

УДК 624.012

DOI: 10.30838/P.CMM.2415.250918.55.131

ДО ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУР В РЕАКЦІЙНІЙ КАМЕРІ ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ ЗРАЗКІВ З ДЕРЕВИНИ

БЕЛІКОВ А. С.¹, *д.т.н., проф.*,
МАЛАДИКА Л. В.², *к.п.н., доц.*,
ШАЛОМОВ В. А.^{3*}, *к.т.н., доц.*,
РАГІМОВ С. Ю.⁴, *к.т.н., доц.*
АЯТ ЮСУФ⁵, *інженер-проектувальник*

¹ Кафедра безпеки життєдіяльності, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра пожежно-профілактичної роботи, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, вул. Онопрієнка, 8, м. Черкаси, Україна, 18000, тел. +38 (0472) 55-09-39, e-mail: l.maladyka@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1644-0812

^{3*} Кафедра безпеки життєдіяльності, ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

⁴ Кафедра організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевського 94, 61023, Харків, Україна, тел. +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

⁵ Ідерія Інженерія, Айн Бені Матхар, Жереда, Мароко, 64100, тел. +212688070708, Ing.ayat.youssef@gmail.com

Мета. Дослідження зміни температур в реакційній камері при випробуваннях зразків з деревини. **Методика.** Теоретичні та практичні дослідження вогнестійкості, підвищення вогнестійкості і процесів тепло- масопереносу при горінні дерев'яних конструкцій, моделювання процесів горіння в умовах розвинутої пожежі. **Результати.** Дослідження показали, що при горінні матеріалів в реакційну камеру вноситься значна кількість тепла, про що говорить значне підвищення температури по всій камері. У зразків оброблених рідким склом процес підйому температури йде повільніше ніж у необроблених зразків. Їх температура перевищує температуру розраховану за стандартною температурною кривою пожежі. Це вказує на те, що під вогнезахисним покриттям з рідкого скла при товщині покриття до 1 мм йде активно процес розкладання і горіння деревини. При цьому виділяється значна частина тепла, що і зазначено підвищенням температури в порівнянні з температурою в камері без зразків. Встановлено, що процес горіння зразків, оброблених складами 1, 2, 3 протікає ідентично за загальними закономірностями. У початковий етап спостерігається різке підвищення температури, а потім процес горіння набуває більш плавного характеру. Пояснюється це тим, що в початковий період часу (1-2 хв) через інерційність, покриття спучується не миттєво, а з деяким запізненням, тому що для цього потрібний значний прогрів його до температури 300°C і вище. А за цей час одночасно з прогріванням вогнезахисного покриття йде інтенсивний процес нагріву верхніх шарів деревини і її активного розкладання що і відбивається на підвищенні температури на поверхні покриття зразків. Потім відбувається спучування покриття. Спучене покриття знижує теплопередачу до деревини, що й впливає на зниження швидкості горіння під покриттям (температура на поверхні покриття підвищується, але підвищення відбувається більш плавно, ніж на початку випробувань). **Наукова новизна.** На підставі проведених аналітичних досліджень і моделювання процесу тепло- масопереносу виявлений вплив горіння на зміну параметрів горючості і вогнестійкості деревини. **Практична значимість.** Полягає в підвищенні безпеки експлуатації будівельних об'єктів, безпеки евакуації людей і безпеки аварійно-рятувальних робіт за рахунок застосування розроблених ефективних композицій, які дозволяють знизити горючість матеріалів і підвищити час безпечної експлуатації конструкцій в екстремальних умовах.

Ключові слова: вогнестійкість дерев'яних конструкцій; вогнезахист деревини; пожежа; вогнезахисні склади, що спучуються; вогнезахисна ефективність покриття

К ВОПРОСУ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В РЕАКЦИОННОЙ КАМЕРЕ ПРИ ИСПЫТАНИИ ОБРАЗЦОВ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

БЕЛИКОВ А. С.¹, *д.т.н., проф.*,
МАЛАДЫКА Л. В.², *к.п.н., доц.*,
ШАЛОМОВ В. А.^{3*}, *к. т. н., доц.*,
РАГИМОВ С. Ю.⁴, *к. т. н. доц.*
АЯТ ЮСУФ⁵, *инженер-проектировщик*

¹ Кафедра безопасности жизнедеятельности, ГБУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Кафедра пожарно-профилактической работы, Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины, ул. Оноприенко, 8, г. Черкассы, Украина, 1800, тел. +38 (0472) 55-09-39, e-mail: l.maladyka@gmail.com, ORCID ID: [0000-0003-1644-0812](https://orcid.org/0000-0003-1644-0812)

^{3*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, ГБУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

⁴ Кафедра организации и технического обеспечения аварийно-спасательных работ Национальный университет гражданской защиты Украины, ул. Чернышевского 94, 61023, Харьков, Украина, тел +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

⁵ Идерия Инженерия, Айн Бени Матхар, Жерада, Марокко, 64100, тел. +212688070708, Ing.ayat.youssef@gmail.com

Цель. Исследование изменения температуры в реакционной камере при испытаниях образцов из древесины. **Методы.** Теоретические и практические исследования огнестойкости, повышения огнестойкости и процессов тепло- массопереноса при горении деревянных конструкций, моделирования процессов горения в условиях развитого пожара. **Результаты.** Исследования показали, что при горении материалов в реакционную камеру вносится значительное количество тепла, о чем говорит значительное повышение температуры по всей камере. У образцов обработанных жидким стеклом процесс подъема температуры идет медленнее, чем у необработанных образцов, их температура превышает температуру рассчитанную по стандартной температурной кривой пожара. Это указывает на то, что в огнезащитном покрытии из жидкого стекла при толщине покрытия до 1 мм идет активно процесс разложения и горения древесины. При этом выделяется значительная часть тепла, что обосновано повышением температуры по сравнению с температурой в камере без образцов. Установлено, что процесс горения образцов, обработанных составами 1, 2, 3 протекает идентично по общим закономерностям. В начале наблюдается резкое повышение температуры, а затем процесс горения приобретает более плавный характер. Объясняется это тем, что в начальный период времени (1-2 мин) в связи с инерционностью, покрытие вспучивается не мгновенно, а с некоторым опозданием, так как для этого требуется значительный прогрев его до температуры 300⁰C и выше. А за это время одновременно с прогревом огнезащитного покрытия идет интенсивный процесс нагрева верхних слоев древесины и ее активное разложение, что и отражается на повышении температуры на поверхности покрытия образцов. Затем происходит вспучивание покрытия. Вспученное покрытие снижает теплопередачу к древесине, и влияет на снижение скорости горения под покрытием (температура на поверхности покрытия повышается, но повышение происходит более плавно, чем в начале испытаний). **Научная новизна.** На основании проведенных аналитических исследований и моделирования процесса тепло- массопереноса обнаружено влияние горения на изменение параметров горючести и огнестойкости древесины. **Практическая значимость.** Заключается в повышении безопасности эксплуатации строительных объектов, безопасности эвакуации людей и безопасности аварийно-спасательных работ за счет применения разработанных эффективных композиций, которые позволяют снизить горючесть материалов и повысить время безопасной эксплуатации конструкций в экстремальных условиях.

Ключевые слова: огнестойкость деревянных конструкций; огнезащита древесины; пожар; вспучивающиеся огнезащитные составы; огнезащитная эффективность покрытия

TO THE QUESTIONNAIRE OF TEMPERATURE CHANGE IN THE REACTIONAL CAMERA AT TESTING OF TEST SPECIES FROM WOOD

BELIKOV A. S. ¹, *Dr. Sc(Tech), Prof.*,
MALADYKA L. V. ², *Ph.D.(Ped), Assoc. Prof.*,
SHALOMOV V. A. ^{3*}, *Ph.D.(Tech), Assoc. Prof.*,
RAHIMOV S. Yu. ⁴, *Ph.D. (Tech.). Assoc. Prof.*
AYAT YOUSSEF, *engineer-designer*

¹ Department of Life Safety, SHEE «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49005, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

² Department of fire prevention work, Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl of the National University of Civil Defense of Ukraine, 8, Onoprienko st., Cherkasy, 18000, Ukraine, phone +38 (0472) 55-09-39, e-mail: l.maladyka@gmail.com, ORCID ID: [0000-0003-1644-0812](https://orcid.org/0000-0003-1644-0812)

^{3*} Department of Life Safety, SHEE «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

⁴ Department of Organization and technical support rescue operations National University of Civil Defence of Ukraine, st. Chernyshevsky 94, Kharkiv, 61023, Ukraine, phone +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

⁵ IDEREA INGENIERE SARL (BUREAU D'ETUDES TECHNIQUES), Jereda, Morocco, tel. +212688070708, Ing.ayat.youssef@gmail.com

Purpose. Investigation of temperature changes in the reaction chamber when testing samples from wood. **Methodology.** Theoretical and practical studies of fire resistance, increase of fire resistance and processes of heat and mass transfer during combustion of wooden constructions, simulation of combustion processes in conditions of developed fire. **Findings.** Studies have shown that a significant amount of heat is introduced into the reaction chamber when combusted, as evidenced by a significant increase in temperature throughout the chamber. In samples treated with liquid glass, the process of raising the temperature is slower than in the raw samples, Their temperature exceeds the temperature calculated according to the standard temperature curve of the fire. This indicates that under the flame retardant coating of liquid glass with a thickness of up to 1 mm, the process of decomposition and burning of wood is active. In this, a significant part of heat is allocated, which is indicated by an increase in temperature compared with the temperature in the chamber without specimens. It was established that the process of combustion of samples processed in warehouses 1, 2, 3 proceeds identically in accordance with the general laws. At the initial stage there is a sharp increase in temperature, and then the process of combustion becomes more smooth. This is due to the fact that in the initial period of time (1-2 min) due to inertia, the coating does not expose instantly, but with some delay, because for this it needs a significant warming up to a temperature of 300°C and above. And during this time, simultaneously with the heating of the fire protection coating is an intensive process of heating the upper layers of wood and its active decomposition which is reflected in the increase in temperature on the surface of the samples. Then there is a swelling of the coating. The expanded coating reduces the heat transfer to the wood, which also affects the reduction of the burning rate under the coating (the temperature on the surface of the coating rises, but the increase is more smoothly than at the beginning of the test). **Originality.** Based on the conducted analytical studies and modeling of the heat-mass transfer process, the effect of combustion on the change of the parameters of combustibility and fire resistance of wood is revealed. **Practical value.** It is to increase the safety of the operation of construction objects, the safety of evacuation of people and safety of emergency rescue works due to the application of developed effective compositions that reduce the combustibility of materials and increase the time for safe operation of structures in extreme conditions.

Keywords: fire resistance of wooden structures; fire protection of wood; fire; flame retardant warehouses; flame retardant coating efficiency

Постановка проблеми

Говорячи про сучасне будівництво, найчастіше мають на увазі використання бетону сталі і скла в якості будівельних матеріалів. Але є ще один матеріал, без якого не обходиться сьогодні будь-яке будівництво. Це деревина. У багатопверховому будівництві - вона матеріал для внутрішньої обробки, дверей, меблів тощо. У приватному будівництві з деревини як мінімум, роблять каркас даху. І, як сплав традицій і сучасності - повністю дерев'яні будинки. Деревина - це зручно, екологічно, корисно для здоров'я, недорого. Але, деревина має один суттєвий недолік - вона дуже боїться вогню. Тому, норми пожежної безпеки вказують про необхідність вогнезахисту [1].

Деревина відноситься до традиційних горючих матеріалів, межа поширення вогню по конструкціях з неї в основному визначає їх пожежну небезпеку. У зв'язку з цим завдання вогнезахисту дерев'яних конструкцій полягає в переведенні деревини в групу важкогорючих матеріалів. Як правило, важкогорючі матеріали руйнуються лише в зоні безпосередньої дії вогню та обмежено поширюють горіння за її межами.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Проведений нами аналіз захисних засобів, їх використання в будівництві для підвищення вогнестійкості конструкцій з деревини показав, що багато з них має цілу низку недоліків, таких як дорожнеча і дефіцитність окремих компонентів, токсичність багатьох застосовуваних речовин [2-6], особливо при збільшенні температури повітря. Ці та інші чинники сприяють подальшому пошуку і розробці нових вогнезахисних покриттів для будівельних конструкцій з деревини, що забезпечують необхідні параметри вог-

незахисту, з урахуванням вимог споживчого ринку України.

Мета роботи

Дослідження зміни температур в реакційній камері при випробуваннях зразків з деревини.

Виклад основного матеріалу досліджень

В науково-дослідній лабораторії кафедри безпеки життєдіяльності ДВНЗ «Придніпровської державної академії будівництва та архітектури» проводяться роботи з підвищення вогнестійкості будівельних конструкцій. На сьогоднішній день розроблено ряд ефективних вогнезахисних складів, які застосовуються в даний час на народно-господарських об'єктах з метою зниження їх горючості [2-3].

Дослідження проводили за ДСТУ 12.1.044-89. п.4.3. на стандартних зразках 150x60x30 \pm 1 мм, підготовлених відповідно до ДСТУ 16363-98. Для випробувань знадобилося не менше 60 зразків з однієї і тієї ж дошки, сосни. Зразки деревини перед нанесенням вогнезахисного покриття повинні мати вологість (8 \pm 1)%. Після нанесення покриття зразки витримувалися при температурі 20 \pm 2°C і відносній вологості повітря 65 \pm 3%. Всього було підготовлено 3 серії по 20 зразків в кожній серії. 20 зразків без вогнезахисного покриття, 20 зразків з покриттям рідким склом і 60 зразків покритих складом з рідкого скла, азбесту і кремнійорганічної рідини ГКЖ-10. Для випробувань була встановлена стандартна витрата газу, температури газів, що відходять під парасолькою 200 \pm 10°C. Контроль температури проводили термопарами, встановленими в такий спосіб, термопари 1, 2, 3 у поверхні реакційної камери, а термопари 4, 5 і 6 на поверхні випробуваних зразків на відстані 5 мм. При введенні в реакційну камеру дерев'яних зразків без вогнезахисного покриття відбувається різка зміна температури по всьому полю, що відзначено в

усіх контрольованих точках 1-6 і газів, що відходять під парасолькою (табл. 1). Температура в камері значно вище ніж без зразків. Перша серія з 20 необроблених дерев'яних зразків показала, що процес триває 6 хв 30 с.

Найбільш характерною точкою є точка 6 (яка найбільш нагрівається), температура через 1 хв в точці 6 піднімається до 730°C , а на четвертій хвилині досягає максимального значення 925°C , а потім відбувається її плавне зниження.

Таблиця 1

Зміна температури при горінні дерев'яних зразків 150x30x60 / Temperature change when burning wood samples 150x30x60

Висока інтенсивність обумовлена тим, що одночасно відбувається полум'яне і безполум'яне горіння

| № за/п | Час випробування, хв | Номера точок розміщення термопар | | | | | |
|--------|----------------------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 6 | 5 | 4 |
| 1 | 1.0 | 611 | 455 | 680 | 730 | 500 | 220 |
| 2 | 2.0 | 754 | 618 | 750 | 805 | 710 | 420 |
| 3 | 4.0 | 767 | 702 | 802 | 925 | 800 | 600 |
| 4 | 6.0 | 738 | 689 | 840 | 915 | 820 | 650 |
| 5 | 8.0 | 737 | 709 | 830 | 905 | 790 | 560 |
| 6 | 10.0 | 726 | 689 | 780 | 805 | 685 | 580 |
| 7 | 12.0 | 720 | 607 | 690 | 710 | 580 | 490 |
| 8 | 14.0 | 705 | 559 | 605 | 640 | 460 | 430 |

деревини, швидкість підйому температури

досягає $12,1^{\circ}\text{C}/\text{с}$. Фактично за 4 хв згорає основна частина зразка. Друга стадія процесу горіння характеризується безполум'яним горінням і зниженням температури.

Дослідження показали, що при горінні матеріалів в реакційну камеру вноситься значна кількість тепла, про що говорить значне підвищення температури по всій камері.

Різниця температур до введення зразка і після характеризує приплив кількості тепла, виділеного при горінні деревини: $\Delta t = t_0 - t_k$.

де t_0 - температура в контрольованій точці при горінні дерев'яних зразків,

t_k - температура в контрольованій точці камери без зразка, $^{\circ}\text{C}$.

Так різниця температур в точках становила: точка 1 - 640°C ; 2 - 509°C ; 3 - 650°C ; 4 - 480°C ; 5 - 160°C ; 6 - 685°C .

Умовно процес горіння в часі можна розбити на 4 стадії. 1 стадія характеризується різким підйомом температури за короткий проміжок часу (приблизно 5°C). В точках 3 і 6 вона досягає 840°C і 925°C . На 2 стадії тривалістю 2 хв 10 с продовжує наростати температура, але більш повільно. 3 стадія горіння триває приблизно 2-2,5 хв, температура досягає максимального значення, стабілізації її тривалий час, і потім настає плавне її зниження.

Встановлено, що при горінні дерев'яних зразків, температура в точках 3 і 6, які найбільш прогриваються протягом 10 хв значно підвищує температуру

стандартного розвитку пожежі. Це говорить про те, що зразки без покриття знаходяться в реакційній камері в умовах більш жорстких ніж при випробуванні за стандартною температурною кривою розвитку пожежі (ISO).

Процес горіння у таких же 20 зразків, покритих рідким склом (II серія), товщиною покриття 0.5-1 мм, протікає зовсім інакше.

Полум'яне горіння не спостерігалось, а прогрів деревини сприяє виділенню газоподібних продуктів горіння. Датчики, розташовані на поверхні покриття зразків і в камері фіксували підйом температури (табл. 2). З 2 хв температура в точці 6, яка найбільш нагрівається на поверхні зразків піднялася до 455°C і через 8 хв досягла максимального значення 780°C . При цьому швидкість підйому температури знизилася з $3,8^{\circ}\text{C}/\text{с}$ до $1,6^{\circ}\text{C}/\text{с}$. На 8 хв горіння (табл. 2) середня швидкість підйому температури у зразків, оброблених рідким склом ($2,59^{\circ}\text{C}/\text{с}$) в 2.92 рази менше, ніж у зразків необроблених ($7,55^{\circ}\text{C}/\text{с}$).

Таблиця 2.

Зміна в процесі горіння деревини від вогнестійкого покриття / Change in the process of combustion of wood from fire-resistant coating

| № за/п | Характеристика зразків, вихідні дані | Щільність, $\text{кг}/\text{м}^3$ | Час, хв | Характеристика обробки | Температура, $^{\circ}\text{C}$ | $t, ^{\circ}\text{C}/\text{с}$ |
|--------|--|-----------------------------------|---------|---|---------------------------------|--------------------------------|
| 1 | Сосна, вологість 9-12%, витримана при температурі $18-22^{\circ}\text{C}$, вологість повітря 62-68% | 400-500 | 1 | Необроблені зразки | 730 | 12.1 |
| | | | 2 | | 805 | |
| | | | 4 | | 925 | |
| | | | 6 | | 915 | |
| | | | 8 | | 905 | |
| 2 | Сосна, вологість 9-12%, витримана при температурі $18-22^{\circ}\text{C}$, вологість повітря 62-68% | 400-500 | 2 | Оброблені рідким склом, 0.5-1 мм | 455 | 3.8 |
| | | | 3 | | 510 | 2.8 |
| | | | 6 | | 683 | 1.9 |
| | | | 8 | | 780 | 1.6 |
| 3 | Сосна, вологість 9-12%, витримана при температурі $18-22^{\circ}\text{C}$, вологість повітря 62-68% | 400-500 | 1 | Оброблені рідким склом, азобензотримани відходами, ГКЖ-10 | 205 | 3.4 |
| | | | 2 | | 345 | 2.8 |
| | | | 4 | | 470 | 1.9 |
| | | | 6 | | 520 | 1.4 |
| | | | 8 | | 575 | 1.19 |
| 4 | Дані стандартної температурної кривої | | 2 | | 424 | |
| | | | 4 | | 482 | |
| | | | 6 | | 583 | |
| | | | 8 | | 625 | |

Результати досліджень показують, що у зразків оброблених рідким склом процес підйому температури

ри йде повільніше ніж у необроблених зразків, Їх температура перевищує температуру розраховану за стандартною температурною кривою пожежі. Це вказує на те, що під вогнезахисним покриттям з рідкого скла при товщині покриття до 1 мм йде активно процес розкладання і горіння деревини. При цьому виділяється значна частина тепла, що і зазначено підвищенням температури в порівнянні з температурою в камері без зразків.

Для вивчення властивостей розробленої вогнезахисної композиції були прийняті три граничних значення при наступних співвідношеннях компонентів рідке скло: азбестоцементні відходи: кремнійорганічна рідина ГКЖ-10 склад 1 (67,5:30:2,5), склад 2 (78:20:2) і склад 3 (57:40:3). Дослідження показали, що для вивчення кінетики зміни температури деревини під покриттям досить вогневі випробування проводити протягом 8-10 хв. Встановлено, що процес горіння зразків, оброблених складами 1, 2, 3 протікає ідентично за загальними закономірностями. У початковий етап спостерігається різке підвищення температури, а потім процес горіння набуває більш плавного характеру. Пояснюється це тим, що в початковий період часу (1-2 хв) через інерційність, покриття спучується не миттєво, а з деяким запізненням, тому що для цього потрібний значний прогрів його до температури 300⁰С і вище. А за цей час одночасно з прогріванням вогнезахисного покриття йде інтенсивний процес нагріву верхніх шарів деревини і її активного розкладання що і відбивається на підвищенні температури на поверхні покриття зразків. Потім відбувається спучування покриття.

Спучене покриття знижує теплопередачу до деревини, що й впливає на зниження швидкості горіння під покриттям (температура на поверхні покриття підвищується, але підвищення відбувається більш плавно, ніж на початку випробувань). Так на 1-й хвилині середня

температура на поверхні зразків складів 1, 2, 3 різко піднімається до 190⁰С, а потім спостерігається плавне її підвищення, на 2-й хвилині - 235⁰С, на 4-й - 268⁰С, на 6-й - 346⁰С, на 8-й - 411⁰С, на 10-й хвилині - 426⁰С.

Висновки

З проведених досліджень встановлено, що швидкість підйому температури зразків, оброблених рідким склом товщиною до 1 мм становить 2,53⁰С/с. Деревина, оброблена складами (1-3) горить повільніше, ніж деревина, оброблена рідким склом в 3,5 рази.

Встановлено, що середня швидкість підйому температури зразків, оброблених відомою раніше вогнезахисною композицією з використанням золи уносу і рідкого скла при товщині покриття до 1 мм становить 0,89⁰С/с. Деревина, оброблена складами 1, 2, 3, запропонованої вогнезахисної композиції горить значно повільніше (в 1,25 рази). Дослідження показали що, температурна крива стандартного розвитку пожежі $t_p = 345 \lg(8t+1)$ розміщується значно вище температурних кривих, що характеризують температуру на поверхні зразків, оброблених відомою вогнезахисною композицією.

З урахуванням проведених досліджень можна зробити висновок: при оцінці вогнезахисного покриття за ДСТУ 12.1.044-89 п.4.3 ефективність вогнезахисного покриття не може бути оцінена за критерієм - температура газів, що відходять. Вогнезахисне покриття є ефективним засобом, що перешкоджає виникненню і розвитку пожежі якщо температура на поверхні зразків, захищених покриттям (t) менше температури стандартної пожежі (T_n) і нижче усталеною температури в реакційній камері без зразків ($T_{y.k.}$) тобто $t < T_n$ і $t < T_{y.k.}$

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Корольченко А. Я. Средства огнезащиты: справочник / А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко. — Москва: Пожнаука, 2006. — 258 с.
2. Повышение огнестойкости деревянных строительных конструкций за счет снижения горючести древесины / А. С. Беликов, В. А. Шаломов, Е. Н. Корж, С. Ю. Рагимов // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / ПГАСА. — Днепр, 2017. — Вып. 98 : Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. — С. 38-45.
3. Забезпечення вогнезахисту будівель шляхом підвищення вогнестійкості металевих конструкцій / А. С. Беликов, В. А. Шаломов, І. Г. Маладика, О. В. Борсук // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / ПГАСА. — Днепр, 2014. — Вып. 76 : Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. — С. 29-33.
4. Cadarin J. F., Perez Jimenez C., Franssen J. M. Influence of the section and of the insulation type on the equivalent time // Proceedings of the 4th International Seminar on Fire and Explosion Hazards. University of Ulster, 2011. P. 547-557.
5. Dou H. S., Tsai H. U., Khoo B. Ch. Simulation of detonation wave propagation in rectangular duct using three dimensional WENO scheme // Comb. Flame. 2012. V. 154. P. 644-647.
6. Roitman V. M. Fire testing of Building Materials in View of the Moisture Factor.— First European Symposium of Fire Safety Science (Abstracts).— Zurich. ETH. 2005. —P. 135-136.

REFERENCES

1. Korolchenko A. Ya. and Korolchenko O. N. *Sredstva ognegaschity* [Means of fire protection]. — Moskva : Pozhnauka, 2006. — 258 p. (in Russian).
2. Belikov A. S., Shalomov V. A., Maladyika I. G. and Borsuk O. V. *Zabezpechennya vognesahistu budivel shlyahom pidvischennya vognestiykosti metalevih konstruksiy* [Providing fire protection of buildings by increasing the fire resistance of metal structures] *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie* – [Construction, materials science, mechanical engineering]. PDABA. Dnipro, 2017, no. 98, pp. 38-45. (in Ukrainian).
3. Belikov A. S., Shalomov V. A., Korzh E. M. and Ragimov S. Yu. *Povyishenie ognestoykosti derevyannyih stroitelnyih konstruksiy za schet snizheniya goryuchesti drevesinyi* [Increase of fire resistance of wooden building structures due to reduction of flammability of wood] *Stroitelstvo, materialovedenie, mashinostroenie* – [Construction, materials science, mechanical engineering]. PDABA. Dnipro, 2017, no. 98, pp. 38-45. (in Russian).
4. Cadorn J. F., Perez Jimenez C. and Franssen J. M. Influence of the section and of the insulation type on the equivalent time // Proceedings of the 4th International Seminar on Fire and Explosion Hazards. University of Ulster, 2011. pp. 547–557.
5. Dou H. S., Tsai H. U. and Khoo B. Ch. Simulation of detonation wave propagation in rectangular duct using three dimensional WENO scheme // Comb. Flame. 2012. V. 154. pp. 644-647.
6. Roitman V. M. Fire testing of Building Materials in View of the Moisture Factor.— First European Symposium of Fire Safety Science (Abstracts).— Zurich. ETH. 2005. - pp. 135-136.

Надійшла до редколегії 20.09.2018 р.