Пожежна безпека
Fire Safety
https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB

УДК 614.841
This article is an Open Access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY 4.0) License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

DOI https://doi.org/10.32447/20786662.46.2025.13

Ю. О. Терлецький[1], О. Ю. Пазен[2], Р. М. Тацій[2], А. С. Лин[2]
[1] ТОВ «СВІСС КРОНО»,
м. Кам'янка-Бузька, Україна
[2] Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
м. Львів, Україна

ORCID: https://orcid.org/0009-0009-1633-5458 – Ю. О. Терлецький
https://orcid.org/0000-0003-1655-3825 – О. Ю. Пазен
https://orcid.org/0000-0001-7764-2528 – Р. М. Тацій
https://orcid.org/0000-0002-4012-4556 – А. С. Лин
yurii.terletskyi@swisskrono.com

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ПОЖЕЖІ НА НАГРІВАННЯ ОРІЄНТОВАНО-СТРУЖКОВИХ ПЛИТ

Проблема. Деревина є поширеним будівельним матеріалом і основою для плит OSB – тришарових композитів з пресованої стружки та синтетичних смол. Водночас їхнім суттєвим недоліком є горючість: займання деревини починається за 240–270 °С, а самозаймання – за 350–450 °С. У роботі досліджено вплив інтенсивності теплового потоку та стандартного температурного режиму пожежі на нагрівання плит OSB до температури займання.

Методи дослідження. У роботі використано метод математичного моделювання процесів теплообміну в плоских конструкція з використанням диференціального рівняння теплопровідності та крайових умов другого та третього роду.

Основні результати дослідження. На основі проведених досліджень встановлено, що час досягнення температури займання або самозаймання OSB-плити буде залежати від інтенсивності густини теплового потоку яка потрапляє на поверхню плити. За інтенсивності густини теплового потоку від 1 до 5 кВт ця зміна буде для товщин від 10 до 30 мм. Для товщини 30 мм і більше час досягнення температури займання або самозаймання буде фактично незмінним. Для інтенсивності густини теплового потоку від 8 кВт і більше час досягнення температури займання або самозаймання не буде залежати від товщини плити.

За умов впливу стандартного температурного режиму пожежі час займання OSB-плити буде залежати від її товщини. Якщо час досягнення температури 240…270 °С для плити товщиною 10 мм становить 160–198 с, то для плити товщиною 1 000 мм цей час складатиме 52–70 с, а для плити товщиною 2 000 мм – 36–47 с. Це пояснюється тим, що деревина має відносно низький коефіцієнт теплопровідності, а за малих товщин тепло встигає пройти крізь плиту та розсіятись у довкіллі. За більшої товщини плити тепло накопичується у конструкції та не встигає швидко проходити крізь плиту, тому процес нагрівання пришвидшується.

Висновок. На основі проведених досліджень встановлено, що час нагрівання поверхні OSB-плити залежно від впливу різної інтенсивності теплового потоку буде змінюватись. Також на час нагрівання буде впливати і товщина OSB-плити, але лише в межах до 30 мм за інтенсивності до 5 кВт/м^2. За інтенсивності теплового потоку від 5 кВт/м^2 товщина конструкції не впливатиме на час досягнення температури займання.

За умов впливу стандартного температурного режиму пожежі збільшення товщини OSB-плити зменшуватиме час нагрівання до температури займання.

Ключові слова: OSB/3-плита, тепловий потік, стандартний температурний режим пожежі, температура займання.

Yu. O. Terletskyi[1], O. Yu. Pazen[2], R. M. Tatsiy[2], A. S. Lyn[2]
[1] Ltd SWISS KRONO,
Kamianka-Buzka, Ukraine
[2] Lviv State University of Life Safety
Lviv, Ukraine

RESEARCH ON THE INFLUENCE OF FIRE PARAMETERS ON THE HEATING OF ORIENTED-STAINLESS STEEL BOARDS

Problem. Wood is a common building material and the basis for OSB boards – three-layer composites of pressed chips and synthetic resins. At the same time, their significant disadvantage is flammability: wood ignition begins at 240–270 °C, and self-ignition – at 350–450 °C. This work investigates the influence of heat flux intensity and standard fire temperature regime on heating OSB boards to the ignition temperature.

The aim of the article is a study of the effect of OSB/3 board thickness on fire hazard indicators, in particular flame spread and flammability group.

Research methods. The work uses the method of mathematical modeling of heat transfer processes in flat structures using the differential equation of heat conduction and boundary conditions of the second and third kind.

Results. Based on the conducted research, it was found that the time to reach the ignition temperature or self-ignition of the OSB board will depend on the intensity of the heat flux density that hits the surface of the board. At an intensity of the heat flux density from 1 to 5 kW, this change will be for thicknesses from 10 to 30 mm. For a thickness of 30 mm and more, the time to reach the ignition temperature or self-ignition will be virtually unchanged. For an intensity of the heat flux density from 8 kW and more, the time to reach the ignition temperature or self-ignition will not depend on the thickness of the board.

Under the influence of a standard temperature regime of fire, the ignition time of the OSB board will depend on its thickness. If the time to reach a temperature of 240…270 °C for a 10 mm thick plate is 160–198 s, then for a 1 000 mm thick plate this time will be 52–70 s, and for a 2 000 mm thick plate – 36–47 s. This is explained by the fact that wood has a relatively low thermal conductivity coefficient and at small thicknesses the heat manages to pass through the plate and dissipate into the environment. At a greater thickness of the plate, the heat accumulates in the structure and does not have time to pass quickly through the plate, so the heating process accelerates.

Conclusion. Based on the conducted research, it was found that the heating time of the OSB plate surface will vary depending on the influence of different heat flux intensities. The thickness of the OSB plate will also affect the heating time, but only within the limits of up to 30 mm at an intensity of up to 5 kW/m^2. At a heat flux intensity of 5 kW/m^2, the thickness of the structure will not affect the time to reach the ignition temperature.

Under the influence of the standard temperature regime of fire, increasing the thickness of the OSB plate will reduce the heating time to the ignition temperature.

Key words: OSB/3 board, heat flow, standard fire temperature, ignition temperature.

Постановка проблеми. Деревина є одним з найпоширеніших матеріалів, що активно застосовується в будівництві. Вона також є основою для виготовлення деревинно-композитних матеріалів, зокрема плит OSB [1]. Ці плити являють собою тришаровий композиційний матеріал, створений з деревної стружки пелюстко-подібної форми, яка піддається пресуванню під високим тиском і температурою з використанням синтетичних смол у ролі сполучної речовини.

Проте одним з вагомих недоліків плит OSB, як й інших будівельних матеріалів на деревній основі, є їхня горючість. Відомо, що деревина займається за температури в діапазоні 240…270 °C, а самозаймання відбувається за температури 350…450 °C [1]. Враховуючи широке застосування плит OSB в будівельній галузі, а також їхні показники пожежонебезпечності, актуальним вважаємо дослідження процесів нагрівання до температури займання внаслідок впливу пожежі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні питанню дослідження поведінки OSB-плит в умовах теплового нагрівання присвячено не дуже багато робіт. Так, у джерелах [2; 3; 4] автори досліджують вплив конструктивних параметрів дерев'яних балок на вогнестійкість в умовах теплової дії високих температур під час пожежі. Як вогнезахисне облицювання для цих балок використовуються OSB-плити та вогнезахисна фанера. На основі проведених вогневих випробувань було визначено температурні розподіли всередині зразків дерев'яних балок під впливом стандартного температурного режиму пожежі, розроблено методику інтерполяції температурних розподілів всередині зразків-фрагментів дерев'яної балки, а також методику математичного описання геометричної форми зони

обвуглювання у перерізі дерев'яної балки без вогнезахисту та з вогнезахисним облицюванням на основі OSB-плит.

У своїй роботі [5] автори проводили комп'ютерне моделювання розподілу температури всередині дерев'яної балки з вогнезахисними OSB-плитами.

Однак у цитованих наукових публікаціях питання дослідження впливу стандартного температурного режиму пожежі та теплових потоків різної величини на температуру займання OSB-плити різної товщини не розглядалось.

Мета статті. Метою роботи є дослідження часу досягнення температури займання (240–270 °С) OSB-плити різної товщини залежно від інтенсивності густини теплового потоку, від 500 Вт/м^2 до 11 кВт/м^2, а також залежно від впливу стандартного температурного режиму пожежі.

Виклад основного матеріалу. Першим етапом дослідження було проведення моделювання впливу теплового потоку різної інтенсивності на нагрівання поверхні OSB-плити різної товщини. Для математичного моделювання цього процесу за умов впливу густини теплового потоку різної інтенсивності (від 500 Вт до 11 кВт) на OSB-плити різної товщини було використано математичну модель процесу теплообміну, яка включає диференціальне рівняння теплопровідності [6; 7]:

$$c\rho\frac{\partial t}{\partial \tau}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda\frac{\partial t}{\partial x}\right) \qquad (1)$$

за початкової умови:

$$t(x,\,0)=20, \qquad (2)$$

та з крайовими умовами:

$$\begin{cases}\lambda\dfrac{\partial t(0,\tau)}{\partial\tau}=q_0,\\ \lambda\dfrac{\partial t(l,\tau)}{\partial\tau}=\alpha_l(t_c-t(l,\tau)).\end{cases} \qquad (3)$$

У формулі (3) перша рівність описує інтенсивність густини теплового потоку, яка потрапляє на поверхню OSB-плити (приймались 500 Вт, 1 кВт, 2 кВт, 3 кВт, 5 кВт, 8 кВт та 11 кВт). Друга рівність – це крайова умова третього роду, яка описує процес відведення тепла з поверхні, яка не обігрівається, у довкілля.

Під час математичного моделювання приймались такі параметри OSB-плити: питома теплоємність матеріалу c = 1700 Дж/кг · К, густина ρ = 600 кг/м^3, коефіцієнт теплопровідності λ = 0,13 Вт/м · К, температура середовища з боку поверхні, яка не обігрівається t_c = 20 °С, коефіцієнт теплообміну між OSB-плитою та довкіллям α_1 = 4 Вт/м^2 · К, початкова температура становила 20 °С.

З розв'язком поставленої задачі (1–3) детально можна ознайомитись у джерелі [6]. Дослідження проводилось до досягнення поверхнею OSB-плити температури 240…270 °С для взірців товщиною від 10 мм до 1000 мм. Всього було проведено 11 досліджень для різної інтенсивності теплового потоку. Результати моделювання наведено в табл. 1.

Аналіз табл. 1 свідчить про те, що час досягнення температури займання або самозаймання OSB-плити буде залежати від інтенсивності густини теплового потоку, який потрапляє но поверхню плити. За інтенсивності густини теплового потоку від 1 до 5 кВт ця зміна буде для товщин від 10 до 30 мм. Для товщини 30 мм і більше час досягнення температури займання або самозаймання буде фактично незмінним. Для інтенсивності густини теплового потоку від 8 кВт і більше час досягнення температури займання або самозаймання не буде залежати від товщини плити.

Другим етапом дослідження було проведення моделювання впливу стандартного температурного режиму пожежі на нагрівання поверхні OSB-плити різної товщини. Для математичного моделювання цього процесу було використано математичну модель процесу теплообміну, яка включає диференціальне рівняння теплопровідності (1) за початкової умови (3) та з крайовими умовами третього роду:

$$\begin{cases}\lambda\dfrac{\partial t(0,\tau)}{\partial\tau}=-\alpha_0(t_{cm}-t(0,\tau)),\\ \lambda\dfrac{\partial t(l,\tau)}{\partial\tau}=\alpha_l(t_c-t(l,\tau)),\end{cases}. \qquad (4)$$

Під час математичного моделювання приймались параметри, як і в першому дослідженні, лише були змінені крайові умови. Замість впливу теплового потоку приймався закон зміни температури середовища пожежі (стандартний температурний режим) t_{cm} = 3 451g(8τ + 1) + 20 за коефіцієнта теплообміну між середовищем пожежі та OSB-плитою α_0 = 25 Вт/м^2 · К, температура середовища з боку поверхні, яка не обігрівається t_c = 20 °С, коефіцієнт теплообміну між OSB-плитою та довкіллям α_2 = 4 Вт/м^2 · К, початкова температура становила 20 °С.

Дослідження проводилось до досягнення поверхнею OSB-плити температури 240…270 °С для взірців товщиною від 10 мм до 2 000 мм. Всього було проведено 22 дослідження. Результати моделювання наведено в табл. 2.

Аналіз табл. 2 свідчить про те, що час займання OSB-плити буде залежати від її товщини. Якщо час досягнення температури 240…270 °С для плити товщиною 10 мм становить 160–198 с, то

Таблиця

Час досягнення температури займання OSB-плити

500 Вт											
Товщина плити, мм	**10**	**12**	**18**	**22**	**30**	**40**	**50**	**100**	**200**	**500**	**1 000**
Час досягнення температури 240 °С, с	макс. 183 °С	макс. 191 °С	макс. 214 °С	макс. 229 °С	23 500	20 400	19 900	20 200	20 200	20 200	20 200
Час досягнення температури 270 °С, с	макс. 183 °С	макс. 191 °С	макс. 214 °С	макс. 229 °С	макс. 260 °С	31 000	27 200	26 100	26 100	26 100	26 100
1 кВт											
Товщина плити, мм	**10**	**12**	**18**	**22**	**30**	**40**	**50**	**100**	**200**	**500**	**1 000**
Час досягнення температури 240 °С, с	2 935	3 245	3 945	4 270	4 695	4 945	5 025	5 045	5 045	5 045	5 045
Час досягнення температури 270 °С, с	3 860	4 215	5 015	5 400	5 930	6 295	6 445	6 510	6 510	6 510	6 510
2 кВт											
Товщина плити, мм	**10**	**12**	**18**	**22**	**30**	**40**	**50**	**100**	**200**	**500**	**1 000**
Час досягнення температури 240 °С, с	939	1 034	1 200	1 241	1 260	1 261	1 261	1 261	1 261	1 261	1 261
Час досягнення температури 270 °С, с	1 141	1 264	1 500	1 575	1 622	1 628	1 628	1 628	1 628	1 628	1 628
3 кВт											
Товщина плити, мм	**10**	**12**	**18**	**22**	**30**	**40**	**50**	**100**	**200**	**500**	**1 000**
Час досягнення температури 240 °С, с	499	530	559	560	561	561	561	561	561	561	561
Час досягнення температури 270 °С, с	613	660	717	723	724	724	724	724	724	724	724
5 кВт											
Товщина плити, мм	**10**	**12**	**18**	**22**	**30**	**40**	**50**	**100**	**200**	**500**	**1 000**
Час досягнення температури 240 °С, с	499	530	559	560	561	561	561	561	561	561	561
Час досягнення температури 270 °С, с	613	660	717	723	724	724	724	724	724	724	724
8 кВт											
Товщина плити, мм	**10**	**12**	**18**	**22**	**30**	**40**	**50**	**100**	**200**	**500**	**1 000**
Час досягнення температури 240 °С, с	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79
Час досягнення температури 270 °С, с	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102
11 кВт											
Товщина плити, мм	**10**	**12**	**18**	**22**	**30**	**40**	**50**	**100**	**200**	**500**	**1 000**
Час досягнення температури 240 °С, с	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
Час досягнення температури 270 °С, с	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54

Таблиця 2

Час досягнення температури займання OSB-плити

Товщина плити, мм	**10**	**50**	**100**	**200**	**300**	**400**	**500**	**600**	**700**	**800**	**900**
Час досягнення температури 240 °С, с	160	160	160	157	145	125	103	84	71	63	56
Час досягнення температури 270 °С, с	198	198	198	195	185	165	140	117	99	86	77
Товщина плити, мм	**1 000**	**1 100**	**1 200**	**1 300**	**1 400**	**1 500**	**1 600**	**1 700**	**1 800**	**1 900**	**2 000**
Час досягнення температури 240 °С, с	52	48	45	43	41	40	38	37	37	36	36
Час досягнення температури 270 °С, с	70	65	61	58	55	53	52	50	49	48	47

для плити товщиною 1 000 мм цей час складатиме 52–70 с, а для плити товщиною 2000 мм – 36–47 с. Це пояснюється тим, що деревина має відносно низький коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0{,}13$ Вт/м · К, тож за малих товщин тепло встигає пройти крізь плиту та розсіятись у довкіллі. За більшої товщини плити тепло накопичується у конструкції та не встигає швидко проходити крізь плиту, тому процес нагрівання пришвидшується..

Висновки. На основі проведених досліджень встановлено, що час нагрівання поверхні OSB-плити, залежно від впливу різної інтенсивності теплового потоку, буде змінюватись. Це значення зменшується у 2 рази для товщини плити 600 мм, у 3 рази – для товщини 1 000 мм, у 4 рази – для товщини 2 000 мм.

Також на час нагрівання буде впливати товщина OSB-плити, але лише в межах до 30 мм за інтенсивності до 5 кВт/м^2. За інтенсивності теплового потоку від 5 кВт/м^2 товщина конструкції не впливатиме на час досягнення температури займання.

За умови впливу стандартного температурного режиму пожежі збільшення товщини OSB-плити зменшуватиме час нагрівання до температури займання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сірко З., Цапко О., Торчилевський Д., Цапко Ю., Бондаренко О., Апанасенко В. Вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій. *Шляхи підвищення ефективності будівництва*. 2023. № 1(51). С. 241–249. DOI: https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.51(1).241-249

2. Поздєєв С., Новгородченко А., Змага Я., Новгородченко В. Дослідження температурних розподілень у перерізах дерев'яних балок із вогнезахисним облицюванням. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. 2024. № 8(1). С. 83–90. DOI: https://doi.org/10.31731/2524.2636.2024.8.1.83.90

3. Поздєєв С., Некора О., Змага М., Змага Я., Новгородченко, А. Результати дослідження швидкості обвуглювання фрагментів деревяних балок з облицюванням двох типів. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. 2023. № 7(1). С. 119–130.

4. Поздєєв С., Новгородченко А., Змага Я., Новгородченко В., Шналь Т. Математичне моделювання для описання ліній контурів обвугленої зони дерев'яних балок із вогнезахисним облицюванням. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація*. 2024. № 8(2). С. 94–103.

5. Новгородченко В., Новгородченко А., Кравченко С. Комп'ютерне моделювання температурних розподілів всередині вогнезахищеної дерев'яної балки. *Збірник матеріалів ІІІ Всеукраїнської наукової конференції студентів та молодих вчених «Наукові досягнення та відкриття сучасної молоді» 29 травня 2024*. Луцьк, 2024. С. 174–177.

6. Таційй Р., Пазен О. Прямий метод розрахунку нестаціонарного температурного поля за умов пожежі. *Пожежна безпека*. 2015. № 26. С. 156–166.

7. Терлецький Ю., Пазен О., Петровський В. Вплив товщини OSB/3-плити на показники пожежної небезпеки. *Пожежна безпека*. 2023. № 43. С. 153–157. DOI: https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.43.2023.17

REFERENCES

1. Sirko, Z., Tsapko, O., Torchylevs'kyy, D., Tsapko, Yu., Bondarenko, O., & Apanasenko, V. (2023). Vohnezakhyst derev'yanykh budivel'nykh konstruktsiy [Fire protection of wooden building structures]. Shlyakhy pidvyshchennya efektyvnosti budivnytstva, 1 (51), s. 241–249. https://doi.org/10.32347/2707-501x.2023.51(1).241-249

2. Pozdyeyev, S., Novhorodchenko, A., Zmaha, Ya., & Novhorodchenko, V. (2024). Doslidzhennya temperaturnykh rozpodilen' u pererizakh derev″yanykh balok iz vohnezakhysnym oblytsyuvannyam [Study of temperature distributions in cross-sections of wooden beams with fire-retardant cladding]. Nadzvychayni sytuatsiyi: poperedzhennya ta likvidatsiya, 8 (1), 83–90. https://doi.org/10.31731/2524.2636.2024.8.1.83.90

3. Pozdyeyev, S., Nekora, O., Zmaha, M., Zmaha, Ya., & Novhorodchenko, A. (2023). Rezul'taty doslidzhennya shvydkosti obvuhlyuvannya frahmentiv derevyanykh balok z oblytsyuvannyam dvokh typiv [Results of a study of the charring rate of fragments of wooden beams with two types of cladding]. Nadzvychayni sytuatsiyi: poperedzhennya ta likvidatsiya, 7 (1), 119–130.

4. Pozdyeyev, S., Novhorodchenko, A., Zmaha, YA., Novhorodchenko, V., & Shnal', T. (2024). Matematychne modelyuvannya dlya opysannya liniy konturiv obvuhlenoyi zony derev'yanykh balok iz vohnezakhysnym oblytsyuvannyam [Mathematical modeling for describing the contour lines of the charred zone of wooden beams with fireproof cladding]. Nadzvychayni sytuatsiyi: poperedzhennya ta likvidatsiya, 8(2), 94–103.

5. Novhorodchenko, V., Novhorodchenko, A., & Kravchenko, S. (2024). Komp'yuterne modelyuvannya temperaturnykh rozpodiliv vseredyni vohnezakhyshchenoyi derev'yanoyi balky [Computer modeling of temperature distributions inside a fire-resistant wooden beam]. Zbirnyk materialiv III Vseukrayins'koyi naukovoyi konferentsiyi studentiv ta molodykh vchenykh "Naukovi dosyahnennya ta vidkryttya suchasnoyi molodi", 29 travnya 2024, m. Luts'k. S. 174–177.

6. Tatsiy, R., & Pazen, O. (2015) Pryamyy metod rozrakhunku nestatsionarnoho temperaturnoho polya za umov pozhezhi [Direct method for calculating the non-stationary temperature field under fire conditions].

Zbirnyk naukovykh prats' Pozhezhna bezpeka, № 26, s. 156–166.

7. Terlets'kyy, Y., Pazen, O., & Petrovs'kyy, V. (2023). Vplyv tovshchyny osb/3 plyty na pokaznyky pozhezhnoyi nebezpeky [The influence of the thickness of the OSB/3 board on fire hazard indicators]. Pozhezhna bezpeka, № 43, 153–157. https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.43.2023.17

© Ю. О. Терлецький, О. Ю. Пазен, Р. М. Тацій, А. С. Лин

Науково-методична стаття
Надійшла до редакції 25.04.2025
Прийнято до публікації 04.06.2025