього згину, визначуваний з урахуванням зміни робочого перерізу елемента в моменти часу τ його горіння і відповідно до положень СНиП II-25-80;

$F_c(\tau)$ - розрахункова площа поперечного перерізу елемента, з урахуванням його обвуглювання, яка приймається відповідно до п. 4.2 СНиП II-25-80.

Час τ від початку займання елемента дерев'яної конструкції при пожежі до втрати ним несучої здатності, визначається з умови:

якщо
$$\sigma_p(\tau) \geq R_c. \quad (5)$$

Змінену згинальних $\sigma_g(\tau)$ і сколюючих $\sigma_{ск}(\tau)$ напружень згинальних елементів, в залежності від часу τ їх горіння при пожежі, визначаються з виразів:

$$\sigma_g(\tau) = \frac{M_n}{W_p(\tau)}, \quad (6)$$

$$\sigma_{ск} = \frac{Q_n \cdot S_{gp}(\tau)}{J_{gp}(\tau) \cdot b(\tau)} \quad (7)$$

де: M_n – згинальний момент в розрахунковому перерізі від нормативних навантажень, кН·м;
 $W_p(\tau)$ – момент опору робочого перерізу елементів, залежно від часу горіння при пожежі, м³;

Q_n – поперечна сила в розрахунковому перерізі від нормативних навантажень, кН;

$S(\tau)$ – статичний момент, бруто, залежно від часу τ горіння розрахункового перерізу при пожежі, м³;

$J_{gp}(\tau)$ – момент інерції розрахункового перерізу, бруто, в залежності від часу τ горіння розрахункового перерізу при пожежі, м⁴;

$b(\tau)$ – ширина елемента, залежно від часу τ його горіння при пожежі, м.

Час τ від початку займання елемента при пожежі до втрати ним несучої здатності, визначається з умов:

а) міцності на вигин

якщо
$$\sigma_g(\tau) \geq R_g,$$

б) міцності на сколювання

якщо
$$\sigma_{ск}(\tau) \geq R_{ск}.$$

Виклад основного матеріалу. За експериментальними даними, середня швидкість обвуглювання деревини в конструкціях така: масивні елементи перетином не менше 150x150 мм – 0,6 мм/хв., дощата обшивка, перегородки з дошок товщиною 15-20 мм – 0,8÷1,0 мм/хв. [6]. Ці дані відносяться до необробленої деревини.

Що стосується захищеної деревини, то значення швидкості обвуглювання невідомі і залежать від природи модифікаторів і їх властивостей.

Прогнозування середньої швидкості обвуглювання для деревини запропоновано проводити за залежністю [2]:

$$V_o = \frac{m}{\rho_w}, \quad (8)$$

де m – масова швидкість вигорання деревини (швидкість втрати маси), кг/(м²·с);

ρ_w – щільність деревини у сухому стані (вологість 10÷12 %), кг/м³.

Дослідженнями проведеними в [3] встановлено, що для захищеної деревини швидкість вигорання становить 2,8 г/(м²·с), а для необробленої – 8,1 г/(м²·с) відповідно. Визначена

швидкість обуглювання деревини становить для захищеної 0,000336 м/хв. і відповідно для необробленої – 0,00096 м/хв.

Розглянемо дерев'яну стійку з суцільної деревини. Матеріал стійки - сосна першого сорту. Перетин $b \times h = 0,22 \times 0,20$ м. Вологість деревини – 10÷12 %, Навантаження на стійку $N_H = 740$ кН.

Варіанти вогнезахисту:

- без вогнезахисту;
- вогнезахист просоченням.

Розрахунковий опір деревини стійки стиску згідно з СНиП II-25-80 для деревини I сорту становить $R_c = 25$ МПа.

Задаємо послідовні моменти часу горіння дерев'яної стійки при пожежі, визначаємо робочий переріз стійки ($F_c(\tau)$) і напруження стиску ($\sigma_c(\tau)$) (рис. 1).

$\sigma_c(\tau)$, МПа

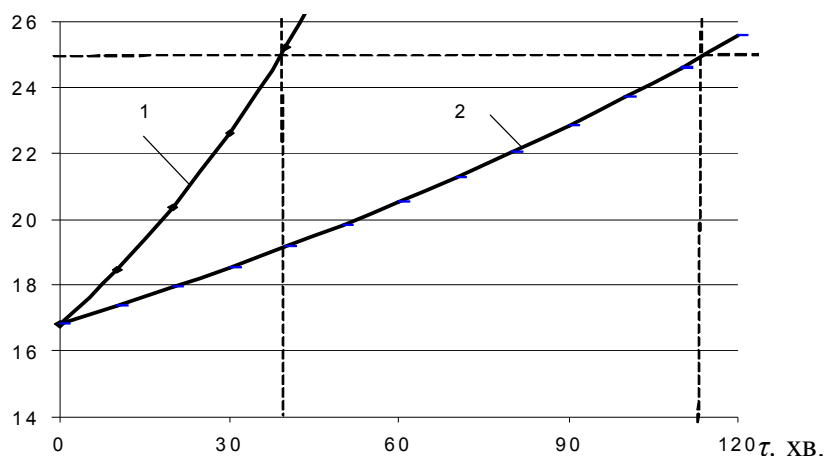


Рис. 1. Залежність напруження стиску ($\sigma_c(\tau)$) від часу горіння τ дерев'яної стійки:
1 – необроблена деревина, 2 – оброблена

Визначаємо час τ від початку займання дерев'яної стійки при пожежі до втрати нею несучої здатності згідно якої $\sigma_p(\tau) \geq R_c = 25$ МПа. Ця умова виконується для необробленої деревини на 40 хв., для обробленої – на 120 хв.

Розглянемо дерев'яну двосхилу дощану балку покриття. Проліт балки 10 м; ширина балки 17 м; висота в середині прольоту $h_c = 1,3$ м; висота на опорі – $h_{on} = 0,8$ м; матеріал - сухі соснові дошки другого сорту. Опора шарнірна. Нормативне навантаження; сумарне навантаження від власної ваги балки, власної ваги покриття, снігового навантаження $q_H = 11,5$ кН/м.

Визначаємо розрахункові опори деревини балки, працюючої на вигин.

Згідно з СНиП II-25-80 для сосни другого сорту маємо:

- розрахунковий опір на вигин $R_b = 26$ МПа;
- розрахунковий опір на сколювання вздовж волокон деревини $R_{ск} = 3,2$ МПа.

Визначаємо значення згинального моменту M у перерізі балки, найбільш небезпечного з нормальним напруженням.

Визначаємо положення найбільш небезпечного за нормальним напруженням розрахункового перерізу:

$$x = \frac{l \cdot h_{on}}{2 \cdot h_c} = 3,07 \text{ м} \quad (9)$$

Визначаємо висоту балки у розрахунковому перерізі:

$$h_p = h_{on} + \frac{2(h_c - h_{on}) \cdot x}{l} = 0,95 \text{ м} \quad (10)$$

Визначаємо згинальний момент в розрахунковому небезпечному перерізі:

$$M_x = \frac{q_n \cdot x(l-x)}{2} = 122 \text{ кН}\cdot\text{м} \quad (11)$$

Визначаємо значення максимальної перерізуючої сили на опорі балки:

$$Q = \frac{q \cdot l}{2} = 57,5 \text{ кН} \quad (12)$$

Визначаємо напруження вигину в розрахунковому перерізі балки від згинального моменту M в різні моменти часу.

Визначаємо для обраних моментів часу розміри робочого перерізу балки $h(\tau)$ і $b(\tau)$ з урахуванням швидкості обвуглювання деревини; момент опору $W(\tau)$ розрахункового перерізу балки; відповідні напруження зигину $\sigma_g(\tau)$ в розрахунковому перерізі (рис. 2).

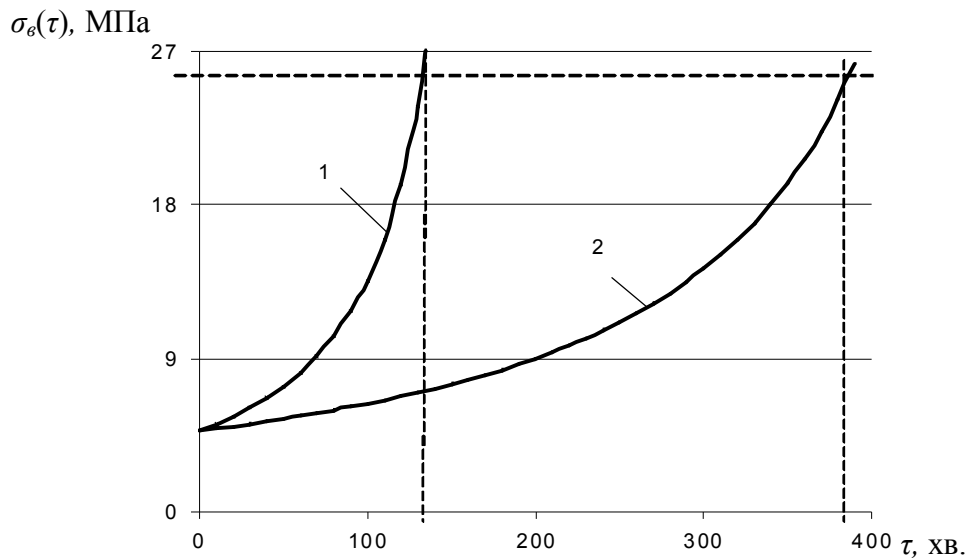


Рис. 2. Залежність напруження вигину ($\sigma_g(\tau)$) від часу обвуглювання τ дерев'яної балки: 1 – необроблена деревина, 2 – оброблена

Визначаємо напруження сколювання $\sigma_{ск}(\tau)$ в опорному перерізі балки в обрані моменти часу, з урахуванням зменшення робочого перерізу балки через біоруйнування (рис. 3).

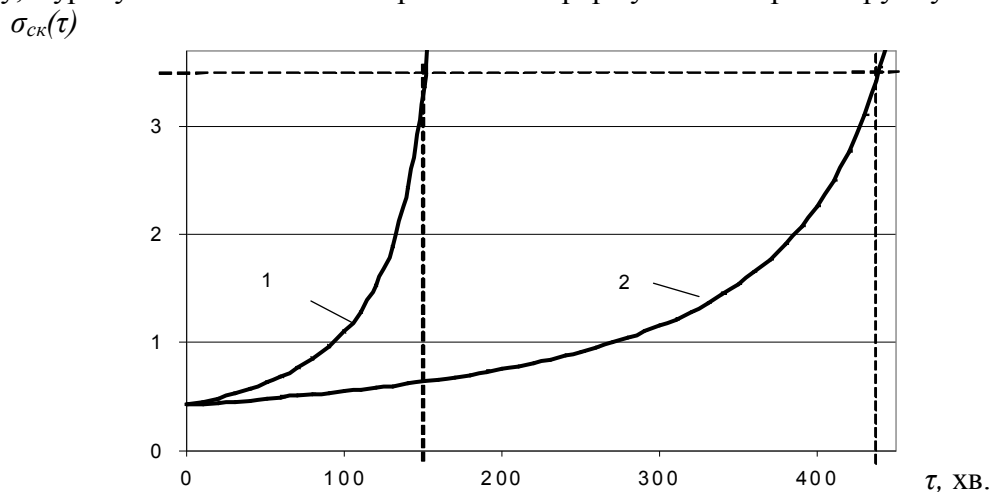


Рис. 3. Залежність напруження сколювання ($\sigma_{ск}(\tau)$) від часу біоруйнування τ дерев'яної балки: 1 – необроблена деревина, 2 – оброблена

Аналіз отриманих розрахунків свідчить про те, що при обвуглюванні втрата міцності балки на вигин відбувається раніше, ніж втрата міцності балки на сколювання.

Тому визначення межі стійкості від обвуглювання балки необхідно проводити за втратою міцності на вигин. Визначений час від початку руйнування деревини балки до втрати балкою своєї несучої здатності від зусиль вигину на опорі балки від згинального моменту M становить близько 130 хв.

Висновок. Таким чином, оброблення деревини знижує швидкість обвуглювання робочого перерізу і збільшує вогнестійкість дерев'яних конструкцій майже втричі.

Список літератури:

1. СНиП II-25-80 Деревянные конструкции. – М. 1996.
2. Шналь Тарас. Вогнестійкість та вогнезахист дерев'яних конструкцій: Навчальний посібник. – Львів. Видавництво Національного університету “Львівська політехніка”, 2006. – 220 с.
3. Цапко Ю.В. Аспекти визначення параметрів вогнезахисту деревини для підвищення протипожежного захисту складів зберігання озброєння і боєприпасів // Зб. наук. пр. Севастопольського військово-морського інституту ім. П.С. Нахімова. – Севастополь: СВМІ. – 2008. – Вип. 1(14). – С. 142–146.
4. Цапко Ю.В. Модельовання процесу біоруйнування целюлозовмісних матеріалів // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2007. – Вип. 49. С. 254-265.

Ю.В. Цапко, В.М. Баланюк

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Проведены исследования влияние скорости обугливания древесины на уменьшение рабочего сечения деревянных конструкций, определено эффективность огнезащиты древесины на уменьшение рабочего сечения и увеличение огнестойкости деревянных конструкций.

Ключевые слова: стойкость древесины, скорость обугливания, разрушение древесины, огнезащита.

Yu.V.Tsapko, V.M. Balanyuk

RESEARCH OF FIRE PROTECTION OF WOOD ON FIRE-RESISTANCE OF TIMBER STRUCTURES

Research of the influence of wood charring rate on reducing the wood working section is conducted, efficient fire protection of wood against reducing working section and increased fire resistance of timber structures are determined.

Key words: resistance of wood, charring rate, destruction of wood, fire protection.

