

УДК 614.841.415

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2023.7.1.119.130>

Сергій ПОЗДЄЄВ, доктор технічних наук, професор (ORCID: 0000-0002-9085-0513),

Ольга НЕКОРА, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
(ORCID: 0000-0002-5202-3285),

Микола ЗМАГА, доктор філософії (ORCID: 0000-0003-3601-292X),

Яна ЗМАГА, кандидат технічних наук, доцент (ORCID: 0000-0001-8389-9709),

Аліна НОВГОРОДЧЕНКО, доктор філософії (ORCID: 0000-0003-2347-093)

Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля

Національного університету цивільного захисту України

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ШВИДКОСТІ ОБВУГЛЮВАННЯ ФРАГМЕНТІВ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК З ОБЛИЦЮВАННЯМ ДВОХ ТИПІВ

В даній статті наведені отримані результати глибини обвуглювання дерев'яних балок при проведенні вогневих випробувань за стандартним температурним режимом із вогнезахисним облицюванням із OSB плитами та вогнезахисною фанерою. Отримані експериментальні результати температурних розподілів у перерізі фрагментів дерев'яної балки, які лежать в основі отриманих залежностей швидкості обвуглювання від часу дії теплового потоку, були апроксимовані у вигляді поліномів. Проведені дослідження визначають закономірності зміни температури у внутрішніх шарах фрагментів дерев'яних балок облицьованої вогнезахисною фанерою та OSB плитами, що залежить від часу їх експонування за стандартним температурним режимом пожежі. Крім того, визначено закономірності зміни бокової та торцевої товщини обвугленого шару, відповідних швидкостей обвуглювання фрагментів зразків з облицюванням вогнезахисною фанерою та OSB плитами дерев'яних балок залежно від часу експонування за стандартним температурним режимом.

Ключові слова: вогнестійкість дерев'яних конструкцій, стандартна температурна крива, пожежа, обвуглювання.

Постановка проблеми. Останнім часом все більш широкого вжитку в будівництві набувають клеєні дерев'яні конструкції і деталі з деревини у вигляді балок прямокутного й таврового перетину, прогонів, елементів ферм і арок. Проте, дані дерев'яні конструкції класифікують як матеріали підвищеної горючості, легкозаймисті, з високою димоутворювальною здатністю, які значно поширюють полум'я поверхнею. Зважаючи на спалимість таких конструкцій, залишається актуальним питання гарантування їх нормованої вогнестійкості, як складової комплексного забезпечення пожежної безпеки об'єктів будівництва. Ефективним засобом забезпечення проектної вогнестійкості дерев'яних конструкцій залишається застосування вогнезахисного облицювання. Перспективним матеріалом для вогнезахисного облицювання є вогнестійкі плити OSB та вогнестійка фанера. Тому, для забезпечення нормованої межі вогнестійкості такої поширеної будівельної конструкції, як дерев'яна балка, було використано вогнезахисне облицювання на основі орієнтовно-стружкових плит OSB та вогнезахисної фанери.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний обсяг теоретичних і експериментальних досліджень щодо фанери та вогнестійкої фанери напрацьовано: Беліковим А. С., Жартовським С. В., Шналем Т. М., Цапком Ю. В., William J. Lot, Ward T. A., Morgan D. J., та інші.

Слід зазначити, що в дослідженнях даних науковців, недостатньо приділено уваги прогнозуванню поведінки дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням вогнезахисною фанерою та облицювання на основі орієнтовно-стружкових плит OSB умовах дії високих температур та навантаження, оскільки не враховуються особливості зміни геометричних параметрів зони обуглювання.

Викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів. Проектування дерев'яних конструкцій зазначеної надійності й терміну експлуатації регламентоване ДБН В.1.2-14 [1] і ДБН В.1.2-2 [2]. Стосовно вимог із вогнестійкості, то проектування дерев'яних конструкцій проводять згідно з ДСТУ-Н-17 Б В.2.6-157 [3]. Також слід приділяти увагу умовам експлуатації за характеристикам температурно-вологісних впливів, за природною довговічністю відповідно до вимог ДСТУ EN 350-2 [4] для конкретного класу експлуатації, установленого в ДСТУ EN 335-1 [5], ДСТУ EN 335-2 [6]. Конструкцію необхідно спроектувати так, щоб вона зберігала несучу здатність упродовж відповідного часу вогневого впливу, щоб забезпечити необхідне пожежне відсікання елементів, які утворюють пожежний відсік. І має бути спроектована таким чином, щоб зберігати роздільну функцію протягом відповідного часу вогневого впливу [7]. В експериментальному дослідженні дерев'яні зразки є фрагментами клеєних дерев'яних балок із прямокутним перерізом. Виготовлення клеєних балок повинно повністю відповідати вимогам ДСТУ EN 338 [8].



а.

б.

в.

Рисунок 1. Загальний вигляд експериментального зразка-фрагмента дерев'яної балки з облицюванням OSB плит: а) з подвійним шаром вогнезахисного облицювання; б) з одним шаром вогнезахисного облицювання; в) без вогнезахисту



а.



б.



в.

Рисунок 2. Загальний вигляд експериментального зразка-фрагмента дерев'яної балки: з облицюванням вогнезахисною фанерою: а) без вогнезахисту; б) з одним шаром вогнезахисного облицювання; в) з подвійним шаром вогнезахисного облицювання

На рис. 1 та рис. 2 вказані загальні вигляд експериментальних зразків з двома різними видами облицювання які виконано з сушеної сосни. Фрагмент балки набирається з бруса прямокутного перерізу 70×50×350 мм. Для фрагмента покриття застосовано клеєну фанера товщиною 16 мм і розміром 350×350 мм, що скріплювалась з балкою чотирма цвяхами Ø 70×4; з вогнезахисним облицюванням (з одним та подвійним шаром і зразки без вогнезахисту), а також використано деревно-стружкові плити OSB-3 Kronospan 2500x1250x12 мм, які кріпились до зразка за Ø70×4,8 за допомогою шурупів по дереву як вказано на рис. 3.

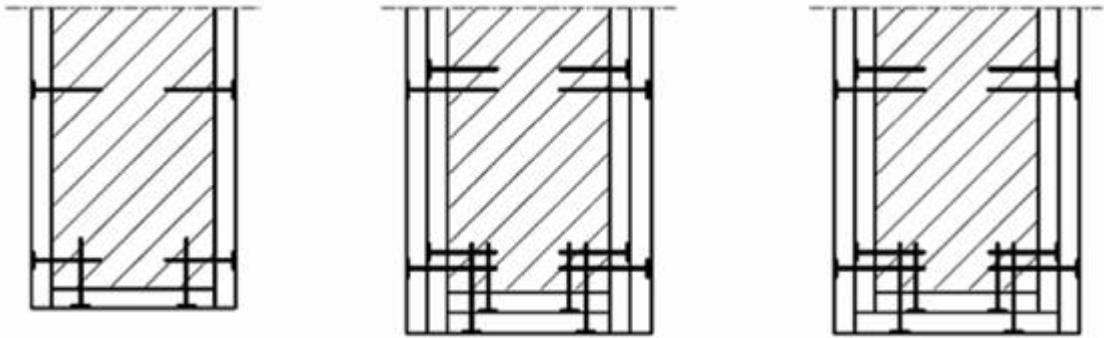


Рисунок 3. Приклади закріплення захисних панелей до балок

Узято до уваги той факт, що вплив стандартної пожежі та вогнестійкість не перевищують 60 хв. Вогнестійкість з'єднань типу «дерево – дерево», де розміри, відстані до граней і розміри бічних елементів відповідають мінімальним вимогам. Елементи бруса склеювались клеєм, який найчастіше використовується у технологіях виготовлення клейових конструкцій (клей резорциновий ФР-12) [9].

Для детального дослідження глибини обуглювання було проведено комплекс вогневих випробувань за стандартним температурним режимом і вимірювання структури зразків-фрагментів дерев'яних балок до випробування та після випробування.

Швидкість обуглювання – це комплексний процес, який залежить від характеру взаємодії між піролізом деревини та генерацією тепла. Така швидкість не є сталою упродовж вогневого впливу та має два максимуми: на початку, коли вугілля ще не сформувалось і вкінці, коли температура в центрі елемента починає зростати. Існує рекомендована швидкість обуглювання, яку використовують для проектування дерев'яних конструкцій, що базується на експериментальних даних, зазначених в таблиці 1 [10].

Таблиця 1. Рекомендовані швидкості обуглювання для проектування дерев'яних конструкцій

№	Вид деревини	Швидкість обуглювання, мм/хв
1.	Легка, суха деревина	0,8
2.	Деревина хвойних порід середньої щільності	0,6
3.	Деревина хвойних порід	0,61 – 0,84
4.	Деревина листяних порід	< 0,53
5.	Масивна, волога деревина	0,4
6.	Клеєні дерев'яні балки та колони	0,6
7.	Деревина загалом	0,6 – 1,0

Обвуглювання враховують для всіх поверхонь деревини та панелей на основі деревини, безпосередньо експонованих на вплив вогню, а також для поверхонь, які спочатку були захищені від вогневого впливу та обвуглились через певний час від його початку. Глибину обвуглювання визначають як відстань між зовнішньою поверхнею початкового елемента та положенням лінії обвуглювання, яку розраховують залежно від часу вогневого впливу та відповідної швидкості обвуглювання.

Для поверхонь, захищених вогнезахисним облицюванням, інші захисні матеріали або інші конструктивні елементи, необхідно брати до уваги, якщо [11]:

- початок обвуглювання затримується до часу t_{ch} ;
- обвуглювання може починатися до руйнування вогнезахисного облицювання з швидкістю обвуглювання нижчою, ніж та, яка подана в таблиці 1 до часу руйнування t_f вогнезахисного облицювання;
- після часу руйнування t_f вогнезахисного облицювання, швидкість обвуглювання перевищує значення представлені в таблиці 1 до часу t_a , описаного нижче;
- з часу t_a , коли глибина обвуглювання дорівнює меншій із величин або глибині подібного елемента без вогнезахисного облицювання, або 25 мм, швидкість обвуглювання знову набуває значень, наведених в таблиці 1.

Під час випробувань необхідно зважати на: час до початку обвуглювання елемента; час руйнування вогнезахисного облицювання або іншого протипожежного матеріалу; швидкість обвуглювання перед руйнуванням захисту. Також в розрахунках необхідно зазначити вплив незаповнених зазорів, більших ніж 2 мм в стиках облицювання, а саме вплив на початок обвуглювання і відповідно на швидкість обвуглювання перед руйнуванням захисту [11].

Для вогнезахисного облицювання, що складається з одного або декількох шарів панелей на основі деревини чи дерев'яної обшивки, час початку обвуглювання захищеного дерев'яного елемента визначається так [11]:

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0}; \quad (1)$$

де: h_p – товщина панелі, що має декілька шарів, сумарна товщина;

t_{ch} – час початку обвуглювання.

Стосовно часу руйнування, то для вогнезахисного облицювання із дерев'яної обшивки та панелей на основі деревини, закріпленого до балок та колон визначають як [9]:

$$t_f = t_{ch}; \quad (2)$$

де: t_{ch} – визначено відповідно до (1).

Довжина проникнення l_a кріплень у необвугленій деревину повинна бути меншою 10 мм. Необхідна довжина кріплення $l_{f,req}$, розраховується за формулою:

$$l_{f,req} = h_p + d_{char,0} + l_a; \quad (3)$$

де: $d_{char,0}$ – глибина обвуглювання дерев'яного елемента;

l_a – мінімальна довжина проникнення кріплення в необвуглену деревину.

Час руйнування захисного облицювання, виготовленого з панелей на основі деревини визначають так:

$$t_f = \frac{h_p}{\beta_0} - 4; \quad (4)$$

де: t_f – час руйнування облицювання, хв;

β_0 – розрахункова швидкість обвуглювання за стандартного вогневого впливу, мм/хв.

Таким чином, розрахунок характеристик поперечного перерізу повинен базуватись на фактичній глибині обвуглювання з урахуванням заокруглення кутів елементів конструкції.

Таблиця 2. Отримані значення товщини шару обвуглювання зразків – фрагментів дерев'яних балок з подвійним шаром вогнезахисного облицювання OSB – плитами

Номер зразка	Час експ., хв.	L, мм	L ₀ , мм	B, мм	B ₀ , мм	B ₁ , мм	B ₂ , мм	B ₃ , мм
1.7	15	200	200	70	70	70	70	70
1.8		200	200	70	70	70	70	70
1.9		200	200	70	70	70	70	70
2.7	30	200	199	70	70	70	70	70
2.8		200	199	70	70	70	70	70
2.9		200	199	70	70	68	70	70
3.7	60	200	186	70	50	50	49	48
3.8		200	180	70	44	45	45	44
3.9		200	172	70	46	47	48	44

Таблиця 3. Отримані значення товщини шару обвуглювання зразків – фрагментів дерев'яних балок з подвійним шаром вогнезахисного облицювання вогнезахисною фанерою

Номер зразка	Час експ., хв.	L, мм	L ₀ , мм	B, мм	B ₀ , мм	B ₁ , мм	B ₂ , мм	B ₃ , мм
1.4	15	200	200	70	70	70	70	70
1.5		200	200	70	70	70	70	70
1.6		200	200	70	70	70	70	70
2.4	30	200	190	70	65	65	65	60
2.5		200	193	70	70	70	66	62
2.6		200	195	70	70	70	68	65
3.4	60	200	173	70	55	50	46	36
3.5		200	165	70	53	51	48	44
3.6		200	165	70	53	50	47	42

Отримані залежності висвітлені в таблиці 2 та таблиці 3 по глибинах обвуглювання, можуть встановлюватися швидкості обвуглювання від часу які змінювалися та були апроксимовані поліноміальними регресійними залежностями типу:

$$\beta(t) = a_1 + a_2t + a_3t^2 + a_4t^3, \quad (5)$$

де a_1, a_2, a_3, a_4 – коефіцієнти регресії.

Таким чином, відповідно до Eurocode 5 [11], нами були визначені температурні розподіли у перерізі фрагменту дерев'яної балки, який був підданий випробуванням з

використанням рекомендацій, що містять відповідний стандарт [7] щодо розрахункових методів оцінки вогнестійкості дерев'яних будівельних конструкцій.

При аналізі експериментальних даних, було отримано параметри регресійних залежностей, що представлені в табл. 4 та табл. 5 для вогнезахисного облицювання на основі вогнезахисної фанери для облицювання OSB – плитами відповідно.

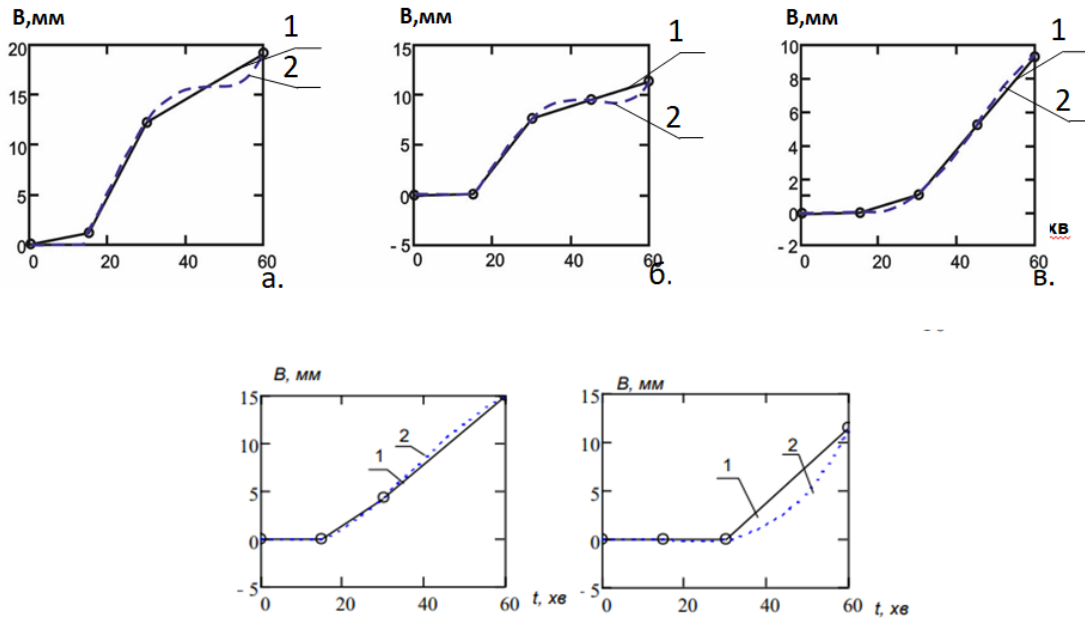
Таблиця 4. Параметри регресійних залежностей бокової товщини обвуглювання від часу експонування для зразків

Коефіцієнти регресії $d(t) = b_1 + b_2t + b_3t^2 + b_4t^3$	b_1 , мм	b_2 , мм хв. ⁻¹	b_3 , мм хв. ⁻²	b_4 , мм хв. ⁻³
Без облицювання	0,662	0,673	-6,01·10 ⁻³	0
З одним шаром облицюванням вогнезахисною фанерою	0	0,585	-0,013	1,111
З подвійним облицюванням вогнезахисною фанерою	0,47	0,384	-3,648·10 ⁻³	0
З одним шаром облицюванням OSB – плитами	0	-0,211	0,016	-1,42·10 ⁻⁴
З подвійним шаром облицюванням OSB – плитами	0	0,064	-6,412·10 ⁻³	1,425·10 ⁻⁴

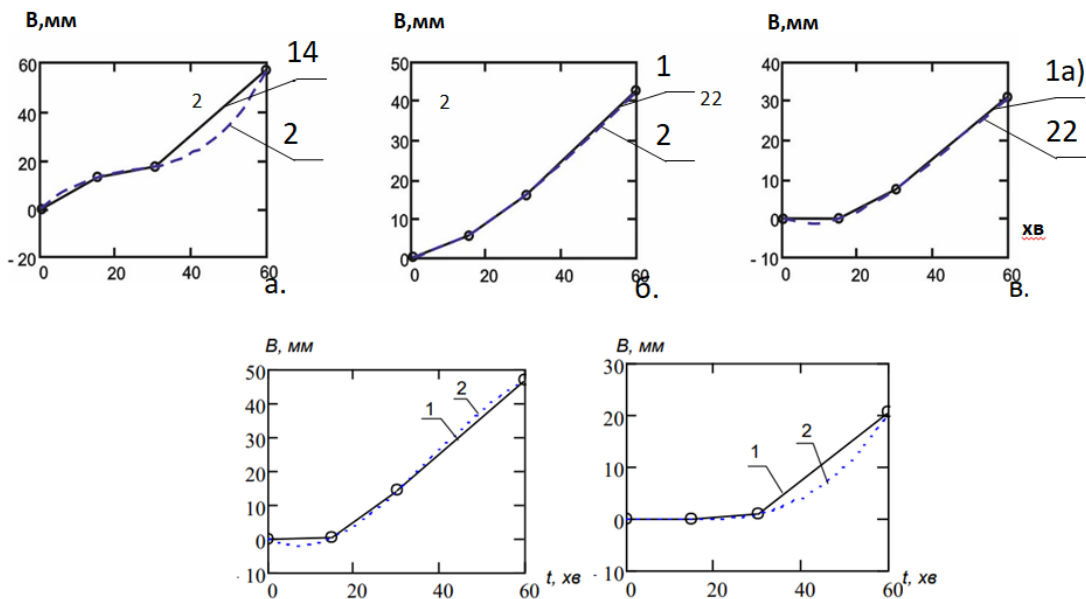
Таблиця 5. Параметри регресійних залежностей торцевої товщини обвуглювання від часу експонування для зразків

Коефіцієнти регресії $d(t) = b_1 + b_2t + b_3t^2 + b_4t^3$	b_1 , мм	b_2 , мм хв. ⁻¹	b_3 , мм хв. ⁻²	b_4 , мм хв. ⁻³
Без облицювання	1,536	0,353	9,192·10 ⁻³	0
З одним шаром облицюванням вогнезахисною фанерою	0,718	0,336	1,448·10 ⁻³	0
З подвійним шарами облицюванням вогнезахисною фанерою	0	1,031	-0,022	1,687·10 ⁻⁴
З одним шаром облицювання OSB – плитами	0	-0,576	0,048	-4,156·10 ⁻⁴
З подвійним шаром облицювання OSB – плитами	0	0,048	-5,926·10 ⁻³	1,811·10 ⁻⁴

Отримані дані в подальшому будуть використані в розрахунках регресійних залежностей бічних та торцевих товщини шару обвуглювання, які зображені на рис. 4 та 5 для вогнезахисної фанери та OSB-плит відповідно, що базуватимуться на кривих Без'є які показують лінії зони обвуглювання, обмежують зону дерева, яка ще необвуглена. Тобто та частина дерев'яної балки, що має несучу здатність і несе супротив діючим навантаженням. Для визначення межі міцності балки потрібно розрахувати граничні зусилля, які визначаються за допомогою границі міцності матеріалу і геометричних характеристик перерізу, що сприймають ці навантаження. Переріз обмежений поліномом – кривою Без'є, що описує детально по точках з достатньою точністю зони обвуглювання.



Рисинук 4. Залежності бічної товщини обвугленого шару зразків без вогнезахисту (а), зразків із одним шаром облицювання вогнезахисною фанерою (б), зразків із одним шаром облицювання OSB-плитами (б*) зразків із подвійним шаром облицювання вогнезахисною фанерою (в) зразків із подвійним шаром облицювання OSB-плитами (в*) :1 – експериментальна залежність; 2 – регресійна залежність.



Рисунук 5. Залежності торцевої товщини обвугленого шару зразків без вогнезахисту (а), зразків із одним шаром облицювання вогнезахисною фанерою (б), зразків-фрагментів із одним шаром облицювання OSB-плитами (б*) зразків із подвійним шаром облицювання вогнезахисною фанерою (в) зразків із подвійним шаром облицювання OSB-плитами (в*) :1 – експериментальна залежність; 2 – регресійна залежність

Застосовуючи дані вимірювання, були визначені границі обвуглювання зразків-фрагментів дерев'яних балок із їх апроксимацією за допомогою плоских кривих Без'є

третього порядку, відповідно часу експонування. У загальному вигляді рівняння кривої Без'є n -го порядку в багатовимірному просторі для кожної координати має такий вигляд:

$$r(t) = \sum_{i=0}^n \frac{n!}{i!(n-i)!} \times a_i t^i (1-t)^{n-i}, \quad (6)$$

При конструюванні криволінійних ободів дискретна інформація може задаватися як безліччю характерних точок, так і безліччю ліній. У цих випадках при формуванні математичних моделей безперервних ободів вирішують такі завдання [7, 10, 12]:

1. Наближене представлення функції, якщо задана функція складна (з погляду обчислення її значень), то потрібно замінити її деякою близькою функцією.
2. Наближене відновлення функції з геометричної точки зору завдання інтерполяції (наближеного відновлення) пов'язані з пошуком гладких кривих або поверхонь, що проходять через безліч заданих точок чи ліній.
3. Завдання згладжування функції, тобто недостатньо гладку функцію (що не диференціюється або диференціюється невелике число разів) приблизно представити гладкою функцією. Завдання згладжування виникають, коли необхідно, щоб шукана крива або поверхня описувалася функцією, що забезпечує необхідний ступінь диференціювання. Графіки залежностей показано на рисунку 6.

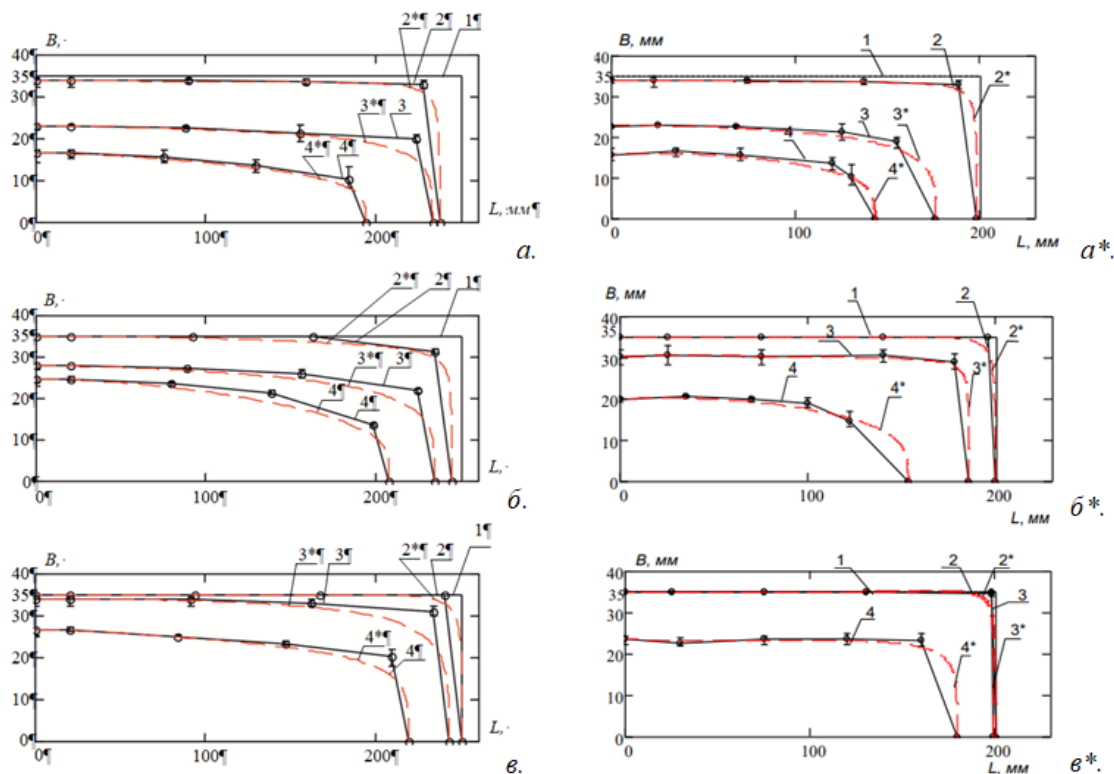


Рисунок 6. Лінії границі зони обуглювання із їх апроксимацією за допомогою кривих Без'є: *а)* без вогнезахисту; *б)* з одним шаром облицювання вогнезахисною фанерою *в)* з подвійним шаром облицювання вогнезахисною фанерою; *б*)* з одним шаром облицювання OSB-плитою *в*)* з подвійним шаром облицювання OSB-плитою; 1 – початковий зразок до випробування; 2 – зона обуглення для 15 хв випробувань; 2* – крива Без'є для 15 хв випробувань; 3 – зона обуглювання для 30 хв випробувань; 3* – крива Без'є для 30 хв випробувань; 4 – зона обуглювання для 60 хв випробувань; 4* – крива Без'є для 60 хв випробувань

З погляду математичних розрахунків поділ на дані завдання здійснюється умовно. Один і той же метод може давати не тільки рішення одного із вказаних завдань, але навіть всіх трьох. Для геометричного моделювання найбільше уваги приділяють методам наближення поліномами і раціональними функціями, які забезпечують необхідну точність завдання проєктованих об'єктів [13].

З графіків можна зробити висновки, що при дослідженні зразків дерев'яної балки на вогнестійкість, зміна швидкості відбувалась нерівномірно. В незахищених зразках спостерігалось стрімке збільшення температури з 15 до 30 хвилини.

Дещо кращі показники були в зразках з одним шаром OSB-плити. Незначне підвищення швидкості зафіксовано також з 15 хвилин і продовжувало поступово наростати до закінчення випробувань. Стосовно зразків із подвійним шаром вогнезахисного облицювання OSB-плитами, то швидкість обвуглювання почала зростати з 30 хвилин, з подальшим зростанням, але із значно нижчими показниками.

Аналізуючи графіки регресійних залежностей, зауважимо, що товщини обвугленого шару бічних та торцевих сторін в незахищених зразках почали поступово збільшуватися з 15 хвилини випробування, а з 25 хвилини мали такі значення (із подальшим стрімким збільшенням): для бічної товщини – 15 мм; для торцевої товщини – 25 мм. Зразки з одним шаром вогнезахисного облицювання мали кращі результати, адже товщини обвуглювання почали зростати лише з 15 хвилини і поступово збільшувалися протягом всього випробування. Найкращі результати продемонстрували зразки з подвійним шаром вогнезахисного облицювання. Обвуглювання для бічних сторін почалося з 30 хвилини випробування, а для торцевих – з 22 хвилини. По закінченню експерименту максимальна бічна товщина мала 11 мм, а торцева – 20 мм.

Дослідження швидкості обвуглювання показало, що у зразків без вогнезахисту швидкість почала одразу зростати, досягнувши таких максимальних значень, як 0,5 мм/хв для бічних сторін, а для торцевих більше 0,9 мм/хв. У зразків з одним шаром швидкість обвуглювання почала зростати з 15 хвилини для бічних сторін і досягла таких максимальних значень, як 0,3 мм/хв. Проте для торцевої товщини швидкість обвуглювання почала збільшуватися з 5 хвилини і досягла 0,8 мм/хв. Найстійкіше поводитись зразки з подвійним шаром, оскільки швидкість для бічних сторін почала зростати з 30 хвилини і досягнувши лише 0,2 мм/хв. У торцевих сторін зразків з 18 хвилини, але на 60 хвилини випробування мала найменше значення 0,38 мм/хв.

Висновки. На основі проведених вогневих випробувань було визначено температурні розподіли всередині зразків дерев'яних балок під впливом високих температур, відповідно до стандартного температурного режиму, протягом 15, 30 та 60 хвилин:

1. результати температурних вимірювань зразків дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням значно нижчі, ніж показники зразків без вогнезахисту;

2. проведено візуальний та графічний аналіз ефективності вогнезахисних облицювання двох видів. Підсумовано, що прогрівання зразків з одним та подвійним шаром вогнезахисного облицювання OSB-плитою та вогнезахисною фанерою відбувається повільніше і прямо пропорційне до товщини вогнезахисту, що впливає на вогнестійкість дерев'яних балок.

3. За допомогою моделювання зони обвуглювання, детально відображений процес обвуглювання зразків дерев'яних балок без вогнезахисту та з вогнезахисним облицюванням OSB-плитою та вогнезахисною фанерою відповідно стандартного температурного режиму. Моделювання виконане з використанням математичної програми «Mathcad» на основі апроксимації з відображенням кривих Без'є, через нанесення контрольних точок вимірювання на Декартову систему координат.

4. Встановлено залежності зміни торцевих і бічних шарів обвуглювання зразків, за допомогою експериментального методу та шляхом регресійних залежностей у зразків без вогнезахисту швидкість досягла таких максимальних значень, як 0,5 мм/хв для бічних сторін, а для торцевих більше 0,9 мм/хв. У зразків з одним шаром швидкість обвуглювання почала зростати з 15 хвилини для бічних сторін і досягла таких максимальних значень, як 0,3 мм/хв.

Графічно зображено залежності бічних і торцевої товщини обвугленого шару та швидкості обвуглювання відповідно часу експонування (15, 30 та 60 хвилин). З яких виявлено, що показники зразків з подвійним шаром вогнезахисного облицювання обох видів значно нижчі і початок обвуглювання розпочався на 30 хвилині з моменту початку вогневих випробувань. Даний експеримент й результати розрахунків вимірювання підтверджує гіпотезу, щодо ефективності вогнезахисного облицювання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. ДБН В.1.2-14:2018. (Державний будівельні норми) [Чинний 2018.08.02]. Київ: УкрНДІпроектстальконструкція, 2018.

2. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. ДБН В.1.2-2:2006 [Чинний 2006.07.03] (Державний будівельні норми). Київ: УкрНДІпроектстальконструкція, 2006.

3. Конструкції будинків і споруд. Проектування дерев'яних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1995-1-2:2004, MOD) ДСТУ-Н-П Б В.2.6-157: 2010. [Чинний 2010.12.28]. (Національний стандарт України). Київ: НДІБК, 2010.

4. Стійкість деревини та виробів з деревини. Природна стійкість суцільної деревини. Частина 2. Настанови щодо природної стійкості та просочності окремих порід, що мають значення в Європі. ДСТУ EN 350-2:2004 149 (EN 350-2:1994, IDT). [Чинний 2004.06.28]. (Національний стандарт України). Київ: Держспоживстандарт, 2010. 9 с.

5. Стійкість деревини та виробів з деревини. Визначення класів небезпеки біологічного ураження. Частина 1. Загальні положення. ДСТУ EN 335-1:2010 (EN 335-1: 1992; IDT). [Чинний 2010.12.28]. (Національний стандарт України). Київ: УкрНДІНанобіотехнологій, 2010. 9 с.

6. ДСТУ EN 335-2:2010 Стійкість деревини та виробів з деревини. Визначення класів небезпеки біологічного ураження. Частина 2. Застосування до деревних плит (EN 335-1: 1992; IDT). [Чинний 2010.12.28]. (Національний стандарт України). Київ: УкрНДІНанобіотехнологій, 2010.

7. EN 1365-3: 1999 Fire resistance tests for loadbearing elements – Part 3 Beams. (Випробування на вогнестійкість елементів, що несуть навантаження – Частина 3: Балки).

8. Лісоматеріали конструкційні. Класи міцності. ДСТУ EN 338: 2004 (EN 338: 2003 IDT). [Чинний 2004.11.15]. (Національний стандарт України). Київ: ТК18, 2004. 10 с.

9. Дмітрієва Н.В. Вогнебістійкі епоксидні композиційні матеріали для дерев'яних конструкцій: автореф.дис .канд. техн.. наук./ Дмітрієва Н.В.-21.06.02/ХТДУБА.-К.,2005.-с.20.

10. Шналь Т. М. Вогнестійкість та вогнезахист дерев'яних конструкцій: навч. посіб. Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. 220 с.

11. Єврокод 5. Проектування дерев'яних конструкцій. Частина 1-2. Загальні правила. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1995-1-2:2004, IDT) ДСТУ-Н Б EN 1995-1-2:2012 [Чинний від 01.07.2013] Мінрегіонбуду України від 21.12.2012 р. № 652. 90 с. (Національний стандарт України).

12. Поздєєв С. В., Демешок В. В., Залевська А. Ю., Рога М. П. Чисельне дослідження несучої здатності дерев'яного перекриття в умовах пожежі. Тези доповідей 6-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті». Харків, 2017. С. 148–149.

13. Новгородченко А. Ю., Поздєєв С. В., Змага Я. В., Некора В. С. Температурні режими зразків-фрагментів дерев'яних балок з вогнезахисним облицюванням при вогневих випробуваннях у портативній печі. VIII Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» (ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України). Черкаси. 2018. С. 50–53.

REFERENCES

1. The system for ensuring the reliability and safety of construction objects. General principles of ensuring the reliability and structural safety of buildings and structures. DBN V.1.2-14:2018. (State building regulations) [Effective 2018.08.02]. Kyiv: UkrNDIproektstalkonstruksia, 2018.

2. The system for ensuring the reliability and safety of construction objects. Loads and influences. Design standards. DBN V.1.2-2:2006 [Effective 2006.07.03] (State building regulations). Kyiv: UkrNDIproektstalkonstruksia, 2006.

3. Structures of buildings and structures. Design of wooden structures. Part 1-2. Terms. Calculation of structures for fire resistance (EN 1995-1-2:2004, MOD) DSTU-N-P B V.2.6-157: 2010. [Valid 2010.12.28]. (National Standard of Ukraine). Kyiv: NDIBK, 2010.

4. Durability of wood and wood products. Natural stability of solid wood. Part 2. Guidelines for the natural resistance and permeability of certain rocks of importance in Europe. DSTU EN 350-2:2004 149 (EN 350-2:1994, IDT). [Effective 2004.06.28]. (National Standard of Ukraine). Kyiv: Derzhspozhivstandart, 2010. 9 p.

5. Durability of wood and wood products. Determination of classes of danger of biological damage. Part 1. General provisions. DSTU EN 335-1:2010 (EN 335-1: 1992; IDT). [Effective 2010.12.28]. (National Standard of Ukraine). Kyiv: UkrNDINanobiotechnologies, 2010. 9 p.

6. DSTU EN 335-2:2010 Durability of wood and wood products. Determination of classes of danger of biological damage. Part 2. Application to wood panels (EN 335-1: 1992; IDT). [Effective 2010.12.28]. (National Standard of Ukraine). Kyiv: UkrNDINanobiotechnologies, 2010.

7. EN 1365-3: 1999 Fire resistance tests for load-bearing elements – Part 3 Beams. (Fire resistance testing of load-bearing elements - Part 3: Beams).

8. Structural lumber. Strength classes. DSTU EN 338: 2004 (EN 338: 2003 IDT). [Effective 2004.11.15]. (National Standard of Ukraine). Kyiv: TC 18, 2004. 10 p.

9. Dmitrieva N.V. Biofire-resistant epoxy composite materials for wooden structures: autoref.dis.cand. tech.. science./ Dmitrieva N.V.-21.06.02/KHTDUBA.-K., 2005.-p.20.

10. Shnal T. M. Fire resistance and fire protection of wooden structures: training manual Lviv: Publishing House of the National University "Lviv Polytechnic", 2006. 220 p.

11. Eurocode 5. Design of wooden structures. Part 1-2. General rules. Calculation of structures for fire resistance (EN 1995-1-2:2004, IDT) DSTU-NB EN 1995-1-2:2012 [Valid from 07.01.2013] Ministry of Regional Construction of Ukraine from 12.21.2012 No. 652. 90 p. (National Standard of Ukraine).

12. Pozdeev S. V., Demeshok V. V., Zalevska A. Yu., Roga M. P. Numerical study of the load-bearing capacity of a wooden floor under fire conditions. Abstracts of reports of the 6th International scientific and technical conference "Problems of reliability and durability of engineering structures and buildings in railway transport". Kharkiv, 2017. P. 148–149.

13. Novgorodchenko A. Yu., Pozdeev S. V., Zmaga Y. V., Nekora V. S. Temperature regimes of samples-fragments of wooden beams with fire-resistant cladding during fire tests in a portable furnace. VIII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference with International Participation "Emergency Situations: Safety and Protection" (CHIPB named after the Heroes of Chornobyl National Center of Ukraine). Cherkasy 2018. P. 50–53.

Serhii POZDIEIEV, *doctor of technical sciences, professor*
(ORCID: 0000-0002-9085-0513),

Olha NEKORA, *candidate of technical science, senior research scientist*
(ORCID: 0000-0002-5202-3285),

Mykola ZMAHA, *Ph.D. (ORCID: 0000-0003-3601-292X),*

Yana ZMAHA, *PhD in technical sciences, associate professor*
(ORCID: 0000-0001-8389-9709),

Alina NOVHORODCHENKO, *Ph.D. (ORCID: 0000-0003-2347-093)*

*Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes
of National University of Civil Protection of Ukraine*

RESULTS OF RESEARCHING THE RATE OF CARBONIZATION OF FRAGMENTS OF WOODEN BEAMS WITH TWO TYPES OF CLADDING

Abstract: this article presents the obtained results of the charring depth of wooden beams during fire tests at a standard temperature regime with fireproof lining with OSB plates and fireproof plywood. The obtained experimental results of temperature distributions in the cross-section of wooden beam fragments, which are the basis of the obtained dependences of the charring rate on the time of action of the heat flow, were approximated in the form of polynomials.

The conducted studies determine the patterns of temperature changes in the inner layers of fragments of wooden beams lined with fire-resistant plywood and OSB plates, which depends on the time of their exposure according to the standard fire temperature regime. In addition, the regularities of changes in the lateral and end thickness of the charred layer, the corresponding rates of charring of fragments of wooden beams covered with fire-resistant plywood and OSB plates, depending on the time of exposure at a standard temperature regime, were determined.

Key words: *fire resistance of wooden structures, standard temperature curve, fire, charring.*