

А.Б. Пелех, Б.Г. Демчина, Т.М. Шналь, С.С. Була, О.В. Крочак  
Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра будівельних конструкцій та мостів

## НАТУРНІ ВИПРОБУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕРЕВ'ЯНОЇ РАМИ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ В УМОВАХ РЕАЛЬНОЇ ПОЖЕЖІ

*О Пелех А.Б., Демчина Б.Г., Шналь Т.М., Була С.С., Крочак О.В., 2008*

Наведено результати дослідження роботи конструкції дерев'яної рами з дощатоклеєних елементів у межах проведення натурних випробувань в умовах реальної пожежі. Відображено основні етапи випробувань та результати досліджень горіння і руйнування дерев'яної конструкції, а також ефективність її вогнезахисту.

**This article presents the results of researching the wood frame, made with plankglue elements, in real fire exposition. The basic steps of the test are reflected and researching results about burning, crushing and effectiveness of fire resistance are given.**

**Постановка проблеми.** Сучасна будівельна галузь України у незначних обсягах використовує конструкції з клеєної деревини, що зумовлено помилковим уявленням про низьку вогнестійкість та пожежонебезпеку дерев'яних конструкцій. В Україні переважно виготовляють дощатоклеєний брус для спорудження невеликих будівель як стінове огороження та конструкції перекриттів і дахів з незначними прольотами. Натомість в країнах ЄС, США, Канаді дерев'яні конструкції широко використовуються для спорудження житлових, громадських і промислових будівель, а також ведуться наукові дослідження у сфері забезпечення необхідної пожежної безпеки дерев'яних конструкцій та їх вогнезахисту [1, 2].

Серед найпоширеніших у будівництві, але не до кінця перевірених способів вогнезахисту дерев'яних елементів, є личкування їх гіпсокартонними листами. Використовують для таких цілей як звичайні гіпсокартонні листи, так і гіпсокартон з вогнетривкими властивостями. В українських нормативних документах відсутні рекомендації щодо застосування гіпсокартонних листів для вогнезахисту деревини, а також майже відсутні експериментальні напрацювання у вивченні вогнезахисних властивостей гіпсокартону на різних конструктивних елементах.

**Мета роботи** – дослідження поведінки конструкції дерев'яної рами в умовах пожежі (із застосуванням систем вогнезахисту з використанням гіпсокартонних листів), а саме:

- процесів обуглювання захищеної та незахищеної деревини;
- розподіл температур в перерізі елементів рами в режимі реальної пожежі;
- оцінка ефективності систем вогнезахисту.

Випробування конструкції дерев'яної рами велись у межах проведення натурального експерименту з дослідження поведінки будівельних конструкцій в умовах реальної пожежі. Конструкція рами була виготовлена з клеєних дерев'яних брусів з частковим захистом її елементів вогнетривким гіпсокартоном. Дерев'яна рама складалася з балки прольотом 2,6 м та двох стійок заввишки 2,5 м і виготовлена з клеєного дерев'яного бруса перерізом 16×18 см. Матеріал бруса – клеєна деревина з соснових брусків з поперечним перерізом 3×5 см, щільністю 510 кг/м<sup>3</sup> та вологістю 15 %. Фрагмент конструкції, підготовленої до випробувань, показано на рис. 1. Одна стійка і частина балки була захищена одним шаром вогнестійкого гіпсокартону завтовшки 12 мм (зона А), інша частина мала вогнезахист із застосуванням двох шарів гіпсокартонних листів завтовшки 12 мм (зона В). Гіпсокартонні листи кріпилися до балки за допомогою самонарізів, а щілини між листами були зароблені гіпсовою штукатуркою (рис. 2). Середня частина балки була не

захищена (зона Б). Саме у цій частині проводились заміри температур в перерізі елемента. Температура в приміщенні та в перерізі елементів конструкції визначалася за допомогою термопар, встановлених за схемою, зображеною на рис. 3. Реєстрація показів термопар здійснювалась приладами ПКРТ-0103.

Пожежне навантаження було створене за допомогою штабелів розміром 0,9×0,9×0,9 м, складених з дерев'яних дощок. Дощки складались шарами, перпендикулярними один до одного, з розривами 5–10 см. Величина пожежного навантаження становила 70 кг/м<sup>2</sup>. Через складність виконання зовнішнього навантаження та з умов безпеки експерименту дерев'яна рама не була завантажена. На рис. 1 показано загальний вигляд кімнати з підготовленим пожежним навантаженням.



Рис. 1. Конструкція рами, підготовлена до випробувань в приміщенні з встановленим пожежним навантаженням

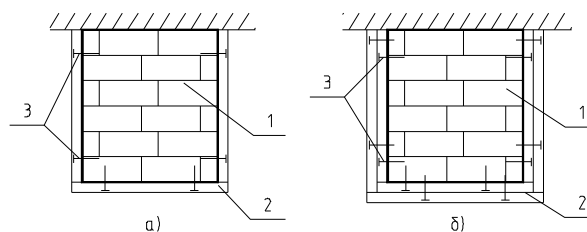


Рис. 2. Поперечний переріз дерев'яних елементів, захищених гіпсокартонними листами:  
а – зона А – один шар гіпсокартону; б – зона В – два шари гіпсокартону;  
1 – клеєний дерев'яний брус; 2 – гіпсокартонні листи; 3 – самонарізи

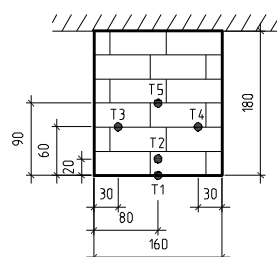
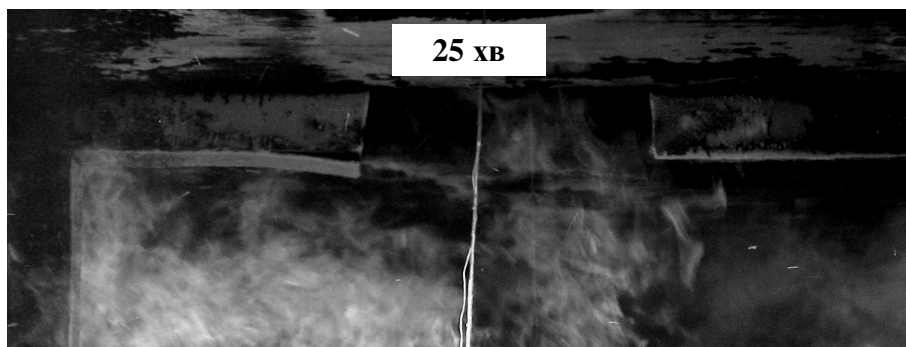
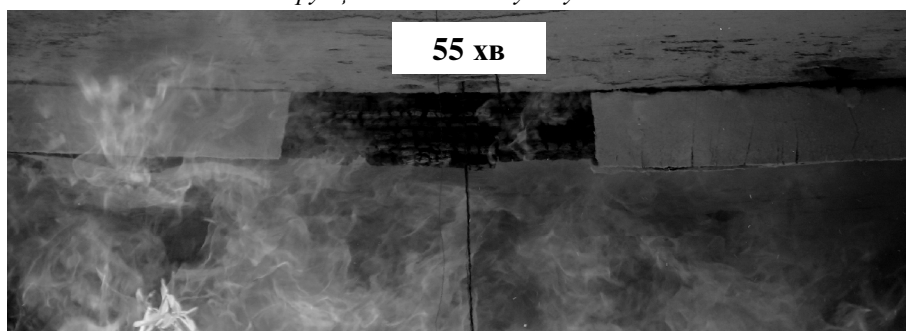


Рис. 3. Схема розташування термопар в перерізі незахищеного дерев'яного елемента

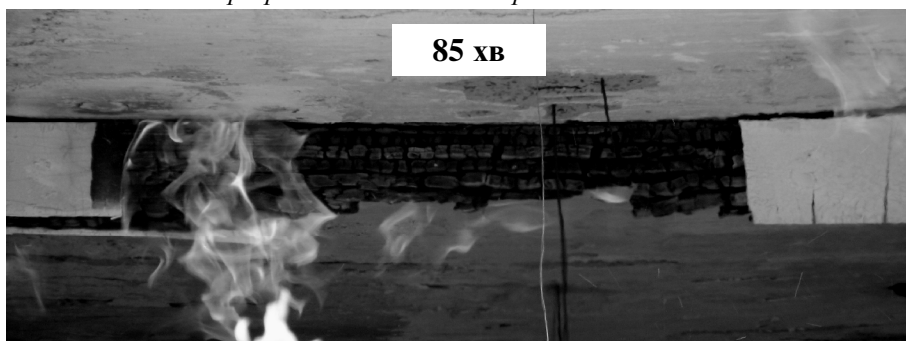
На рис. 4 показано фотофіксацію пожежі на другому поверсі з етапами руйнування конструкції рами та її вогнезахисту, починаючи з 25 хв експерименту.



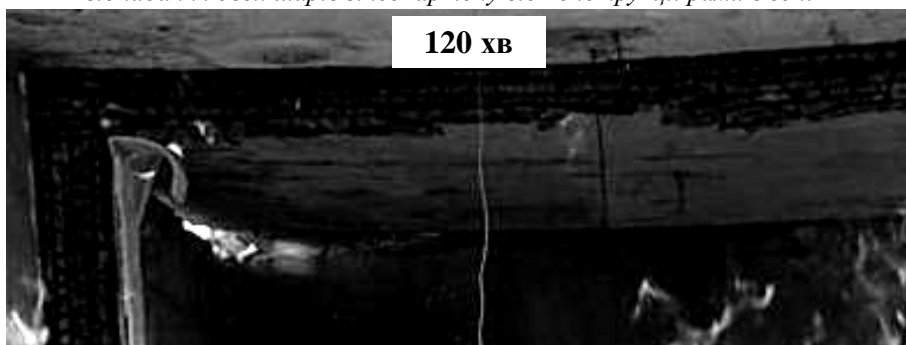
*а – початок обуглювання та горіння деревини балки в зоні Б.  
Конструкція вогнезахисту не ушкоджена*



*б – обуглювання балки на глибину 25 – 30 мм в зоні Б,  
розриви в стиках гіпсокартонних листів*



*в – обуглювання балки на глибину 60 – 70 мм в зоні Б,  
відпадання двох шарів гіпсокартону від конструкції рами в зоні А*



*г – обуглювання балки на глибину більше 100 мм в зоні Б,  
повне руйнування системи вогнезахисту в зонах А і В*

*Рис. 4. Випробування рами, захищеної вогнестійким гіпсокартоном  
в умовах реальної пожежі*

Згідно з проведеними спостереженнями за поведінкою зразка під час експерименту необхідно відзначити такі етапи руйнування конструкції рами та її вогнезахисту:

• 20 – 30 хв – початок горіння деревини балки по середині прольоту (зона Б), температура в приміщенні стрімко зростала від 300 до 700 °С;

• 30 – 70 хв – період інтенсивного обуглювання деревини в зоні Б за максимальної температури в приміщенні 850 – 900 °С. Вогнезахист з гіпсокартонних листів практично не зруйнувався, за винятком відшарування частини подвійного гіпсокартонного покриття на нижній стороні балки (зона А), і утворення розривів на стиках листів;

• 70 – 100 хв – повне руйнування вогнезахисту з подвійного гіпсокартону (зона А) внаслідок висмикування самонарізів від надмірної ваги гіпсокартону з частково обугленого верхнього шару деревини. Часткове руйнування вогнезахисту з одним шаром гіпсокартонних листів (зона В). Інтенсивне обуглювання деревини в зоні А та Б;

• 100 – 140 хв – руйнування системи вогнезахисту в зоні В. Обуглювання балки на глибину більше як 100 мм в зоні Б, з подальшим повним руйнуванням конструкції рами.

Як бачимо на рис. 4, г, після повного руйнування вогнезахисних систем інтенсивність обуглювання деревини балки в зоні Б істотно відрізняється від обуглювання в зонах А та В, що пов'язано з затримкою процесу горіння деревини внаслідок використання вогнезахисту із гіпсокартонних листів.

На рис. 5 показано розвиток температур в приміщенні внаслідок вигорання пожежного навантаження. В перші хвилини після підпалу штабелів з дощок температура в приміщенні зростала достатньо швидко і через 30 хв становила близько 800 °С. Протягом наступних 50 хв спостерігався піковий етап розвитку пожежі з температурою близько 900 °С. Після 80 хв пожежі відбувалося поступове її загасання з повільним зменшенням температури в приміщенні. За порівняння графіків зміни температури в умовах реальної пожежі зі стандартною температурною кривою було відмічено схожість характеру наростання температури у фазі повного розвитку пожежі, починаючи з 20 хв експерименту, тобто з моменту розгорання.

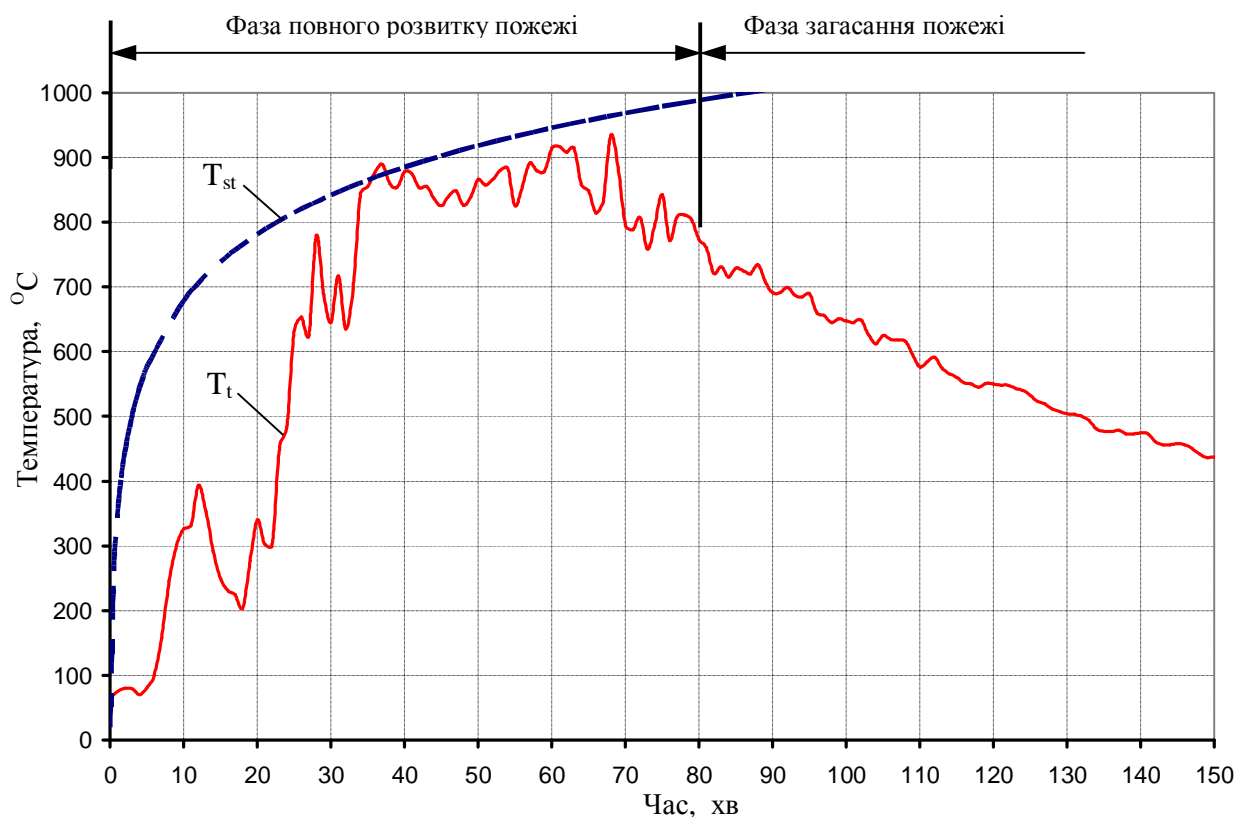


Рис. 5. Зміна температури  $T_t$  в приміщенні під час пожежі:  
 $T_{st}$  – стандартна температурна крива

Температура в перерізі балки в зоні Б змінювалась у міру обвуглювання деревини і поступового вигорання шарів елемента (рис. 6). Розміщення фронту обвуглювання можна визначити за температурою межі поділу – 300 °С [3]. Оцінивши зміну температури на різній глибині поперечного перерізу балки, було визначено середнє значення швидкості обвуглювання деревини балки, яке становило 0,38 мм/хв. З графіків зміни температури на термопарах Т1, Т2, Т3, Т5 відмічено чітку зону затримки зростання температури в деревині за значення 100 °С, зумовленого процесом перетворення вологи, яка є в деревині в пару. Термопара Т4 показувала нестабільні значення температури під час експерименту, і тому для аналізу не враховується. На 114 хв експерименту відбулося різке зростання температури на термопарі Т5 внаслідок відпадання обвугленого шару деревини в зоні розташування термопари.

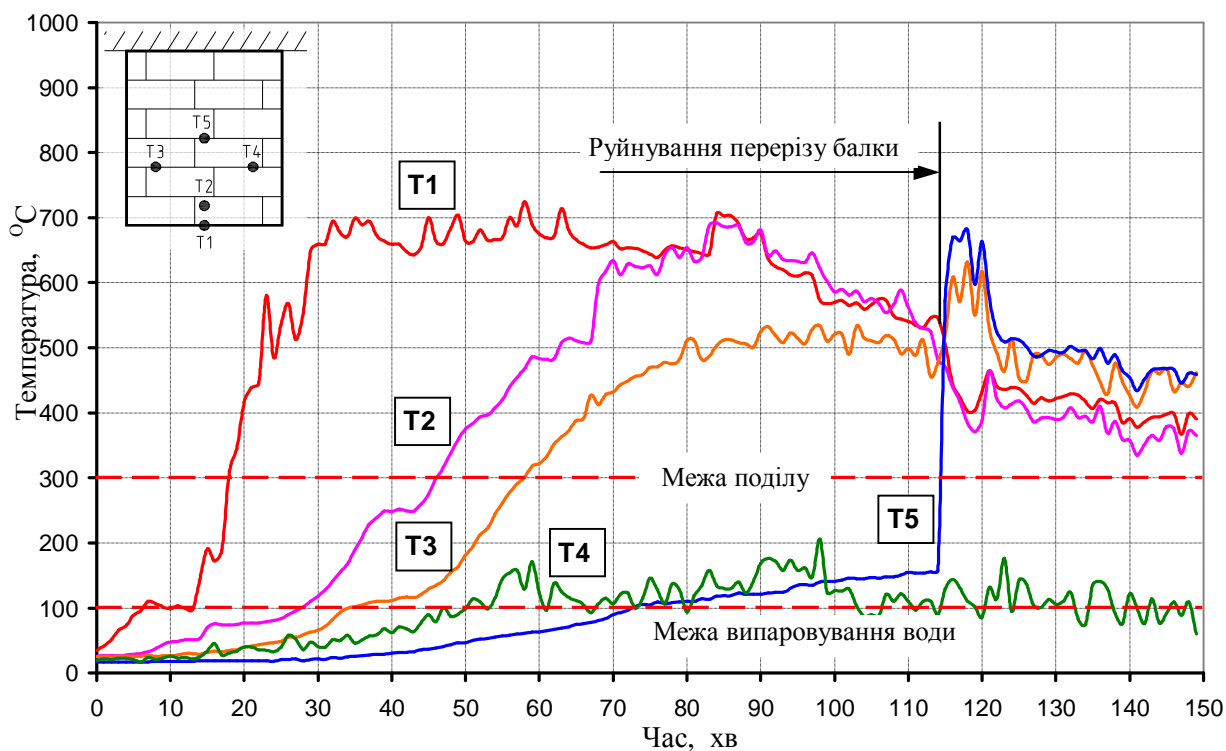


Рис. 6. Покази термопар в перерізі незахищеного елемента дерев'яної рами

### Висновки:

1. Фактична швидкість обвуглювання в умовах реальної пожежі для клеєної деревини становила 0,38 мм/хв, що є нижче від нормативних значень, наведених в Єврокодi [4], які знаходяться у межах 0,5–0,7 мм/хв.

2. Під час вогневого впливу розшарування по клеєних швах не спостерігалось. Елементи клеєної рами обвуглювались рівномірно по усьому перерізу як по деревині, так і по матеріалу швів.

3. Застосування вогнезахисту з вогнестійких гіпсокартонних листів приблизно на 35 % затримує процес обвуглювання деревини і відповідно підвищує межу вогнестійкості порівняно з незахищеною деревиною.

4. Вогнезахист конструкції з вогнестійких гіпсокартонних листів зберігався до 70 хв пожежі.

5. Температура в перерізі незахищеної деревини на відстані 10 мм від нижньої грані становила 300 °С на 46 хв від початку пожежі порівняно до незахищених металевих конструкцій, які б за цей же час прогрілися по усьому перерізу до температури 700–800 °С за умови, що для металевих конструкцій критична температура становить 500 °С.

6. Клеєні дерев'яні конструкції можуть ефективно використовуватись в будівлях та спорудах і за дотримання вимог з проектування на вплив пожежі забезпечувати відповідний рівень пожежної безпеки об'єктів, не нижчий за аналогічні рішення з використанням металевих або залізобетонних конструкцій.

7. Для вогнезахисту деревини доцільніше використовувати один шар вогнестійкого гіпсокартону, оскільки більшість шарів є важкими і швидше відпадають при пожежі, або забезпечити надійне кріплення листів до дерев'яних елементів.

1. *Calculation the fire resistance of exposed wood members: Technical report 10/ American Forest & Paper Association.* – 2003. 2. *Wood-frame construction, fire resistance and sound transmission / Forintec Canada Corp. Societe d'habitation du Quebec.* – Canada Mortgage and Housing Corporation, 2002. 3. Шналь Т.М. *Вогнестійкість та вогнезахист дерев'яних конструкцій: Навч. посібник.* – Львів: Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2006. – 220 с. 4. *EN 1991-1-2(2002). Eurocode 1: Actions and Structures. Part 1–2. General Actions on Structures Exposed to Fire.*

УДК 66.06+532.529

Б.С. Піцишин, В.І. Орел  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра гідравліки та сантехніки

## ЗАСТОСУВАННЯ МІШАЛКИ З ЦИЛІНДРИЧНИМ РОТОРОМ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ПОЛІМЕРНИХ РОЗЧИНІВ З МЕТОЮ ВИКОРИСТАННЯ ПІД ЧАС ГАСІННЯ ПОЖЕЖ

© Піцишин Б.С., Орел В.І., 2008

Досліджена можливість застосування мішалки з гладким циліндричним ротором під час приготування полімерних розчинів. Показано, що ексцентричне розташування ротора сприяє інтенсивнішому перемішуванню розчинів ПАА та КМЦ з водою та вимагає меншої кількості затраченої електроенергії, ніж його концентричне розташування.

**Investigational possibility of application of mixer is with a smooth cylinder rotor at preparation of polymeric solutions. The excentric location of rotor is assists in more intensive interfusion of solutions of PAA and KMC with water and requires less of outlaying electric power, than its concentric location is shown.**

**Постановка проблеми.** Під час гасіння пожеж додавання водних розчинів поліакриламід (ПАА) до води сприяє збільшенню далекобійності струменя [1]. Окрім води, для гасіння пожеж використовують також і піни, які утворюють поверхнево-активні речовини (ПАР). Але стійкість пін не повністю відповідає вимогам пожежної безпеки.

Необхідною умовою роботи додатків ПАА є переведення їх з початкового сухого чи гелеподібного стану у розчин. Для приготування полімерних розчинів застосовують лопатеві мішалки з малою кількістю обертів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Стійкість пін можна підвищити, уводячи в розчини ПАР малі кількості речовин, які самі не утворюють піну. Але здебільшого ці добавки необхідно вводити не в робочі розчини, а в концентровані піноутворювачі. У робочих розчинах цієї речовини міститься близько 0,1 %, але і в такій кількості вона повинна значно підвищити стійкість піни.

Так, гліцерин, метилцелюлоза, натрійкарбоксиметилцелюлоза (Na-КМЦ) належать до групи додатків загущуючої дії, тобто вони підвищують в'язкість розчину піноутворювача, завдяки чому зменшується швидкість зневоднення піни [2].