

УДК 614.841.41: 691.11

Я.В. Горбаченко, О.М. Тищенко, к.т.н., доц.,
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК З ВОГНЕЗАХИСТОМ ПРИ ВПЛИВІ ПОЖЕЖІ

Стаття присвячена поведінці дерев'яних балок з вогнезахистом в умовах пожежі. Представлені результати вогневих випробувань фрагментів дерев'яних балок з вогнезахистом за умов стандартного температурного режиму пожежі.

Ключові слова: вогнезахист, вогнестійкість, вогневі випробування.

Постановка проблеми. Сучасне будівництво не можливе без використання дерев'яних будівельних конструкцій, оскільки вони мають значні переваги, а саме: екологічність, довговічність, міцність, економічність. Найбільш поширеними дерев'яними будівельними конструкціями є крокви, балки, перекриття. Одним з найбільш перспективних шляхів раціонального використання дерев'яних балок є спрямоване поліпшення їх властивостей.

Дерев'яні балки повинні відповідати не тільки вимогам міцності, жорсткості, але й вимогам пожежної безпеки. Під дією високих температур пожежі знижується міцність дерев'яних конструкцій, інколи відбувається їх повна руйнація, тому забезпечення межі вогнестійкості дерев'яних балок являється актуальною задачею.

В роботах [1, 2] проводилися дослідження щодо вдосконалення властивостей вогнезахисних речовин для дерев'яних конструкцій, що розглядає цю задачу частково, оскільки не враховує питання оцінювання вогнестійкості таких конструкцій.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. В сучасній будівельній індустрії найчастіше використовують просочувальні речовини, які забезпечують максимальний термін експлуатаційної придатності і при цьому економічно вигідні.

Достатньо уваги приділено питанням поверхневої обробки, що можливо досягнути, використовуючи вогнезахисні речовини, фарби, облицювання. Всі перераховані заходи в тій чи іншій мірі забезпечують потрібну межу вогнестійкості конструкцій, та при цьому в роботах [3 – 5] не розглянуті наступні питання: додаткове навантаження на конструкцію, великі працезатрати при обробці, відлущення шару покриття під час вогневого впливу, а також погіршення фізико-хімічних властивостей деревини і вплив вогнезахисної обробки на вогнестійкість таких конструкцій. Актуальність нашого дослідження полягає у вивченні поведінки дерев'яної балки з вогне-біозахистом під час пожежі, а також вплив глибокого просочування дерев'яної балки на межу вогнестійкості та глибину обвуглення.

Дослідження [6, 7] показують, що в умовах пожежі порушення загальної стійкості конструкції зазвичай відбувається внаслідок руйнування найбільш навантажених елементів (колон, балок), оскільки вони є основними несучими елементами в каркасі будівлі. При руйнуванні балок втрати досягають високого рівня, так як при втраті їх несучої здатності відбувається руйнування технологічного обладнання і руйнування приміщення. Тому збереження несучої здатності балок при пожежі впродовж заданого часу є актуальною задачею. З огляду на вище викладене в статті була сформульована мета і поставлені задачі.

Постановка задачі та її вирішення. Метою даної статті є дослідження поведінки дерев'яних балок із різним вогнезахисним просочуванням під дією пожежі при їх випробуваннях за стандартним температурним режимом. Для досягнення цієї цілі нами було поставлені такі задачі:

- провести аналіз найбільш використовуваних просочувальних речовин в Україні;
- підготувати випробувальні зразки і провести експериментальні дослідження вогнестійкості дерев'яних балок з просочуванням при стандартному температурному режимі;

- опрацювати результати експерименту з визначенням коефіцієнта обвуглення.

Виклад основного матеріалу з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Згідно із даними робіт [8, 9] виявили, що найбільш використовуваними в Україні вогне-біозахисними речовинами для захисту деревини є ББ-32, БС-13, ДСА-1, ДСА-2, Неомід 450-1, Сенеж. Проаналізувавши, було використано речовини, які своїми технічними характеристиками забезпечують найбільшу вогнезахисну здатність просочувальної речовини і економічно вигідні для забудовників, про що можна зробити висновок з табл. 1. та рис. 1.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця вогнезахисних речовин

Назва речовини	„Неомид 450-1”	Страж-2 (БС-13)	Сенеж
Експлуатаційний час в роках	не менше 3-х років	до 10 років	до 5 років
Приблизна вартість в грн./5літрів	250	45	105
Виробник	Росія, м. Санкт-Петербург	Україна, м. Київ	Росія, м. Москва
Група вогнезахисної ефективності	II група	I група	II група
Індекс поширення полум'я поверхнею	L=21 (швидко поширює)	L=0 (не поширює)	L=21 (швидко поширює)
Спосіб нанесення	Гарячо-холодні ванни, автоклав	Гарячо-холодні ванни, автоклав	Гарячо-холодні ванни, автоклав
Значення втрат при поглинанні речовини	598,5 кг/м ²	957,3 кг/м ²	0,615 кг/м ²



Рисунок – 1. Загальний вигляд зразка з просочувальною речовиною: а) вогне-біозахисна речовина «Неомід 450-1»; б) вогне-біозахисна речовина «Страж-2(БС-13)»; в) вогне-біозахисна речовина «Сенеж».

Оскільки значення межі вогнестійкості дерев'яних балок з просоченням визначають шляхом випробувань за стандартними методами випробувань на вогнестійкість, а показник межі вогнестійкості визначається настанням граничного стану за втратою несучої здатності і згідно [10] він рівний 60 хвилин, були проведені вогневі випробування фрагментів дерев'яних балок за стандартним температурним режимом пожежі.

Для проведення випробувань було використано нагрівальну установку, що представляє собою камеру зі сталевого корпусу з розмірами 500×500×500 мм. З тильної сторони камера має отвір діаметром 60 мм для встановлення сопла пальника. З середини для мінімізації втрати теплоти камера захищена шаром негорючої ізоляції «Conlit 150» фірми «Rockwool» товщиною 100 мм, яка дозволяє захищати металеві конструкції від дії високих температур до 3-х годин. рис. 2.



Рисунок 2 – Камера для проведення вогневих випробувань.

Також було використано 4 хромель-алюмелеві термопари ТХА-VIII (рис.3): три з яких встановлені в зразку, а одна в установці для визначення стандартного температурного режиму у комплекті із Digital multimeter DT 700C і Digital multimeter DT 838C.



Рисунок 3 – Термопара ТХА 1-27-К-2-И-320-INC-6-A-(0...1100)°С.

Експериментальні зразки були виготовлені з соснових брусків розміром 200×65×400 мм і фанерою розмірами 400×16×400 мм див. рис.4.

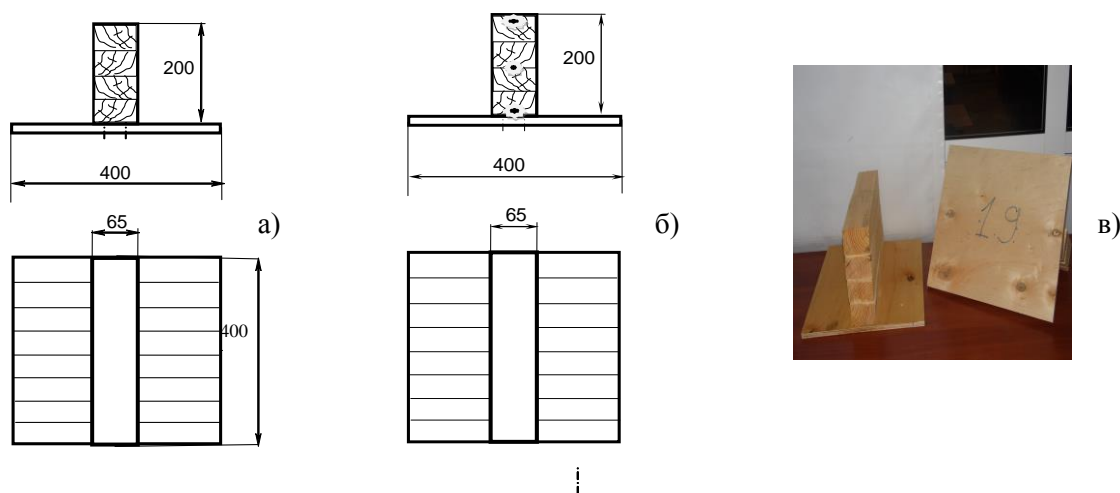


Рисунок 4 – Вигляд експериментального зразка: а) загальна схема зразка; б) схема зразка з розміщенням термопар; в) фото даного експериментального зразка.

Загальний вигляд установки для проведення вогневих випробувань фрагментів дерев'яних балок з вогнезахисним просоченням за стандартним температурним режимом із вказанням розміщення зразка з термопарами наведено на рис. 5.

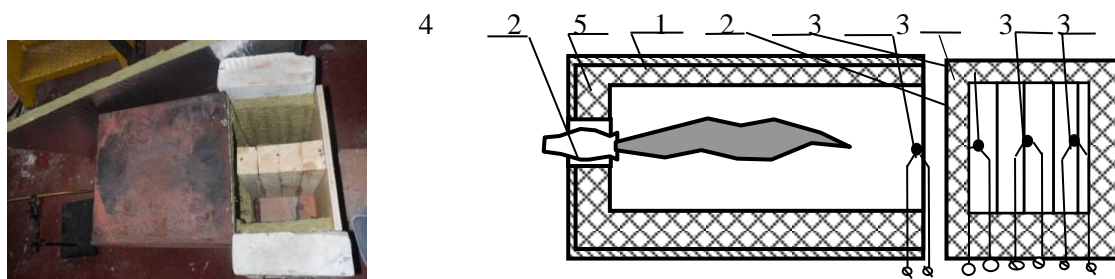


Рисунок 5 – Схема установки: 1 – дерев'яний зразок; 2 – теплоізоляційний матеріал; 3 – термопари та місця їх розміщення; 4 – пальник; 5 – сталевий корпус.

Положення термопар дозволяє знімати показання температури з поверхневих внутрішніх шарів зразка. Зразок встановлюється до вихідного отвору експериментальної установки (див. рис. 5). При нагріванні зразків в камері експериментальної установки використовувався режим, що відповідає режиму «стандартної» пожежі. Режим нагрівання простору камери визначався за допомогою термопари, встановленої в камері. Показання термопар відповідно до [4] знімалися із градуйованого комбінованого вимірювального

приладу через кожну 1 хвилину. Реєстрація температури в зразках продовжувалася протягом 15, 30, 60 хвилин, після чого реєстрація зупинялася і проводився огляд та опис зразка.

Вогневі випробування проводилися в послідовності з програмою експериментальних досліджень, що наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Нометклатура зразків для випробувань

№ п/п	Номер зразка	Вид просочуваної речовини	Час випробувань в хвилинах
1	1.1.-1.3.	Біовогнезахист «Неомід 450-1»	15
2	2.1.-2.3.	Вогне-біозахист «Сенеж»	15
3	3.1.-3.3.	Вогне-біозахист «Страж-2 (БС-13)»	15
4	4.1- 4.3.	Без вогнезахисту	15
5	1.4.-16.	Біовогнезахист «Неомід 450-1»	30
6	2.4.-2.6.	Вогне-біозахист «Сенеж»	30
7	3.4.-3.6.	Вогне-біозахист «Страж-2 (БС-13)»	30
8	4.4.- 4.6.	Без вогнезахисту	30
9	1.7.-1.9.	Біовогнезахист «Неомід 450-1»	60
10	2.7.-2.9.	Вогне-біозахист «Сенеж»	60
11	3.7.-3.9.	Вогне-біозахист «Страж-2 (БС-13)»	60
12	4.7.-4.9.	Без вогнезахисту	60

Результати вогневих випробувань з визначення ступеня обуглення представлені на рисунках 6, 7, 8 у відповідних координатних площинах, для відповідних часових проміжків в 15, 30, 60 хвилин.

Під час проведення комплексу 15 хвилинних вогневих випробувань, спостерігалася така поведінка зразків:

- зразки просочені вогнезахисним розчином «Неомід 450-1» в період від 5 до 15 хвилин, виділяли велику кількість їдкого диму, в деяких випадках відбувалося самозаймання. Хоча в порівнянні з необробленими зразками, в цих зразках не відбувалося швидкого зростання температур;

- зразки просочені вогнезахисними розчинами «Страж-2 (БС-13)» та «Сенеж» в 15 хвилинному часовому інтервалі не виділяли диму, наростання температури відбувалося поступово і помірно, випадків самозаймання не спостерігалася, що в свою чергу може охарактеризувати ці речовини, як ефективні.

Комплекс 30-хвилинних вогневих випробувань дав більш чітке уявлення поведінки фрагментів дерев'яних балок під час пожежі, що видно на графіках рис. 7, а саме:

- дерев'яні зразки без просочування поводити себе аналогічно до експериментальних досліджень в 15 хвилинному часовому інтервалі. Зміна температури відбувалася з однаково швидким наростанням;

- зразки, просочені вогнезахисною речовиною «Неомід 450-1», на 5 хвилині випробувань мали температурний стрибок і за ним швидке наростання температури, що в свою чергу призвело до самозаймання на 17 хвилині випробувань, що видно з рис. 7. б. Протягом всього часу експерименту виділявся густий, їдкий дим. Така поведінка експериментальних зразків наштовхує на думку про низьку вогнезахисну ефективність даної речовини;

- зразки, просочені вогнезахисною речовиною «Сенеж», під час експерименту не зазнавали значних вогневих впливів, хоча на 8 хвилині спостерігався температурний стрибок, див. рис. 7. в, при цьому не відбувалося самозаймання, і виділявся не густий, без запаху дим;

- найбільш вогнетривкими виявилися зразки, просочені вогнезахисною речовиною «Страж-2 (БС-13)». Вони не виділяли диму, наростання температури було повільне і не досягло двохсотградусної позначки, в порівнянні з температурою зразків, просочених вогнезахисною речовиною «Неомід 450-1», яка перевищила її вдвічі.

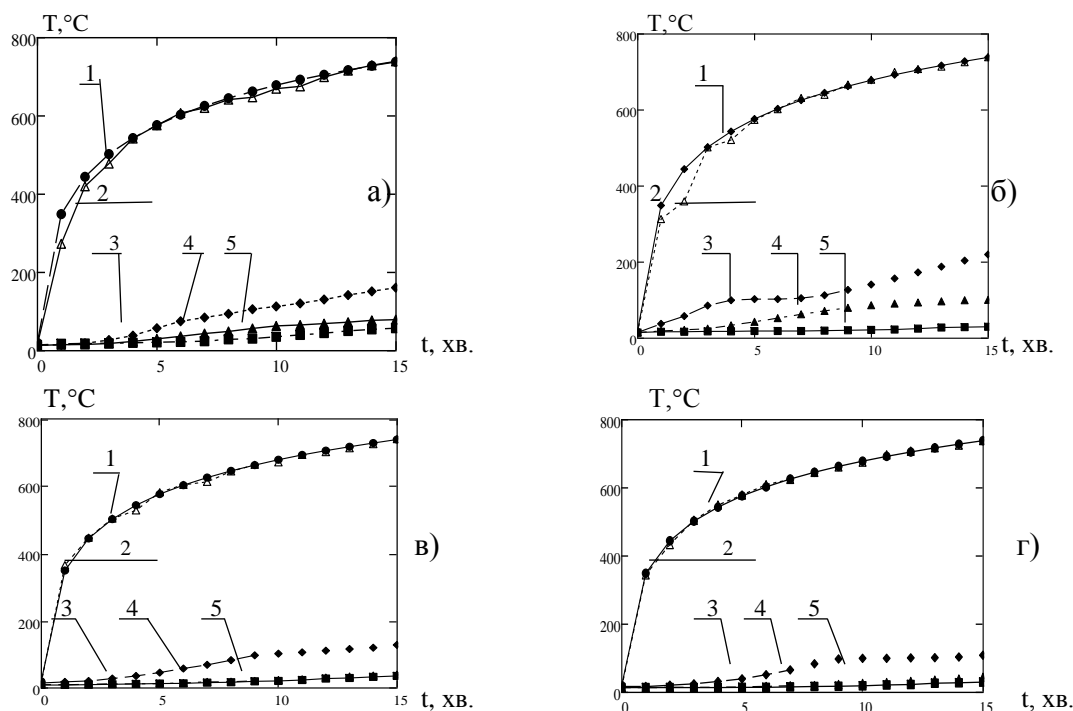


Рисунок 6 – Графіки 15-хвилинних вогневих випробувань: 1 – стандартна температурна крива; 2 – середнє значення термопар для визначення режиму температури в установці; 3 – середнє значення першої термопар; 4 – середнє значення другої термопар; 5 – середнє значення третьої термопар; а) зразки без просочування; б) зразки, просочені біовогнезахистом «Неомід 450-1»; в) зразки, просочені вогне-біозахистом «Сенеж»; г) зразки, просочені вогне-біозахистом «Страж-2 (БС-13)».

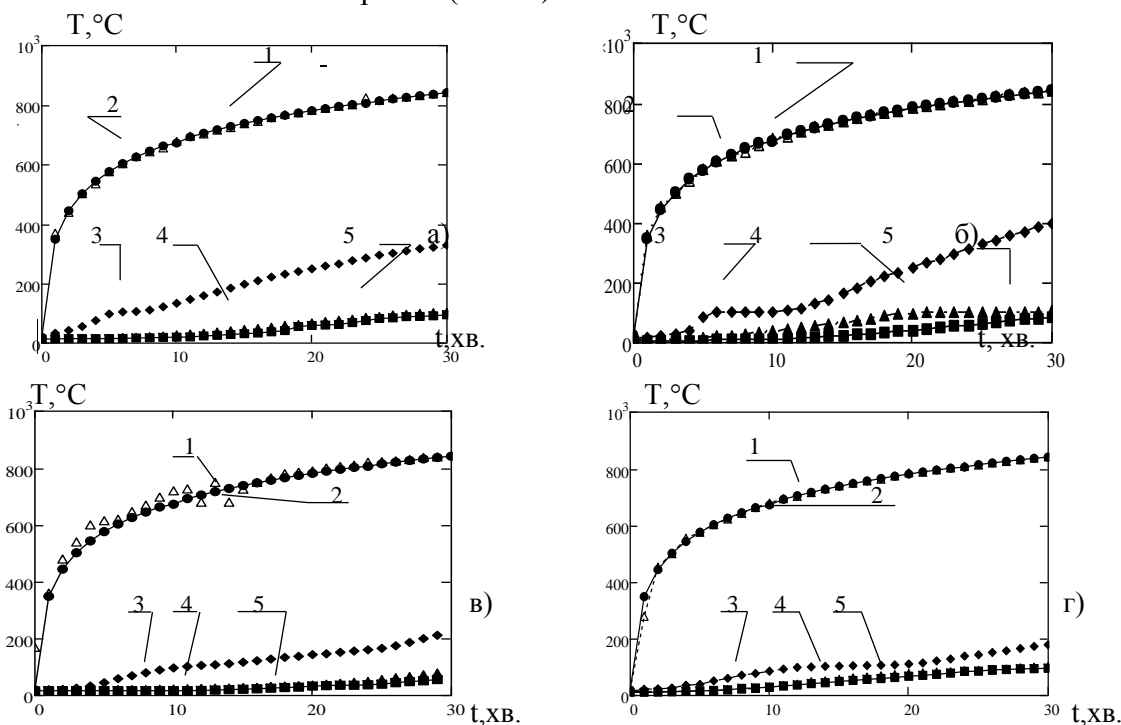


Рисунок 7 – Графіки 30 хвилинних вогневих випробувань: 1 – стандартна температурна крива; 2 – середнє значення термопар для визначення режиму температури в установці; 3 – середнє значення першої термопар; 4 – середнє значення другої термопар; 5 – середнє значення третьої термопар; а) зразки без просочування; б) зразки просочені біовогнезахистом «Неомід 450-1»; в) зразки просочені вогне-біозахистом «Сенеж»; г) зразки просочені вогне-біозахистом «Страж-2 (БС-13)».

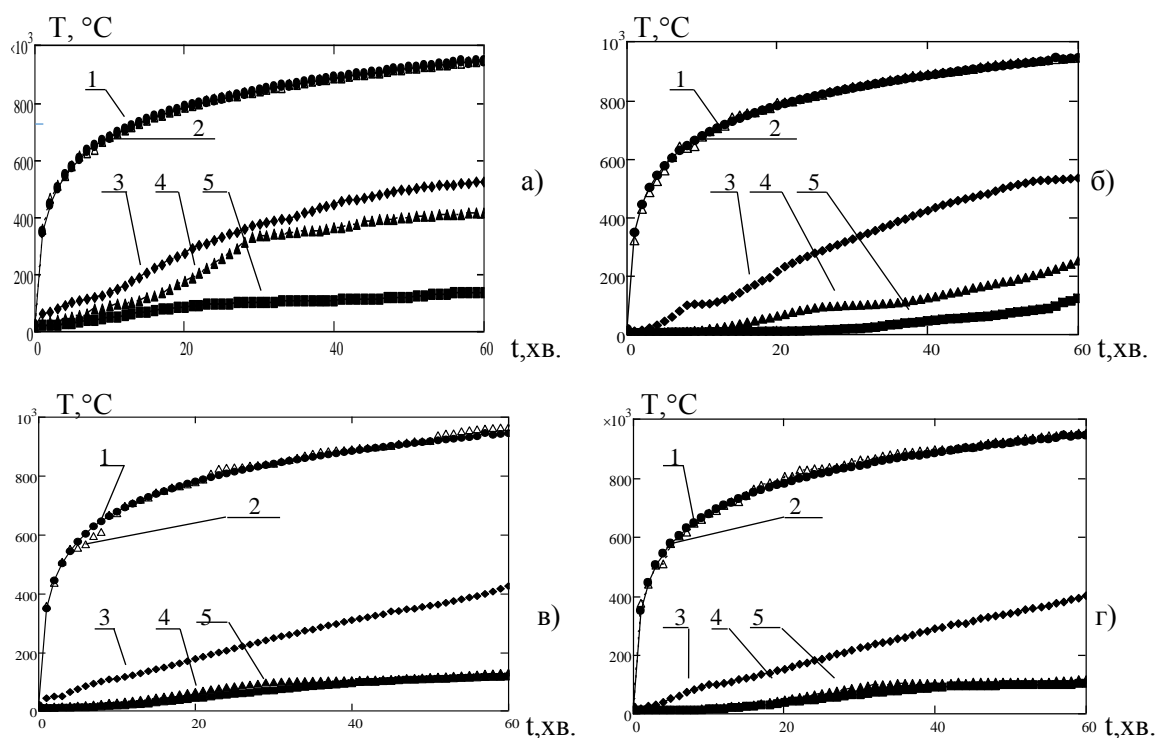


Рисунок 8 – Графіки 60 хвилинних вогневих випробувань: 1 – стандартна температурна крива; 2 – середнє значення термопари для визначення режиму температури в установці; 3 – середнє значення першої термопари; 4 – середнє значення другої термопари; 5 – середнє значення третьої термопари; а) зразки без просочування; б) зразки просочені біовогнезахистом «Неомід 450-1»; в) зразки просочені вогне-біозахистом «Сенеж»; Г) ЗРАЗКИ ПРОСОЧЕНІ ВОГНЕ-БІОЗАХИСТОМ «СТРАЖ-2 (БС-13)».

В блоці 60-хвилинних випробувань спостерігалися наступні явища:

- зразки без просочування і зразки з вогнезахисною речовиною «Неомід 450-1» поводити себе практично однаково, про що свідчать графіки рис. 8. а, б. Тому можемо зробити висновки про низьку вогнезахисну і вогнестійку здатність даної речовини;
- зразки просочені вогнезахисною речовиною «Страж-2 (БС-13)», характеризуються високою вогнезахисною і вогнестійкою властивістю.

В табл. 3. та рис.9. представлено глибину обвуглення фрагментів зразків після проведених вогневих випробувань, що підтверджує гіпотезу залежності глибини просочення дерев'яних балок, вогнезахисних і вогнестійких властивостей просочувальної речовини і часовий проміжок вогневого впливу на зразки.

Таблиця 3 – Значення товщини шару обуглення

	Час випробування, хв	B_{S0} , мм	B_{S1} , мм	B_{S2} , мм	B_{S3} , мм	B_{V0} , мм	B_{V1} , мм	B_{V2} , мм	B_{V3} , мм	B , мм	L , мм	L_1 , мм	L_0 , мм
Без просочення	15	55	56	57	57	45	45	46	49	65	200	187	13
	30	57	58	58	59	52	54	55	57	65	200	179	21
	60	30	47	54	57	19	45	46	56	65	200	163	37
Неомід 450-1	15	58	59	60	62	50	55	57	58	65	200	199	1
	30	59	59	59	60	49	50	59	59	65	200	189	11
	60	43	51	53	55	34	44	46	47	65	200	173	27
Сенеж	15	58	59	59	62	55	57	58	58	65	200	193	7
	30	58	59	59	60	54	54	57	58	65	200	184	16
	60	52	55	59	61	27	44	46	48	65	200	182	18
Страж-2 (БС-131)	15	57	58	58	60	55	57	57	60	65	200	197	3
	30	56	61	62	64	54	56	57	59	65	200	194	6
	60	56	60	62	64	55	58	59	62	65	200	190	10

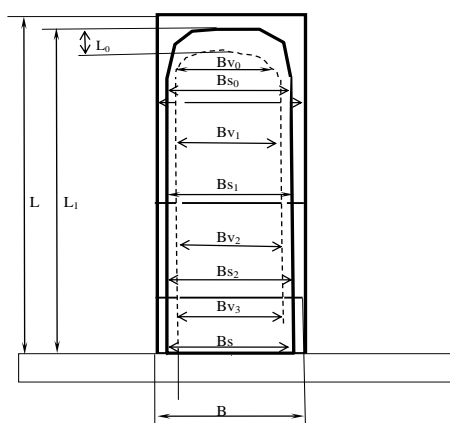


Рисунок 9 – Схематичне зображення вимірювальних ділянок на зразку: L – довжина зразка до початку випробування; L_0 – довжина обугленої частини зразка; L_1 – довжина зразка після проведення вогневого випробування; B_{S0} , B_{S1} , B_{S2} , B_{S3} – ширина на кожному фрагменті клеєного бруска після проведення вогневого випробування; B_{V0} , B_{V1} , B_{V2} , B_{V3} – ширина на кожному фрагменті клеєного бруска до внутрішнього краю обуглення зразка після проведення вогневого випробування; B – ширина зразка до проведення вогневого випробування.



а)



б)



в)

Рисунок 10 – Фото зразків після проведення вогневих випробувань, а) обугленість зразка після 15 хвилинних вогневих випробувань; б) обугленість зразка після 30 хвилинного вогневого випробування; в) обугленість зразка після 60 хвилинного вогневого випробування.

Висновки. В даній статті було проведено аналіз вогнезахисних просочувальних речовин і для подальшого експериментального дослідження було обрано три речовини які найбільш використовуються в межах нашої країни. Також наведена методика проведення вогневого випробування дерев'яних балок з вогнезахистом при стандартному

температурному режимі, та опубліковано результати цього експерименту. Дослідження обвуглення фрагментів дерев'яних балок з вогнезахисним просоченням і без нього показали, що в часовому інтервалі від 15 до 45 хвилин, як правило, відбувається стрибок температури і в результаті, швидке підвищення температури, а в деяких випадках і самозаймання зразків. Це змінює структуру деревини, що в свою чергу корелює із зміною міцнісних властивостей дерев'яних балок.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вогнегасні речовини: посібник/ [А. В. Антонов, О. В. Борисов, В. П. Орел та ін.] – К.: Пожінформтехніка. 2004. – 176 с.
2. Обґрунтування застосування деяких водних вогнегасних речовин для системи пожежогасіння під купольних дерев'яних конструкцій культових споруд: науковий вісник/ [В. В. Ніжник, С. В. Жартовський, О. М. Тищенко та ін.] - К.: УкрНДІПБ. – 2010. – №2 (22). – С. 1–4.
3. Кривцов, Ю. В. Сравнительная оценка методов испытания огнезащитных составов для древесины / К). В. Кривцов [и др.] // Пожарная безопасность. – 2008. – №2. – С. 87-91.
4. Таубкин, С. И. Основы огнезащиты целлюлозных материалов / С. И. Таубкин. - Москва : МКХ РСФСР, 1960.
5. Таубкин, С. И, Пожар и взрыв, особенности их экспертизы / С. И. Таубкин. - Москва : ВНИИГЮ МВД России, 1999. – 599 с.
6. Федотов, А. И. Пожарно-техническая экспертиза / А. И. Федотов, А. П. Ливчиков, Л. Ы. Ульянов. - Москва : Стройиздат, 1986.
7. Защита древесины. Классификация./ГОСТ 20022.2-80 / Москва, 20 с.
8. Древесина огнезащищенная. Методы испытаний, транспортирование и хранение / ГОСТ 30219-95 / Москва, 20 с.
9. Пропитка способом прогрев-холодная ванна. ГОСТ 20022.6-86 / Взамен ГОСТ 20022.6-76 – [Введен 01.07.87]. –М.: Изд-во стандартов, 1986. - 7 с.
10. Пожежна безпека об'єктів будівництва /ДБН В. 1.1.7-2002 / Держбуд Україна, Київ, 2003, 42 с.