

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ



Науковий вісник НЛТУ України
Scientific Bulletin of UNFU

<https://nv.nltu.edu.ua>

<https://doi.org/10.15421/40290220>

Article received 11.03.2019 p.

Article accepted 28.03.2019 p.

УДК 691.620:197



ISSN 1994-7836 (print)
ISSN 2519-2477 (online)

@ ✉ Correspondence author

Yu. V. Tsapko

juriyts@ukr.net

Ю. В. Цапко, О. О. Пінчевська, О. Ю. Цапко

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ВСТАНОВЛЕННЯ УМОВ ЗАСТОСУВАННЯ ВОГНЕЗАХИЩЕНОЇ ДЕРЕВИНИ НА ОБ'ЄКТАХ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Зниження пожежної небезпеки будівельної деревини є завданням не лише економічним, а має соціальну та екологічну спрямованість. У будівництві дедалі інтенсивніше ведуть пошук нових високоєфективних засобів вогнезахисту деревини. Але вогнезахист сьогодні повинен не тільки забезпечувати нормовану вогнестійкість деревини, а також зберігати її експлуатаційні параметри, вирішувати екологічну безпеку і довговічність. Тому важливою проблемою забезпечення життєдіяльності та безпечного функціонування об'єктів будівництва є розроблення, з економічної, технологічної та екологічної точок зору, спучувальних вогнезахисних покриттів для будівельних конструкцій, що можуть використовуватись не тільки нарівні з сучасними аналогами, але і бути високоєфективними у спеціальних галузях будівництва, що уможливило запобігання виникненню техногенних аварій. Наведено результати досліджень щодо підвищення ефективності захисту об'єктів шляхом переведення застосованої в них деревини до групи важкогорючих матеріалів та встановлено, що застосування органо-мінерального покриття переводить деревину у стан важкогорючості, яка не поширює полум'я поверхню, з помірно димоутворювальною здатністю. За цими показниками пожежної небезпеки, вогнезахиснену деревину, як будівельний матеріал, дозволено застосовувати для внутрішнього облаштування приміщень, зокрема і на шляхах евакуації.

Ключові слова: деревина; вогнезахисне покриття деревини; леткі продукти горіння; горіння деревини; димоутворення.

Вступ. Не менш ніж 80 % від загальної кількості пожеж виникають у житловому секторі, громадських і виробничих будинках, де деревина є значним пожежним навантаженням. Спектр використання матеріалів та конструкцій з деревини у будівництві дуже широкий. З огляду на той факт, що саме деревина є основним провідником поширення полум'я, практика висуває дедалі вищі вимоги до ефективності вогнезахисних засобів, а також до якості вогнезахисної деревини. Ефективність протипожежного захисту об'єктів різного призначення підвищується із застосуванням вогнезахисної деревини, яка відповідає вимогам нормативних документів.

Для вогнезахисту будівельних конструкцій набули широкого застосування спеціальні покриття, які за дії високої температури виділяють воду, але вони не завжди забезпечують вогнестійкість. Тому останнім часом застосовують покриття, що здатні до утворення на поверхні будівельної конструкції теплоізоляційного шару, який значною мірою знижує процеси передачі тепла до матеріалу. Сучасні методи вогнезахисту будівельних конструкцій базуються на використанні покриттів, що

спучуються, які являють собою складні системи органічних і неорганічних компонентів. Але за тривалої дії полум'я вони здатні до поступового вигорання і відповідно зниження вогнестійкості конструкції, що потребує додавання до них мінеральних волокон, здатних утворити стійкіший шар пінококсу.

Тому потрібно розвиватися в цьому напрямку. Особливість розроблення ефективних вогнезахисних покриттів спрямована на використання під час спорудження об'єктів різного призначення, де використання наявних засобів малоєфективне, а застосування їх потребує надійних способів вивчення властивостей покриття.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Особливість вогнезахисту будівельних конструкцій від впливу вогню полягає у створенні на поверхні елементів конструкцій теплоізоляційних екранів, які витримують високі температури. Вони дають змогу сповільнити прогрівання матеріалу (сталю конструкції) і зберігати свої функції під час пожежі впродовж заданого періоду часу та переводить деревину до важкогорючих матеріалів (Tsapko & Tsapko, 2017).

Інформація про авторів:

Цапко Юрій Володимирович, д-р техн. наук, ст. наук. співробітник, професор, кафедра технологій та дизайну виробів з деревини. Email: juriyts@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0003-0625-0783>

Пінчевська Олена Олексіївна, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри технологій та дизайну виробів з деревини. Email: OPinchevska@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-8123-5490>

Цапко Олексій Юрійович, аспірант, кафедра технологій та дизайну виробів з деревини. Email: alekseytsapko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-2298-068X>

Цитування за ДСТУ: Цапко Ю. В., Пінчевська О. О., Цапко О. Ю. Встановлення умов застосування вогнезахисної деревини на об'єктах різного призначення. Науковий вісник НЛТУ України. 2019, т. 29, № 2. С. 99–102.

Citation APA: Tsapko, Yu. V., Pinchevska, O. O., & Tsapko, O. Yu. (2019). Revelation of conditions of use of fire retardant treated wood at various designation facilities. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(2), 99–102. <https://doi.org/10.15421/40290220>

Найпростіші вогнезахистні засоби на основі неорганічних в'язучих матеріалів містять у своєму складі зв'язану воду, яка під час нагрівання випаровується і блокує перенесення тепла до захищеної поверхні. Як зв'язку використовують здебільшого натрієве рідке скло, портландцемент, глиноземистий цемент, фосфатні і алюмосилікатні в'язучі (Tsapko & Tsapko, 2017). Такі матеріали характеризуються незначною еластичністю, за дії температурного фактору в навколишнє довкілля виділяють тільки водяні пари (Tsapko et al., 2018).

Однак такі покриття є недовговічними та не ефективними, а також не забезпечують достатньої адгезійної міцності, оскільки вони мають великий температурний коефіцієнт лінійного розширення. Натомість покриття на основі неорганічних та органічних речовин здатні до утворення на захищуваній поверхні спученого шару коксу, який значною мірою знижує процеси теплопередачі (Ciripi, Wang & Rogers, 2016).

Ефективність застосування вогнезахисних покриттів на основі органічних речовин показано в роботах (Fan et al., 2013), де завдяки дії антипіренів та спінювачів можливий значний вплив на формування порового шару пінококсу, а саме на підвищення його стійкості, щільності і міцності, внаслідок модифікування полімерними добавками (Xiao et al., 2014). Ці дослідження спрямовані на виготовлення полімерно-неорганічних вогнезахисних покриттів, які не можуть забезпечити вогнестійкість і димоутворювальну здатність будівельних конструкцій упродовж досить тривалого часу та є надто дорогими.

Проведеними дослідженнями встановлено (Carosio et al., 2015), що додавання наповнювачів (оксиди, гідроксиди, борати) до органо-неорганічних покриттів змінює структуру коксового шару та процес спінення, але не встановлено їх вплив на теплопровідність утвореного пінококсу та ефективності захисту деревини.

Цим зумовлено проведення наукових досліджень, спрямованих на вирішення питань щодо підвищення ефективності протипожежного захисту об'єктів різного призначення шляхом застосування інтумесцентного покриття деревини та переведення її до групи важкогорючих матеріалів.

Мета роботи – дослідити вплив вогнезахисного інтумесцентного покриття на основі органічних і мінеральних речовин на горючість деревини та дерев'яних конструкцій.

Матеріали і методи дослідження ефективності вогнезахисту деревини інтумесцентним покриттям на основі органічних та мінеральних речовин.

1. Досліджувані матеріали, які використовували в експерименті

Для встановлення горючості, поширення полум'я і димоутворення деревини, використовували зразки деревини, необроблені та оброблені (рис. 1) вогнезахисним інтумесцентним покриттям на основі органічних та мінеральних речовин з витратою 260 г/м².

2. Методика визначення показників властивостей зразків вогнезахисного покриття деревини

Дослідження з визначення групи горючості деревини, індексу поширення полум'я та димоутворення, обробленої покриттям, проводили згідно з (DBN V.1.1-7-2002, 2003). Суть методу випробувань з визначення групи важкогорючої деревини полягає у впливі на зразок, що розташований в установці, полум'я пальника

або радіаційної панелі зі заданими параметрами (GOST 12.1.044-1989, 1990).

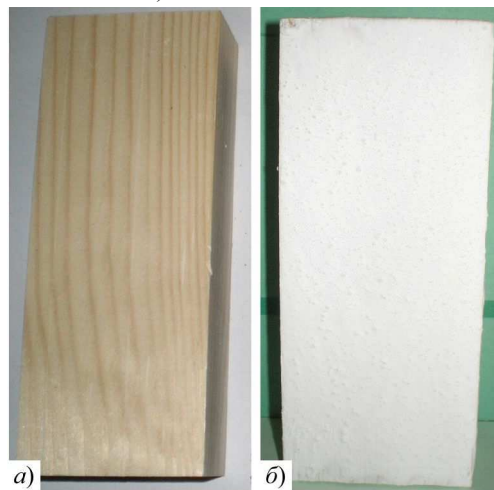


Рис. 1. Модельні зразки вогнезахисної деревини: а) необроблений; б) оброблений вогнезахисним інтумесцентним покриттям на основі органічних та мінеральних речовин

Під час проведення експериментальних досліджень з визначення групи горючості фіксується максимальний приріст температури газоподібних продуктів горіння (Δt) та втрата маси зразка (Δm).

За результатами випробувань матеріали класифікують як:

- важкогорючі – $\Delta t < 60$ °C та $\Delta m < 60$ %;
- горючі – $\Delta t \geq 60$ °C чи $\Delta m \geq 60$ %.

Під визначення індексу поширення полум'я фіксується відстань термічного руйнування зразка та температура димових газів.

За значенням індексу поширення полум'я матеріали класифікують:

- не поширюють полум'я по поверхні – індекс поширення 0;
- повільно поширюють – індекс поширення 0÷20;
- швидко поширюють – індекс поширення > 20.

Під час визначення коефіцієнта димоутворення визначають оптичну провідність утворених димових газів.

Залежно від отриманого коефіцієнта димоутворення розрізняють:

- з малою димоутворювальною здатністю – більше 50 м²/кг;
- з помірно димоутворювальною здатністю – більше 50 до 500 м²/кг включно;
- з високою димоутворювальною здатністю – коефіцієнт димоутворення більше 500 м²/кг.

3. Визначення групи горючості будівельних матеріалів

Випробування проводили згідно з (DSTU B V.2.7-19-95, 1996). Сутність методу полягає у визначенні опірності зразків після термічної дії у вогневій камері за такими параметрами: температура димових газів, ступінь пошкодження за довжиною, ступінь пошкодження за масою, тривалість самостійного горіння. Будівельні матеріали залежно від значень параметрів горючості, поділяють на чотири групи горючості Г₁, Г₂, Г₃, Г₄ відповідно до табл. 1. Матеріали належить відносити до певної групи горючості за умови відповідності всіх значень параметрів, що установлені цій таблиці.

Експериментальні дослідження ефективності вогнезахисту деревини покриттям та їх результати. Для встановлення вогнезахисної ефективності під час дослідження ефективності оброблення інтумесцентним покриттям на основі органічних та мінеральних речо-

вин визначили групи горючості вогнезахищеної деревини. Результати досліджень з визначення втрати маси зразків (Δm , %) та приросту максимальної температури газоподібних продуктів горіння (Δt , °C) зразків вогнезахищеної деревини, проведеними у лабораторних умовах, наведено на рис. 2, 3.

Табл. 1. Класифікація горючих будівельних матеріалів

Група горючості матеріалів	Параметри горючості			
	Температура димових газів	Ступінь пошкодження за довжиною	Ступінь пошкодження за масою	Тривалість самостійного горіння
Г ₁	< 135	< 65	< 20	0
Г ₂	< 235	< 85	< 50	< 30
Г ₃	< 250	> 85	< 80	< 60
Г ₄	> 250	> 85	> 80	> 60

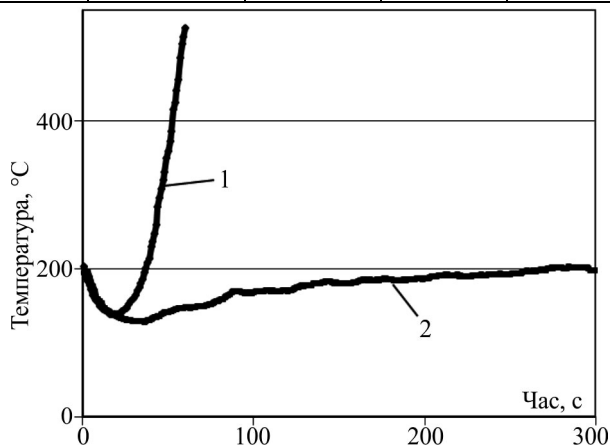


Рис. 2. Динаміка наростання температури димових газів під час випробувань деревини: 1) необроблена; 2) вогнезахищена інтумесцентним покриттям на основі органічних і мінеральних речовин

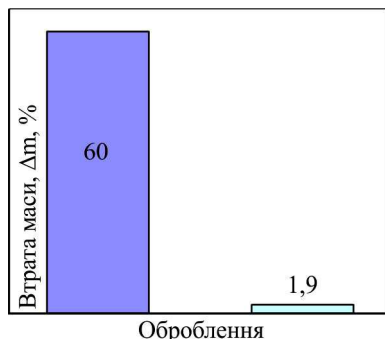


Рис. 3. Результати втрати маси зразків Δm , % деревини: 1) необроблена; 2) вогнезахищена інтумесцентним покриттям на основі органічних і мінеральних речовин

За початкової температури газоподібних продуктів горіння $T = 200$ °C, за дії полум'я пальника на вогнезахищений зразок деревини, оброблений інтумесцентним покриттям на основі органічних і мінеральних речовин, температура газоподібних продуктів горіння зменшилась та становила $T \leq 200$ °C, а втрата маси не перевищила 2%. Отже, деревина, оброблена інтумесцентним покриттям на основі органічних та мінеральних речовин, належить до групи важкогорючих матеріалів, а необроблена – до горючих середньої займистості.

Для визначення можливості застосування вогнезахищеної деревини, як будівельного матеріалу на об'єктах різного призначення, зокрема і на шляхах евакуації, було проведено дослідження згідно з (DBN V.1.1-7-2002, 2003), а саме горючості, поширення полум'я поверхнею, димоутворювальної здатності.

Для отримання повнішої інформації щодо горючості деревини, як будівельного матеріалу, проведено дослідження згідно з (DSTU B V.2.7-19-95, 1996) необробленої та вогнезахищеної інтумесцентним покриттям на основі органічних та мінеральних речовин зразків деревини. Під час досліджень визначали температуру димових газів, тривалість самостійного горіння зразків, довжину пошкодження та втрату маси зразків (рис. 4).

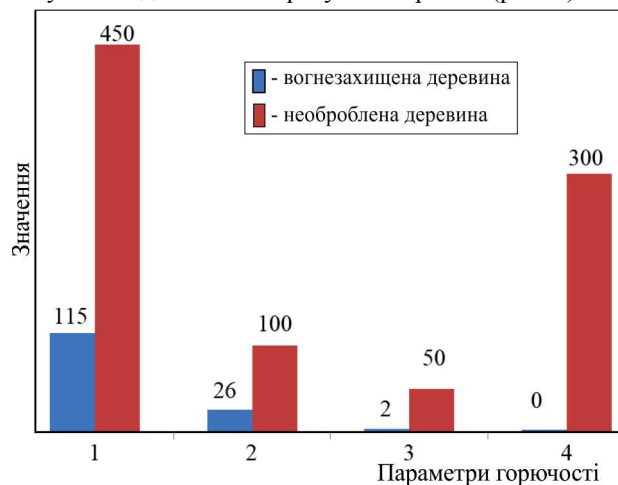


Рис. 4. Визначення групи горючості деревини згідно з (Tsapko, & Tsapko, 2017): 1) температура димових газів (T , °C); 2) ступінь пошкодження зразків за довжиною (S_L , %); 3) ступінь пошкодження за масою (S_m , %); 4) тривалість самостійного горіння (τ , с)

Випробуванням піддавали зразки матеріалу білого кольору розмірами 1000×190 мм, середньою товщиною 20,3 мм (рис. 5). Зразки матеріалу були закріплені на негорючій основі (азбестоцементний лист завтовшки 10 мм). Кондиціонування зразків проводили за температури повітря $23^{\pm 2}$ °C та відносної вологості повітря $50^{\pm 5}$ % впродовж 48 год.



Рис. 5. Результати випробувань модельного зразка, обробленого вогнезахисним інтумесцентним покриттям

За результатами досліджень (див. рис. 4, 5) встановлено, що деревина, вогнезахищена інтумесцентним покриттям на основі органічних та мінеральних речовин, належить до будівельних матеріалів низької горючості (Г₁), а необроблену деревину класифіковано як будівельний матеріал підвищеної горючості (Г₄).

Проведено експериментальні дослідження з визначення індексу поширення полум'я (РІП) згідно з (GOST 12.1.044-1989, 1990). Результати випробувань наведено у табл. 2. Встановлено, що вогнезахищена деревина, порівняно з необробленою (див. табл. 2), має індекс поширення полум'я, що дорівнює 0. Необроблена деревина характеризується високим коефіцієнтом димоутворення та потребує його зниження, оскільки може використовуватись на об'єктах масового перебування людей.

Табл. 2. Тривалість проходження фронтом полум'я контрольних точок зразка деревини

Зразок деревини	Температура димових газів, °С		Час проходження фронтом полум'я ділянок зразка, с										Час досягнення T_{max} димових газів, с	Довжина пошкодження зразка, мм	Індекс поширення полум'я
	T_1	T_{max}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Необробл.	88	367	21	25	5	22	48	47	32	45	99	32	121	298	56,7
Захищений покриттям	91	98	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	394	0	0

Згідно з (GOST 12.1.044-1989, 1990), визначено димоутворювальну здатність оброблених інтумесцентним покриттям на основі органічних та мінеральних речовин зразків деревини. Дослідження показали (табл. 3) значне зменшення коефіцієнта димоутворення для вогнезахисних зразків деревини та їх перехід з групи матеріалів з високою димоутворювальною здатністю (для необроблених зразків) до групи матеріалів з малою димоутворювальною здатністю.

Табл. 3. Результати випробувань зразків вогнезахисної деревини

Режим випробувань та густина теплового потоку	Номер зразка для випробувань	Маса зразка (m), г	Світлопропускання, %		Коефіцієнт димоутворення (D_m), м ² /кг
			початкове значення (T_0)	кінцеве значення (T_{min})	
Полум'яне горіння, 35 кВт/м ²	1	5,26	100	90,7	15,4
	2	5,30	100	90,9	14,9
	3	5,28	100	89,8	16,9
	4	5,23	100	89,6	17,4
	5	5,32	100	88,4	19,2
Середнє значення (округлено до цілого числа)					17,0
Тління, 35 кВт/м ²	1	5,19	100	76,0	43,9
	2	5,19	100	77,3	41,2
	3	5,16	100	77,9	40,2
	4	5,14	100	78,1	39,9
	5	5,21	100	78,8	38,0
Середнє значення (округлено до цілого числа)					41,0

Отже, встановлено, що застосування інтумесцентного покриття на основі органічних та мінеральних речовин надає деревині важкогорючих властивостей та переводить деревину у стан помірної горючості (G_1), яка не поширює полум'я поверхню ($I = 0$), з помірно димоутворювальною здатністю (D_2). За цими показниками пожежної небезпеки, вогнезахиснену деревину, як будівельний матеріал, дозволено застосовувати для внутрішнього облаштування приміщень масового перебування людей, зокрема і на шляхах евакуації.

Перелік використаних джерел

- Carosio, F., Kochumalayil, J., Cuttica, F., Camino, G., & Berglund, L. (2015). Oriented Clay Nanopaper from Biobased Components Mechanisms for Superior Fire Protection Properties. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 7(10), 5847–5856.
- Ciripi, V. K., Wang, Y. C., & Rogers, B. (2016). Assessment of the thermal conductivity of intumescent coatings in fire. *Fire Safety Journal*, 81, 74–84.
- DBN V.1.1-7-2002. (2003). *Pozhezhna bezpeka ob'ektiv budivnytstva*. Kyiv, 41 p. (Derzhbud Ukrainy). [In Ukrainian].
- DSTU B V.2.7-19-95 (HOST 30244-94). (1996). *Materialy budivelni. Metody vyprobuvan na horiuchist*. Kyiv, 33 p. (Derzhbudarkhitektury Ukrainy). [In Ukrainian].
- Fan, F.-Q., Xia, Z.-B., Li, Q.-Y., & Li, Z. (2013). Effects of inorganic fillers on the shear viscosity and fire retardant performance of waterborne intumescent coatings. *Progress in Organic Coatings*, 76(5), 844–851.
- GOST 12.1.044-1989. (1990). *Pozharovzryvoopasnost veshhestv i materialov. Nomenklatura pokazatelei i metody ikh opredeleniia*. Moscow: Izdatelstvo standartov, 143 p. [In Russian].
- Tsapko, Ju., & Tsapko, A. (2017). Simulation of the phase transformation front advancement during the swelling of fire retardant coatings. (Vol. 2). *Eastern-European Journal Enterprise Technologies*, 11(86), 50–55.
- Tsapko, Yu., & Tsapko, A. (2017). Establishment of the mechanism and fireproof efficiency of wood treated with an impregnating solution and coatings. (Vol. 3). *Eastern-European Journal Enterprise Technologies*, 10(87), 50–55.
- Tsapko, Yu., Kyrycyok, V., Tsapko, A., Bondarenko, O., & Guzii, S. (2018). Increase of fire resistance of coating wood with adding mineral fillers. *Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings: The 7th International Scientific Conference*. (pp. 6–8), November 14–16. Kharkiv.
- Xiao, Na, Zheng, Xue, Song, Shuping, & Pu, Junwen. (2014). Effects of Complex Flame Retardant on the Thermal Decomposition of Natural Fiber. *BioResources*, 9(3), 4924–4933.

Yu. V. Tsapko, O. O. Pinchevska, O. Yu. Tsapko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

REVELATION OF CONDITIONS OF USE OF FIRE RETARDANT TREATED WOOD AT VARIOUS DESIGNATION FACILITIES

Lowering fire hazard of wood is not merely a task of economical nature but it has social and ecological purposes. Search of new efficient ways of fire retardant treatment of wood is being conducted more and more intensively in the construction sphere. But fire retardant treatment nowadays shall not only ensure prescribed fire resistance of wood but preserve its performance as well as provide environmental safety and long life. Therefore significant problem of ensuring vital activity and safe functioning of any building facilities lies in the development of intumescent fire retardant coatings for building constructions taking into account economical, technological and ecological considerations; moreover, these coatings shall be applicable not only on par with available similar ones but be of high efficiency in special construction spheres which prevents spring-up of man-caused accidents. This paper contains description of the results of the researches having been conducted for raising efficiency of the facilities protection by transformation of wood used at them to a material belonging to the group of hardly combustible ones; it was revealed that application of a coating consisting of some organic and mineral compounds converted wood to hardly combustible condition, it did not spread fire by its surface anymore and its smoke formation ability became moderate. With such fire hazard indices wood as construction material having been subjected to fire retardant treatment can be used for internal furnishing of premises including escape routes. In particular, this is implied by availability of data sufficient for qualitative execution of the process of temperature growth inhibition and establishment on their basis of the time moment from which drop in heat resistance comes. This knowledge will make it possible to study transformation of the coating surface towards the high temperature side with coke formation and identify the variables significantly affecting the process. These study results are applicable to building structures from plant raw materials. Therefore, it is expedient today to take building materials from renewable sources, protect them against destruction and ensure the environmental friendliness of the products obtained.

Keywords: wood; fire retardant treatment coating of wood; burning of wood; fire resistance; mass loss.