УДК 614.841

Ю.Л. Фещук, наук. співр., УкрНДІЦЗ,
С.В. Поздєєв, д.т.н., проф., гол. наук. співр., ЧІПБ ім. Г. Чорнобиля НУЦЗУ,
В.В. Ніжник, к.т.н., с.н.с., нач. центру, УкрНДІЦЗ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОЛОН З ВОГНЕЗАХИСНИМ ОБЛИЦЮВАННЯМ В УМОВАХ ПОЖЕЖІ

В статті представлені результати експериментальних досліджень поведінки дерев'яних колон з вогнезахисним облицюванням та без нього в умовах пожежі за стандартним температурним режимом.

Ключові слова: вогнезахист, вогнестійкість, температурні показники, зона обвуглювання.

Постановка проблеми. При зведенні сучасних будівель та споруд офісно-житлового призначення останнім часом знов є актуальним використання дерев'яних конструкцій з огляду на їх технологічні, конструкційні та декоративні властивості. Оскільки деревина є пожежонебезпечним матеріалом, зважаючи на її спалимість, одним з найважливіших питань забезпечення пожежної безпеки дерев'яних конструкцій є гарантування їх відповідності діючим будівельним нормам щодо вимог вогнестійкості. При виготовленні елементів вогнестійких дерев'яних конструкцій має бути передбачений їх надійний вогнезахист. При створенні вогнезахисних систем є ефективним застосування сучасних облицювальних матеріалів у тому числі плит OSB, враховуючи їх теплофізичні показники, конструктивні та технологічні якості. В зв'язку з цим, однією з проблем є відсутність апробованих методів проектування таких конструкцій з урахуванням сучасних тенденцій розвитку будівництва житлових та промислових споруд.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день в будівництві існує необхідність пошуку принципово-нових, нестандартних способів вогнезахисту дерев'яних конструкцій, такий захист можуть забезпечити вогнезахисні системи на основі плит OSB.

Проведений аналіз наукових досліджень показав, що в якості вогнезахисту дерев'яних конструкцій використовуються вогнезахисні просочення, фарби, лаки [1-3], а також плитні матеріали [4, 5]. Зазначені типи захисту конструкцій мають свої переваги та недоліки. Однак в цих дослідженнях не розглянуті питання: довговічності вогнезахисту, його вплив на фізико-механічні властивості деревини, собівартість, раціональну область застосування.

В умовах пожежі найбільш тяжкі наслідки настають в результаті втрати несучої здатності колонами, балками [6, 7], при цьому руйнується каркас споруди, падає перекриття, дах. Тому забезпечення вимагаємого класу вогнестійкості дерев'яних колон є чи не головною задачею при проектуванні споруд, адже від цього залежать людські життя.

Враховуючи вище сказане, виникає необхідність вивчення поведінки дерев'яних колон з вогнезахисним облицюванням на основі плит OSB в умовах пожежі, а також дослідження впливу OSB на межу вогнестійкості дерев'яної колони та глибину обвуглення. Це необхідно для розкриття питань щодо збереження несучої здатності дерев'яними колонами при використанні нестандартного захисту.

Постановка завдання та його вирішення. Метою даної статті є дослідження поведінки дерев'яних колон з вогнезахисним облицюванням здійсненим за допомогою плит OSB в один та два шари в умовах пожежі при їх випробуванні у спеціальній вогневій печі за стандартним температурним режимом. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести короткий аналіз плитних вогнезахисних матеріалів;
- провести експериментальні дослідження поведінки дерев'яних колон з вогнезахисним облицюванням в умовах пожежі за стандартним температурним режимом по методиці [8] та визначити температури у внутрішніх шарах випробувальних зразків, здійснити заміри обвугленого шару;
- описати результати проведених експериментальних досліджень.

Проведений аналіз пропозицій ринку показав, що найбільш розповсюдженішим плитним матеріалом, що може бути використаним в якості вогнезахисту будівельних конструкцій є: Superisol, Эндотерм, Вермекуліт, Магнезит. У зв'язку з наявністю значного обсягу наукових досліджень по даним матеріалах, високою собівартістю, прийнято рішення використати в якості вогнезахисного матеріалу для захисту дерев'яних колон плити OSB. Коротку характеристику матеріалів подано у вигляді табл. 1.

Табл. 1. Коротка характеристика плитних матеріалів

Характеристика	Плитний матеріал				
	Superisol	Эндотерм	Вермекуліт	Магнезит	ОСБ-3
Густина, кг/м^3	1200	950	700	1100	600-640
К-нт теплопровідності, Вт/мК	0,47	0,015	0,13	0,24	0,13
Спосіб кріплення	каркасний	каркасний, клеєний	каркасний, клеєний	каркасний, клеєний	каркасний, клеєний
Середня ціна 1 м^2	1083 грн	348 грн	540 грн	216 грн	60 грн

Для проведення експериментальних досліджень, використані випробувальні зразки розмірами 200×200×300 мм, захист здійснювався плитою OSB товщиною 10 мм в один, два шари [8] (рис. 1).

Експериментальні дослідження проводились у спеціальній вогневій печі відповідно до методики викладеній в [8]. Зазначена методика обґрунтовує місця встановлення термопар в зразках, спосіб встановлення в печі та дала можливість отримати температурні показників у внутрішніх шарах випробувальних зразків дерев'яних колон, геометричні параметри зони обвуг-

лювання та швидкість їх зростання, необхідних для розробки нового методу розрахункової оцінки вогнестійкості дерев'яних колон з вогнезахистом.

Рис. 1. Випробувальні зразки для проведення експериментальних досліджень

При проведенні 15 хвилинних випробувань в умовах пожежі спостерігалася наступна поведінка дерев'яних зразків (рис. 2):

- випробувальні зразки без вогнезахисту, починаючи з 3 хвилини почали обвуглюватися, полуменеве горіння не спостерігалося аж до 5 хвилини, на протязі всього періоду випробування виділявся дим;

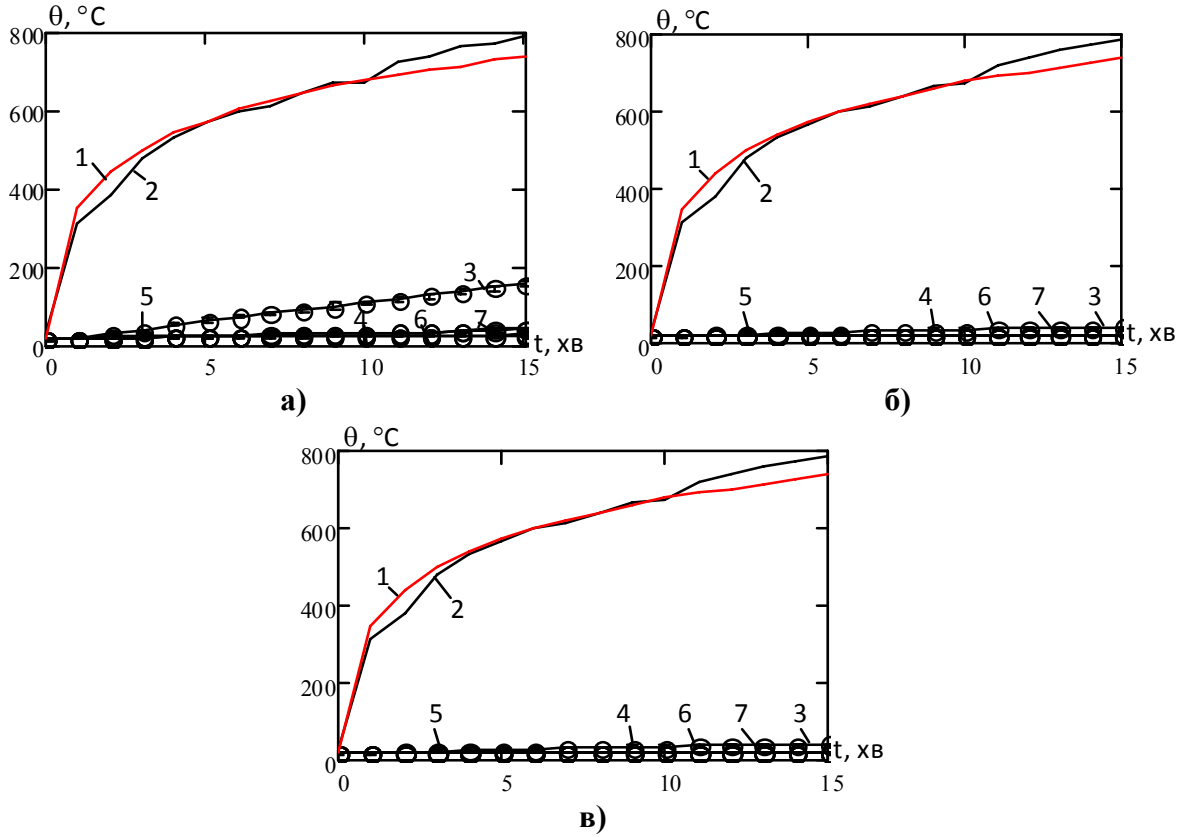

Рис. 2. Графіки 15-хвилинних випробувань: 1 – стандартна температурна крива; 2 – середня температура в печі; 3 – середнє значення першої термопари, 4 – середнє значення другої термопари, 5 – середнє значення третьої термопари, 6 – середнє значення четвертої термопари, 7 – середнє значення п'ятої термопари; а) зразки без захисту, б) зразки з захистом плитою OSB в один шар, в) зразки з захистом плитою OSB в два шари

- зразки з вогнезахистом у вигляді плит OSB в 1 шар (товщина 10 мм) краще протидіяли вогневому впливу, про це свідчать покази першої термопари вже на 5 хв, різниця становить близько 20 °С. На протязі всього даного часового проміжку експерименту спостерігалося тління плити OSB, руйнування якої не зафіксовано;

- зразки з вогнезахистом у вигляді плит OSB в 2 шари (товщина 20 мм) найкраще протидіяли вогню, різниця в температурі на першій термопарі вже на 5 хв. в порівнянні з зразком без захисту становить близько 30 °С. Це свідчить про здатність даного вогнезахисту протидіяти тепловому впливу на деревину перешкоджаючи її займанню. Займання зразка не було зафіксовано.

На 30 хвилинному часовому проміжку випробувань спостерігалася більш чіткіша різниця на показах термопар між захищеними та незахищеними зразками (рис. 3):

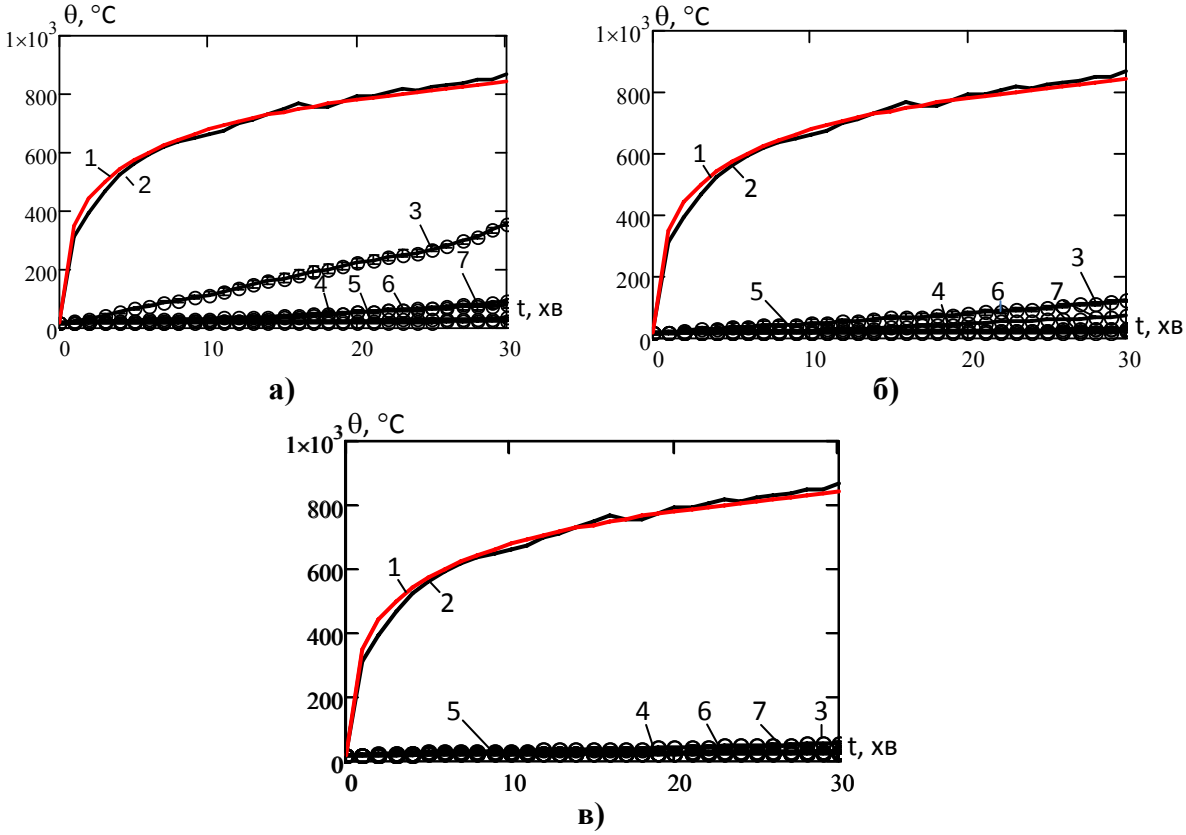

Рис. 3. Графіки 30-хвилинних випробувань: 1 – стандартна температурна крива; 2 – середня температура в печі; 3 – середнє значення першої термопари, 4 – середнє значення другої термопари, 5 – середнє значення третьої термопари, 6 – середнє значення четвертої термопари, 7 – середнє значення п'ятої термопари; а) зразки без захисту, б) зразки з захистом плитою OSB в один шар, в) зразки з захистом плитою OSB в два шари

- у випробувальних зразках без захисту наростання температури відбувалося з тією закономірністю, що й на 15 хвилинному часовому проміжку, полуменеве горіння спостерігалося починаючи з 5 хв випробувань;

- більш чіткі уявлення про роль вогнезахисту дали випробувальні зразки з вогнезахистом у вигляді плит OSB в 1 шар (товщина 10 мм).

Так, на 30-ій хвилині випробувань різниця на показах термопар становить близько 200 ° С, однак, цього виявилося недостатньо для запобіганню обвуглюванню деревини. Хоча обвуглення вогнезахисту відбулося повністю, проте до 30 хвилини він тримався на саморізах, тим самим перешкоджаючи прямої дії вогню на зразок;

- найкращі вогнезахисні властивості показав захист дерев'яного зразка плитами OSB в 2 шари (товщина 20 мм). Протягом всього періоду випробування наростання температури в зразку відбувалося досить повільно. Прогрівання дерев'яного зразка у першій контрольній точці, що знаходиться найближче до поверхні дійшло до позначки в 60 ° С на 30-ій хвилині випробувань. В цілому фактична температура на поверхні зразка в порівняні з випробувальними зразками без захисту менша в 5 разів. Обвуглення дерев'яного зразка так і не почалося.

Вогневі випробування на протязі 60 хвилин (рис. 4) показали наступні результати:

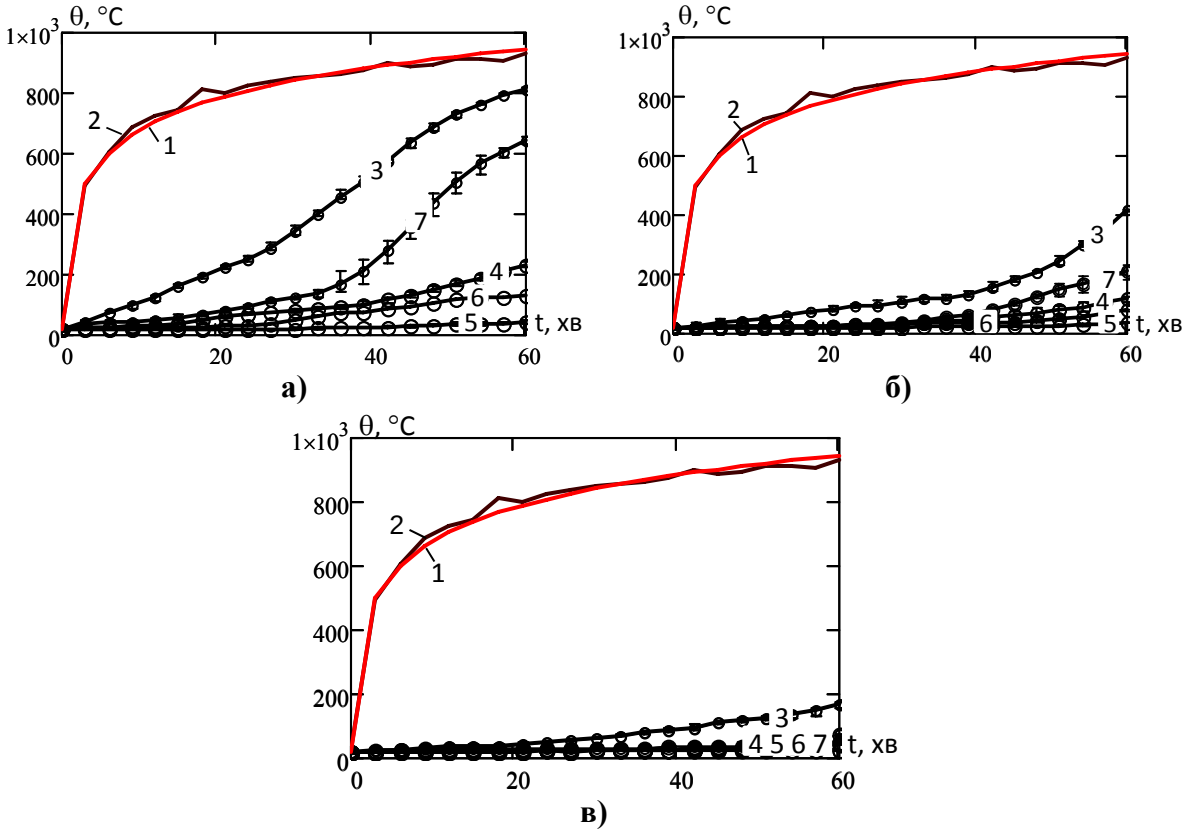

Рис. 4. Графіки 60-хвилинних випробувань: 1 – стандартна температурна крива; 2 – середня температура в печі; 3 – середнє значення першої термопари, 4 – середнє значення другої термопари, 5 – середнє значення третьої термопари, 6 – середнє значення четвертої термопари, 7 – середнє значення п'ятої термопари; а) зразки без захисту, б) зразки з захистом плитою OSB в один шар, в) зразки з захистом плитою OSB в два шари

- на зразках без вогнезахисту захисту починаючи з 30 хвилини відбулося різке зростання температури, про що свідчить графік на рис. 4 (а);

- зразки захищені плитою OSB в 1 шар (товщина 10 мм) показали набагато кращі результати в порівняні з незахищеними, починаючи з

40 хвилини випробування почалося плавне підвищення температури, температурного стрибка зафіксовано не було;

- випробувальні зразки захищені плитою OSB в 2 шари (товщина 20 мм) продовжили тенденцію чинити протидію вогневому впливу. Незначне підвищення температури зафіксовано на 40 хвилині випробування. В цілому на 60 хвилині різниця в температурі порівняно з зразками без захисту становить близько 600 ° С, що свідчить про значні вогнезахисні властивості плити OSB при застосуванні її в 2 шари.

Найкраще виражена різниця між показами термопар спостерігалася на 90 хвилинному періоді випробування (рис. 5). Цікава тенденція спостерігалася на третій термопарі, що знаходилась по середині перерізу випробувальних зразків, різниця між її показами не перевищувала 100 градусів на всіх трьох дерев'яних зразках, незважаючи на те, що зразок без захисту обвуглився більше як на 100 мм, а це підтверджує низьку теплопровідність деревини. Випробування показали, що різниця в температурах слоїв в захищених та незахищених зразках може становити більше 400 °С.

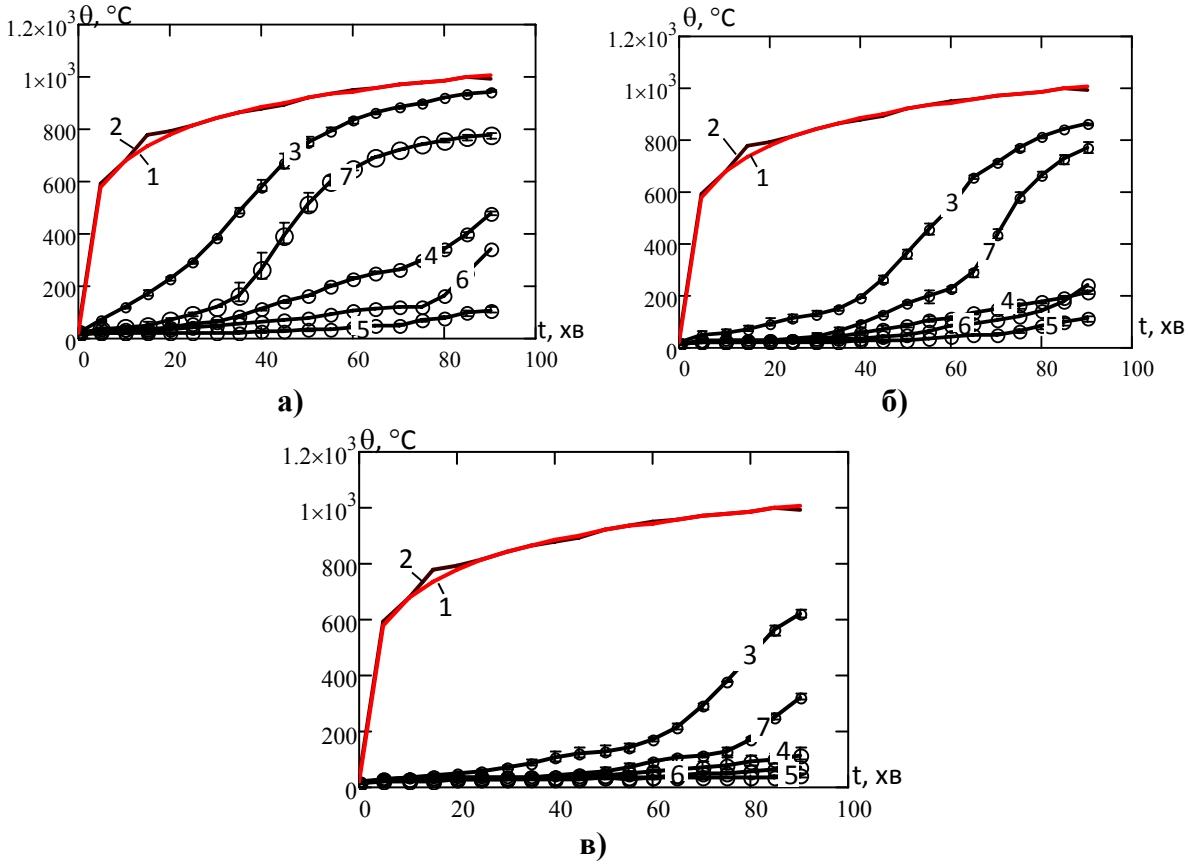

Рис. 5. Графіки 90-хвилинних випробувань: 1 – стандартна температурна крива; 2 – середня температура в печі; 3 – середнє значення першої термопари, 4 – середнє значення другої термопари, 5 – середнє значення третьої термопари, 6 – середнє значення четвертої термопари, 7 – середнє значення п'ятої термопари; а) зразки без захисту, б) зразки з захистом плитою OSB в один шар, в) зразки з захистом плитою OSB в два шари

Вимірювання товщини обвугленої зони проводилося відповідно схеми зображеної на рис. 6.

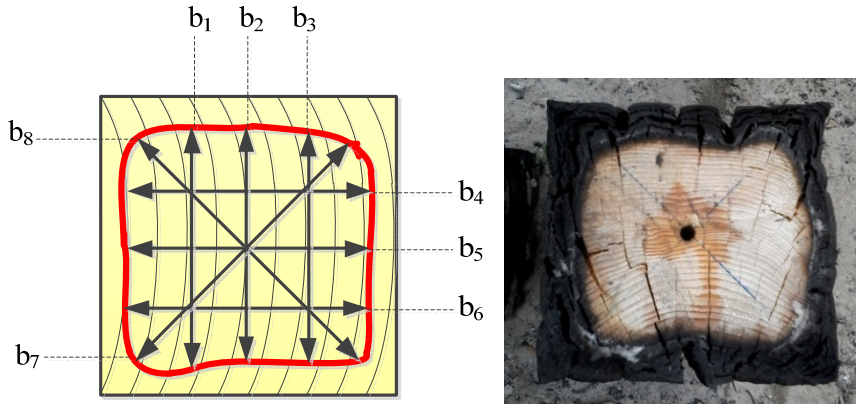

Рис. 6. Схема вимірювання обвуглення випробувального зразка

Візуальним оглядом (рис. 7) та проведеними вимірюваннями підтверджено гіпотезу, що глибина обвуглення дерев'яних колон залежить від товщини вогнезахисту. Результати вимірювань занесені в табл. 2.

а)

б)

в)

г)

Рис. 7. Фото випробувальних зразків після проведення вогневих випробувань (зразки зліва направо: без захисту, з захистом плитою OSB в один та два шари): а) обвуглення зразків після 15 хвилинного; б) 30 хвилинного; в) 60 хвилинного; г) 90 хвилинного випробувань

Табл. 2. Вимірювання зони обвуглювання

№ з/п	Номер зразка	Тип облицювання	Час випро-бування, хв.	b_1, мм	b_2, мм	b_3, мм	b_4, мм	b_5, мм	b_6, мм	b_7, мм	b_8, мм
1	1.1.1	ОСБ 1 шар	15	198	200	200	198	197	198	268	268
2	1.1.2	ОСБ 2 шари	15	200	200	200	200	200	200	280	280
3	1.1.0	б/о	15	175	175	175	173	175	175	235	235
4	1.2.1	ОСБ 1 шар	15	195	195	196	195	197	197	268	267
5	1.2.2	ОСБ 2 шари	15	200	200	200	200	200	200	280	280
6	1.2.0	б/о	15	175	174	175	175	175	173	235	232
7	1.3.1	ОСБ 1 шар	15	199	199	200	198	197	198	267	269
8	1.3.2	ОСБ 2 шари	15	200	200	200	200	200	200	280	280
9	1.3.0	б/о	15	174	175	175	175	174	175	234	235
10	2.1.1	ОСБ 1 шар	30	175	175	176	174	177	174	232	228
11	2.1.2	ОСБ 2 шари	30	200	200	200	200	200	200	280	280
12	2.1.0	б/о	30	156	155	155	153	155	152	200	199
13	2.2.1	ОСБ 1 шар	30	178	180	177	177	177	179	235	234
14	2.2.2	ОСБ 2 шари	30	200	200	200	200	200	200	280	280
15	2.2.0	б/о	30	160	164	157	160	161	159	207	206
16	2.3.1	ОСБ 1 шар	30	180	185	183	183	177	180	240	237
17	2.3.2	ОСБ 2 шари	30	200	200	200	200	200	200	279	279
18	2.3.0	б/о	30	157	149	155	157	155	153	206	207
19	3.1.1	ОСБ 1 шар	60	145	142	143	138	142	143	187	177
20	3.1.2	ОСБ 2 шари	60	162	165	167	165	165	169	215	214
21	3.1.0	б/о	60	110	112	117	110	121	117	143	152
22	3.2.1	ОСБ 1 шар	60	155	138	154	147	150	145	195	197
23	3.2.2	ОСБ 2 шари	60	169	165	166	172	171	170	213	215
24	3.2.0	б/о	60	110	118	120	113	122	115	150	150
25	3.3.1	ОСБ 1 шар	60	145	149	152	144	138	145	187	187
26	3.3.2	ОСБ 2 шари	60	169	165	167	176	175	172	220	222
27	3.3.0	б/о	60	117	115	110	112	115	116	142	144
28	4.1.1	ОСБ 1 шар	90	95	100	105	90	99	120	133	140
29	4.1.2	ОСБ 2 шари	90	134	120	134	127	120	126	162	165
30	4.1.0	б/о	90	70	80	69	77	90	79	94	99
31	4.2.1	ОСБ 1 шар	90	105	112	109	115	97	108	132	132
32	4.2.2	ОСБ 2 шари	90	130	118	130	130	134	138	160	171
33	4.2.0	б/о	90	71	75	78	85	89	82	95	96
34	4.3.1	ОСБ 1 шар	90	110	112	107	103	90	105	125	134
35	4.3.2	ОСБ 2 шари	90	135	127	127	130	122	127	155	164
36	4.3.0	б/о	90	70	78	69	70	79	82	90	93
28	4.1.1	ОСБ 1 шар	90	95	100	105	90	99	120	133	140

Висновки. Проведений аналіз вогнезахисту дерев'яних колон із вогнезахистом на основі плит OSB. Проведено експериментальні дослідження поведінки дерев'яних колон з вогнезахисним облицюванням та без нього, опубліковано їх результати у вигляді графіків та таблиці. Встановлено ефективність використання вогнезахисного облицювання з плит OSB товщиною 10 мм, особливо при застосуванні в два шари. На основі проведених експериментів виявлені закономірності температурного відклику у поперечного перерізу дерев'яних колон квадратного перерізу із вогнезахистом та без нього при їх нагріванні за стандартним температурним режимом пожежі, а також встановлений зв'язок між геометричною конфігурацією зони обвуглювання та температурними показниками у перерізі досліджуваних фрагментів колон.

ЛІТЕРАТУРА

1. Леонович А.А. Огнезащита древесины и древесных материалов: Учеб. Пособие для студентов спеціальностей 26.02.26.03 / А.А. Леонович. – СПб.: ЛТА, 1994. – 148 с.

2. Арцыбашева О.В. Анализ способов и средств огнезащиты для снижения пожарной опасности и повышения огнестойкости деревянных конструкцій / О.В. Арцыбашева, Г.И. Визгалова, Р.М. Асеева, Б.Б. Серков, А.Б. Сивенков // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – М.: АГПС. 2014. – № 3. – С. 13-20.

3. Гусев А.И. Повышение огнестойкости строительных деревянных конструкций / А.И. Гусев, С.Н. Пазникова, Н.С. Кожевникова // Пожаровзрывобезопасность. 2006. – Т. 15, №3. – С. 30-35.

4. Демчина Б.Г. Поведінка дощатоклеєних колон за місцевого впливу температури / А.Б. Пелех, Г.М. Олексин, М.І. Сурмай // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". – Львів, 2009. – № 655. – С. 71-74.

5. Пелех А.Б. Натурні випробування конструкції дерев'яної рами на вогнестійкість в умовах реальної пожежі / А.Б. Пелех, Б.Г. Демчина, Т.М. Шналь, С.С. Була, О.В. Крочак // Вісн. Нац. ун-ту «Львів. політехніка». – Львів, 2008. – № 627. – С. 167-171.

6. Коченов В.М. Несущая способность элементов деревянных конструкцій / В.М. Коченов. – М.: Стройиздат, 1953. – 320 с.

7. Канн Э.А. Деревянные конструкции в современном строительстве / Э.А. Канн, Е.Н. Серов – Кишинев: Шниинца, 1981. –180 с.

8. Фещук Ю.Л. Методика експериментальних досліджень поведінки дерев'яних колон з вогнезахисним облицюванням та без нього в умовах пожежі / Ю.Л. Фещук, С.В. Поздєєв, В.В. Ніжник, О.П. Борис, Ю.В. Долішній // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – Київ, 2017. – № 1 (3). – С. 98-102.

Отримано редколегією 13.10.2017

Ю.Л. Фещук, С.В. Поздеев, В.В. Нижник

Экспериментальные исследования поведения деревянных колонн с огнезащитной облицовкой в условиях пожара

В статье представлены результаты экспериментальных исследований поведения деревянных колонн с огнезащитной облицовкой и без нее в условиях пожара при стандартном температурном режиме.

Ключевые слова: огнезащита, огнестойкость, температурне показатели, зона обугливания.

Y. Feshchuk, S. Pozdieiev, V. Nizhnyk

Experimental researches of the behavior of wooden columns with membrane fireproofing under fire conditions

The article presents the results experimental researches of the behavior of wooden columns with and without membrane fireproofing under fire conditions according to the standard temperature regime.

Keywords: fire protection, fire resistance, temperature characteristics, charring zone.