

Пожарная безопасность (2.10.1. технические науки)

Научная статья

УДК 614.849

doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2025.64.48.013

Дымообразующая способность обработанных деревянных конструкций

Дмитрий Юрьевич Козлов

Николай Владимирович Елфимов

Александр Сергеевич Горбунов

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Николай Владимирович Елфимов, Nikolayelfimov@mail.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрена огнезащитная обработка деревянных конструкций огнезащитными составами с разными характеристиками физико-химических свойств, а также определено их влияние на дымообразующую способность согласно требованиям ГОСТа 12.1.044-2018 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения». На основании проведенных лабораторных исследований установлено поведение разных сортов древесины обработанных огнезащитными составами при воздействии на них источника возгорания и получен коэффициент дугообразования при режимах горения и тления образцов. Стоит отметить, что на сегодняшний день древесина является универсальным строительным материалом и активно применяется в строительстве, то для производителей деревянных конструкций, важно уделять особое внимание вопросам защиты древесины, а также её поведения при пожаре. Обработка деревянных конструкций огнезащитными составами – является одним из способов повысить их устойчивость к воздействию огня и снизить скорость распространения пламени по поверхности, а в ряде случаев обеспечить исключение возгорания обработанного материала. Качественная обработка деревянных конструкций поможет выиграть время для эвакуации людей и тушения пожара. Однако важно помнить, что обработка огнезащитным составом не делает деревянные конструкции абсолютно негорючими. Она лишь замедляет процесс горения и повышает предел огнестойкости.

Ключевые слова: строительные материалы, огнезащитная обработка, дымообразующая способность, деревянные конструкции

Для цитирования: Козлов Д.Ю., Елфимов Н.В., Горбунов А.С. Дымообразующая способность обработанных деревянных конструкций // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 3 (38). С. 142-149. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.64.48.013>.

Original article.

Smoke-forming capacity of treated wooden structures

Dmitry Y. Kozlov

Nikolai V. Elfimov

Alexander S. Gorbunov

Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

Corresponding author: Nikolai V. Elfimov, Nikolayelfimov@mail.ru

Abstract. This article discusses the fire-retardant treatment of wooden structures with fire-retardant compositions with different characteristics of physical and chemical properties, and also determines their effect on the smoke-forming ability in accordance with the requirements of GOST 12.1.044-2018. "Occupational safety standards system. Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indicators and methods of their determination." Based on the laboratory studies, the behavior of different types of wood treated with fire retardant compositions when exposed to a source of ignition was established and an arcing coefficient was obtained under the combustion and smoldering modes of samples. It is worth noting that today wood is a universal building material and is actively used in construction, then for manufacturers of wooden structures, it is important to pay special attention to the protection of wood, as well as its behavior in case of fire. Treatment of wooden structures with fire retardant compounds is one of the ways to increase their resistance to fire and reduce the speed of flame propagation over the surface, and in some cases to prevent ignition of the treated material. High-quality processing of wooden structures will help to gain time for evacuating people and extinguishing a fire. However, it is important to remember that treatment with a fire retardant does not make wooden structures completely incombustible. It only slows down the combustion process and increases the fire resistance rating.

Keywords: building materials, fire-retardant treatment, smoke-forming ability, wooden structures

For citation: Kozlov D.Yu., Elfimov N.V., Gorbunov A.S. Smoke-forming ability of treated wooden structures // *Siberian Fire and Rescue Bulletin*. 2025. № 3 (38). С. 142-149. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.64.48.013>.

Древесина является универсальным материалом, который обладает рядом важных качеств [1,2,3]. Среди них можно выделить основные механические свойства, такие как: прочность, твёрдость, деформируемость и удельная вязкость. Также важными эксплуатационными и технологическими характеристиками являются износостойкость, способность удерживать крепёжные детали и эластичность. В качестве физических свойств древесины можно выделить внешний вид, влажность, тепловые (теплопроводность), звуковые (акустическое сопротивление, звукопроводимость) и электрические (диэлектрические свойства, электропроводность, электрическая прочность) свойства [4,5]. Химические свойства древесины определяют её способность вступать в реакцию с различными химическими веществами. Эти свойства зависят от породы дерева, его возраста и условий произрастания. Следует помнить, что древесина обладает горючестью [6,7,8]. В процессе горения древесина выделяет тепло и дым. Все эти свойства необходимо учитывать при использовании древесины в строительстве, мебельной промышленности и других отраслях [9,10]. На основании обработанных статистических данных выявлено, что наибольшее число возгораний деревянных строительных конструкции происходит на потолках, крышах, кровлях, безчердачных покрытиях, стенах и перегородках, поэтому необходимо проводить обработку строительных конструкций огнезащитным составом. Учитывая, что они являются неотъемлемой частью архитектурных и дизайнерских решений при строительстве любого здания или сооружения, целесообразно оценить влияние огнезащитных составов на их дымообразующую способность [11,12,13].

В работе [2] проводились исследования дымообразование при горении огнезащищённой древесины. Однако в исследовании [2] использовались только образцы древесины из сосны, также выбраны пропитки разного физико-химического состава. Полученные результаты говорят

о том, что огнезащитная обработка либо не изменяет группу дымообразующей способности, либо позволяет перевести из высокой дымообразующей способности в материалы с умеренной дымообразующей способностью [2]. Научная новизна данного исследования заключается в рассмотрении влияния дымообразующей способности разных пород древесины и древесных композитов. Также применены современные огнезащитные составы, распространённые в продаже на территории Сибири.

В целях определения дымообразующей способности деревянных конструкций были обработаны и подготовлены образцы древесины (Рис.1), которые подвергались обработки разными огнезащитными составами с разными физико-химическими свойствами (Табл.1), нанесение состава проводилось ручным способом с применением кисти.

Табл.1. Характеристика огнезащитных составов

Номер образца (основной состав)	Необходимо для достижения 2-й группы огнезащиты древесины, (г/м ²)	Необходимое количество состава, (гр.)	Физико-химические свойства состава
Образец № 1 (суспензия щелочного раствора силикатов калия в воде с добавлением фунгицидов)	300	0.48	Переводит древесину в трудновоспламеняемый материал
Образец № 2 (смесь на основе неорганических соединений)	300	0.48	Состав не впитывается в древесину, образуя огнебиостойкий защитный слой
Образец № 3 (на основе антипирена и антисептика)	300	0.48	Делает древесину трудновоспламеняемой и трудногорючей как минимум на 5 лет

Для получения среднего значения, в эксперименте участвовали по 5 подготовленных образцов каждой вида древесины, размером 40x40 мм и фактической толщиной, но не более 10 мм. Для сравнения полученных результатов, часть подготовленных образцов отставляли без обработки, остальные образцы обрабатывались всеми видами рассматриваемых огнезащитных составов [14]. По результатам было подготовлено 60 образцов из которых 45 подверглись обработке и 15 экземпляров оставались в естественном виде в качестве реперных.

Эксперимент проходили согласно требованиям ГОСТа 12.1.044-89. «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов» [11]. Испытание образцов проводится в двух режимах: в режиме тления и в режиме горения с использованием газовой горелки (длина пламени горелки 10-15 мм) [11]. Готовый образец помещался с помощью лодочки и держателя в камеру сгорания установки (Рис.2), после чего фиксировалось начальное значение светопропускания, после чего производили запуск секундомера для дополнительного измерения времени до наступления минимального значения светопропускания. При достижении минимального значения светопропускания испытание прекращали [11,15]. После проведения каждого эксперимента установка подвергалась проветриванию до исходного значения светопропускания в камере измерений [12]. На основании полученных данных проводилось вычисление коэффициента дымообразующей способности образца.

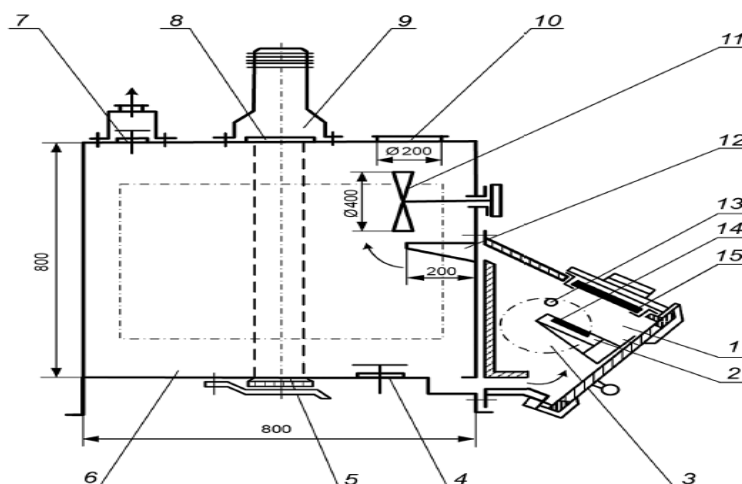


Рис.2. Схема установки для определения коэффициента дымообразования

- 1 - камера сгорания; 2 - держатель образца; 3 - окно из кварцевого стекла; 4, 7 - клапаны продувки;
5 - приемник света; 6 - камера измерений; 8 - кварцевое стекло; 9 - источник света;
10 - предохранительная мембрана; 11 - вентилятор; 12 - направляющий козырек;
13 - запальная горелка; 14 - вкладыш; 15 - электронагревательная панель.

Проведенные испытания показали, что нанесенные огнезащитные составы, не влияют на показатель дымообразования в режиме тления, но при этом коэффициент дымообразующей способности уменьшается в 2 раза по отношению с необработанными образцами. Установлено, что обработка огнезащитным составом увеличивает время до наступления минимального значения светопропускания и способствует его частичному сохранению по окончании испытания.

Для расчета необходимого количества огнезащитного состава, на один образец применяли формулу 1:

$$m = S \times V \quad (1)$$

где, m – масса огнезащитного вещества на один образец (г);

V – необходимый объем огнезащитного состава (г/м²);

S – площадь поверхности материала на которую наносят огнезащитный состав (0.016 м²).

Для определения оценки и обработки результатов применяли формулу 2.

$$D_m = \frac{V}{L \cdot m} \ln \frac{T_0}{T_{min}} \quad (2)$$

где, V – вместимость камеры сгорания, составляющая 0,512 м³;

L – длина пути луча света в задымленной среде, составляющая 0,79 м;

m – масса образца, кг;

T_0 – начальное значение светопропускания, %;

T_{min} – конечное значение светопропускания, %.

По результатам проведенных экспериментов был получен коэффициент (Табл.2) при горении и тлении образцов обработанных разными огнезащитными составами.

Табл.2. Полученный коэффициент при горении и тлении

Вид образца	Коэффициент при режиме тления		Коэффициент при режиме горения	
	Вид материала	$D_m, \text{м}^2/\text{кг}^{-1}$	Вид материала	$D_m, \text{м}^2/\text{кг}^{-1}$
Клееная древесина	1 состав	181	1 состав	29
	2 состав	120	2 состав	23
	3 состав	130	3 состав	28
	Без состава	289	Без состава	91
Сосна	1 состав	361	1 состав	40
	2 состав	90	2 состав	75

Состаренная сосна (естественным образом)	3 состав	107	3 состав	91
	Без состава	395	Без состава	110
	1 состав	288	1 состав	73
	2 состав	122	2 состав	109
	3 состав	155	3 состав	72
	Без состава	302	Без состава	151

Стоит отметить, что обработка материалов перед эксплуатацией является необходимой мерой обеспечивающей сохранность материала, а как следствие увеличение срока эксплуатации. При этом огнезащитные составы способствуют затруднению распространения пламени по поверхности деревянных строительных конструкций во время воздействия огня, а также способствуют снижению коэффициента дымообразования, но при этом показатель остается в рамках установленных требований. Также снижение распространения пламени по поверхности деревянных конструкций можно достигнуть с помощью пропитки их водными растворами солевых огнезащитных составов или специальными красками. Данные огнезащитные составы направлены на препятствие возгоранию деревянных строительных конструкций от прямого действия огня, а также ограничению распространения горения по поверхности изделия.

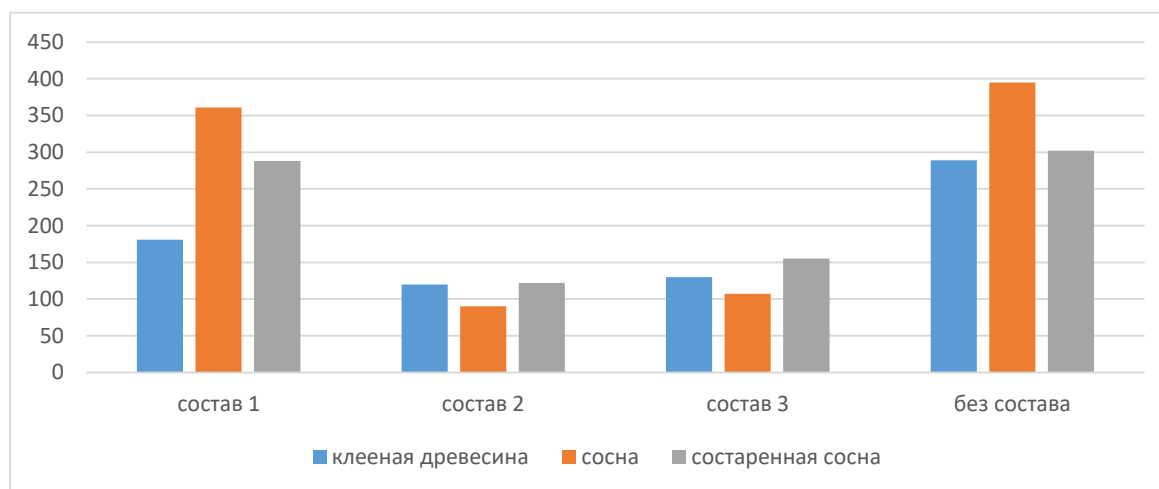


Рис.3. Значения полученного коэффициента при режиме тления

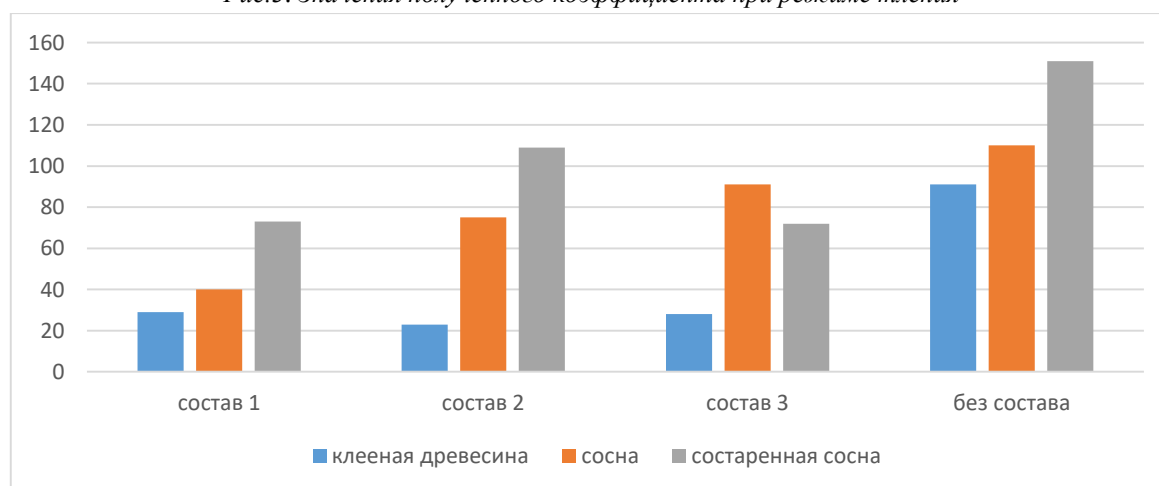


Рис.4. Значения полученного коэффициента при режиме горения

На основании проведенного исследования было установлено, что наилучший результат показал образец, выполненный из сосны. Время до наступления минимального значения светопропускания у данного образца оказалось больше по сравнению с показателями других образцов. В режиме горения образцы меняли группу дымообразующей способности

на Д1 и имели минимальные повреждения от воздействия на них высоких температур. При рассмотрении огнезащитных составов наилучший результат показал огнезащитный состав (Образец № 2 (смесь на основе неорганических соединений). Данный огнезащитный состав показал хороший результат при нанесении на все типы образцов, а также прямого предназначения, благодаря своим свойствам.

Список источников

1. Скрипко И.А., Никифоров А.Л., Панев Н.М. Обзор методов оценки качества огнезащитной обработки деревянных строительных изделий и конструкций: Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса «Государственный надзор» за 2022 год // Сборник материалов научных мероприятий учебно-научного комплекса, Иваново, 01 января – 31 декабря 2022 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. – С. 110–113.
2. Корольченко О.Н. Дымообразование при горении огнезащищённой древесины // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – Т. 17, № 1. – С. 20–22.
3. Богомаз А.М. Процессы дымообразования при пожаре в помещении: сборник материалов XII международной научно-практической конференции, Кемерово, 22–23 ноября 2017 года // Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2017. – С. 132.
4. Исследование дымообразования строительных материалов в условиях пожара / Аубакиров Г.А., Досаева А.Б., Махамбетова У.К., Дюсебаев М.К. // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева. – 2009. – № 2(57). – С. 298–303.
5. О процессах дымообразования на месте пожара / Шевцов М.В., Денисов А.Н., Данилов М.М. и др. // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы VIII Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 5 частях, Москва, 1 марта 2024 года. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы, 2024. – С. 369–374.
6. СП 4.13130-2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям: свод правил: утвержден приказом МЧС России от 24 апреля 2013 г. № 288: введен в действие 24.06.2013 // КонсультантПлюс: сайт. — URL: <https://konsultant.ru/uploads/document/2022-03>.
7. СП 64.13330.2017. Деревянные конструкции: свод правил: утвержден приказом Минстроя России от 27 февраля 2017 г. № 129/пр: введен в действие 28.08.2017 // КонсультантПлюс: сайт. – URL: <https://konsultant.ru/uploads/document/2022-03>.
8. Калимуллин А.Р. Исследование эффективности различных способов огнезащиты деревянных конструкций // Научный лидер. – 2022. – № 20(65). – С. 90–95.
9. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ // КонсультантПлюс: сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34481/?ysclid=ljgut2ng6c6030949.
10. Российская Федерация. Законы. Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 // КонсультантПлюс: сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34481/?ysclid=ljgut2ng6c6030949.
11. ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов: государственный стандарт. – Введ. 01.01.1991. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200016585>.
12. О пожарной безопасности: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ // КонсультантПлюс: сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34481/?ysclid=ljgut2ng6c6030949.
13. Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре: учебник / Ройтман В.М., Серков Б.Б., Шевкуненко Ю.Г. и др.; под ред. В.М. Ройтмана. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. — 364 с.

14. Вероятностный подход к организации проверки качества огнезащитной обработки деревянных конструкций / Федосов С.В., Лазарев А.А., Цветков Д.Е., Комлев А.Ю. // Повышение энергоресурсоэффективности, экологической и технологической безопасности процессов и аппаратов химической и смежных отраслей промышленности (ISTS "EESTE-2024"): сборник научных трудов международного научно-технического симпозиума, посвященного 120-летию со дня рождения П.Г. Романкова, Москва, 20–22 февраля 2024 года. — Москва: Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство), 2024. — С. 252–256.

15. Наконечный С.Н., Фарахов А.Р., Лахтин В.Н. Сравнительное исследование процесса воспламенения образцов древесины хвойных и лиственных пород, обработанных огнезащитным составом // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2018. – № 1(9). – С. 318–320.

References

1. Skripko I.A., Nikiforov A.L., Panev N.M. Review of methods for assessing the quality of fire-resistant treatment of wooden building products and structures: Collection of materials for scientific events of the State Supervision educational and scientific complex for 2022 // Collection of materials for scientific events of the educational and scientific complex, Ivanovo, January 01 – December 31 In 2022. Ivanovo: Ivanovo Fire and Rescue Academy of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2023. pp. 110-113.

2. Korolchenko O.N. Smoke formation during the gorenje fire-proof wood // Fire and explosion safety. - 2008. – Vol. 17, No. 1. – pp. 20-22.

3. Bogomaz A.M. Processes of smoke formation in case of fire in the room: collection of materials of the XII international scientific and practical conference, Kemerovo, November 22-23, 2017 // Safety of vital activity of enterprises in industrially developed regions. Kemerovo: Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, 2017. p. 132.

4. Study of smoke formation of building materials in fire conditions / Aubakirov G.A., Dosayeva A.B., Makhambetova U.K., Dyusebaev M.K. // Bulletin of the Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev. – 2009. – № 2 (57). – Pp. 298-303.

5. On the processes of smoke formation at the site of a fire / Shevtsov M.V., Denisov A.N., Danilov M.M. and others // Civil defense on guard of peace and security: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference dedicated to the World Civil Defense Day. In 5 parts, Moscow, March 1, 2024. Moscow: Academy of the State Fire Service, 2024. pp. 369-374.

6. SP 4.13130-2013. Fire protection systems. Limiting the spread of fire at protection facilities. Requirements for spatial planning and design solutions: set of rules: approved by Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated April 24, 2013 No. 288: effective 06/24/2013 // ConsultantPlus: website. — URL: <https://konsultant.ru/uploads/document/2022-03>.

7. SP 64.13330.2017. Wooden structures: code of rules: approved by the Order of the Ministry of Construction of the Russian Federation dated February 27, 2017 No. 129/pr: put into effect on 08/28/2017 // ConsultantPlus: website. – URL: <https://konsultant.ru/uploads/document/2022-03>.

8. Kalimullin A.R. Investigation of the effectiveness of various methods of fire protection of wooden structures // Scientific leader. – 2022. – № 20 (65). – Pp. 90-95.

9. Technical regulations on fire safety requirements: Federal Law No. 123-FZ dated 07/22/2008 // ConsultantPlus: website. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34481/?ysclid=ljgut2ng6c6030949.

10. On the approval of Fire Safety Regulations in the Russian Federation: Decree of the Government of the Russian Federation dated 09/16/2020 No. 1479 // ConsultantPlus: website. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34481/?ysclid=ljgut2ng6c6030949.

11. GOST 12.1.044-89. A system of occupational safety standards. Fire and explosion hazard of substances and materials: state standard. – Introduction. 01.01.1991. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200016585>.

12. On fire safety: Federal Law No. 69-FZ dated December 21, 1994 // ConsultantPlus: website. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34481/?ysclid=ljgut2ng6c6030949.

13. Buildings, structures and their fire resistance: textbook / Roitman V.M., Serkov B.B., Shevkunenko Yu.G. et al.; edited by V. M. Roitman. — 2nd ed., revised and add. — M.: Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2013. — 364 p.

14. A probabilistic approach to the organization of quality control of fire-resistant treatment of wooden structures / Fedosov S.V., Lazarev A.A., Tsvetkov D.E., Komlev A.Yu. // Improving energy resource efficiency, environmental and technological safety of processes and devices of chemical and related industries (ISTS "EESTE-2024"): a collection of scientific papers of the international scientific and Technical symposium dedicated to the 120th anniversary of the birth of P.G. Romankov, Moscow, February 20-22, 2024. — Moscow: A. N. Kosygin Russian State University (Technology. Design. Art), 2024. — Pp. 252-256.

15. Nakonechny S.N., Farakhov A.R., Lakhtin V.N. Comparative study of the ignition process of coniferous and deciduous wood samples treated with flame retardants // Modern technologies for civil defense and emergency response. – 2018. – № 1(9). – Pp. 318-320.

Информация об авторах

Н.В. Елфимов – кандидат технических наук

А.С. Горбунов – кандидат технических наук

Information about the author

N.V. Elfimov – Ph.D. of Engineering Sciences

A.S. Gorbunov – Ph.D. of Engineering Sciences

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 06.06.2025, одобрена после рецензирования 17.08.2025, принята к публикации 21.08.2025.

The article was submitted 06.06.2025, approved after reviewing 17.08.2025, accepted for publication 21.08.2025.