

## Пожарная безопасность (2.1.10. технические науки)

---

Научная статья  
УДК 614.842/847  
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.79.31.008

### Идентификация свойств огнезащитного покрытия для древесины с использованием термического анализа

*Евгения Борисовна Аносова*

*Рамиль Ринатович Фатыхов*

*Жанна Юрьевна Еремина*

*Академия гражданской защиты МЧС России, Московская область, г. Химки, Россия*

*Автор ответственный за переписку: Рамиль Ринатович Фатыхов, fat0583@mail.ru*

**Аннотация.** Для огнезащиты строительных конструкций, изготовленных из древесины, широкое распространения получили лакокрасочные материалы. Механизм их действия может быть связан с поведением при термическом воздействии. В зависимости от состава, огнезащитные лакокрасочные материалы при термическом воздействии образуют плотный несгораемый слой, или же проявляют интумесцентные свойства. Интумесцентные огнезащитные составы, многократно увеличивающиеся при тепловом воздействии и образующие негорючий пенно-коксый слой, являются наиболее распространенными и эффективными покрытиями. Для подтверждения интумесцентного действия у исследованного образца интерьерной огнезащитной краски по дереву был проведен эксперимент с использованием синхронного термического анализа (СТА). Данный метод анализа является одним из информативных и точных инструментальных методов, позволяющих решить широкий круг задач, связанных с изучением воздействия повышенной температуры и пламени пожара. Характеристики образцов лакокрасочных материалов, полученные с применением СТА: температура, соответствующая степени превращения материала, скорость уменьшения массы при повышенной температуре, зольный остаток, наличие экзотермических эффектов на кривой ДСК, позволяют предположить механизм огнезащиты ЛКП. Использование искусственно состаренных образцов краски, наряду со свеженанесенными, позволяет оценить эксплуатационные свойства лакокрасочного материала, рекомендованного к оптово-розничной продаже в России.

**Ключевые слова:** огнезащитные составы, интумесцентные свойства, синхронный термический анализ

**Для цитирования:** Аносова Е.Б., Фатыхов Р.Р., Ерёмина Ж.Ю. Идентификация свойств огнезащитного покрытия для древесины с использованием термического анализа // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 4 (35). С.66-73. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.79.31.008>

Original article

## Assessment of the fire-retardant effectiveness of the paintwork during its operation

*Evgeniya B. Anosova*

*Ramil R. Fatykhov*

*Zhanna Yu. Eremina*

*The Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia, Khimki, Russia*

*Corresponding author: Ramil R. Fatykhov, fat0583@mail.ru*

**Abstract.** For fire protection of building structures made of wood, paint and varnish materials are widely used. The mechanism of their action may be related to the behavior of thermal exposure. Depending on the composition, flame-retardant paints and varnishes form a dense fireproof layer under thermal exposure, or exhibit intumescent properties. Intumescent flame retardants, which multiply under thermal influence and form a non-flammable foam-coke layer, are the most common and effective coatings. To confirm the intumescent effect of the studied sample of interior flame retardant paint on wood, an experiment was conducted using synchronous thermal analysis (STA). This method of analysis is one of the informative and accurate instrumental methods that allow solving a wide range of tasks related to the study of the effects of elevated temperature and fire flames. Characteristics of the sample obtained with the use of STA: the temperature corresponding to the degree of transformation of the material, the rate of mass reduction at elevated temperature, ash residue, the presence of exothermic effects on the DSC curve, suggest the mechanism of fire protection of the paints and varnishes form. The using of artificially aged paint samples, along with freshly applied ones, allows us to evaluate the performance properties of the paint and varnish material recommended for wholesale and retail sale in Russia.

**Keywords:** flame retardants, intumescent properties, synchronous thermal analysis

**For citation:** Anosova E.B., Fatykhov R.R., Eremina J.Yu. Assessment of the fire-retardant effectiveness of the paintwork during its operation // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2024. № 4 (35). С. 66-73. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.79.31.008>

Устойчивость строительных конструкций и отделочных материалов к воздействию пламени и повышенных температур является необходимым условием обеспечения пожарной безопасности [1].

Древесина является горючим материалом, она подвергается термической деструкции, разложению и горению, будучи даже пропитанной огнезащитным составом [2].

Для повышения огнестойкости деревянных элементов могут применяться конструкционные методы – оштукатуривание, побелка, облицовка негорючими материалами, установка экранов. Однако, эти методы имеют ограниченную область применения [3,4].

В настоящий момент на рынке лакокрасочных покрытий представлен разнообразный ассортимент огнезащитных красок [5]. Поэтому нанесение лакокрасочных покрытий, обладающих огнезащитными свойствами (огнезащитными составами, ОЗС) является более простым, доступным и распространенным методом повышения огнестойкости конструктивных элементов зданий и сооружений.

Большинство огнезащитных красок обладают интумесцентным действием – эффектом «вспучивания» за счет входящих в состав компонентов, срабатывающих при повышенной температуре. Образующийся при этом пенококсовый слой за счет снижения тепло- и массопереноса от газовой фазы к конденсированной затрудняет продолжение горения вплоть до затухания [6,7].

В зависимости от состава и свойств ОС подразделяются на следующие виды [13,14]:

- лаки огнезащитные, представляющие собой растворы (эмульсии) пленкообразующих веществ на органической или водной основе, содержащие растворимые антипирены (могут включать также пластификаторы, отвердители, растворимые красители и другие вещества), образуют на защищаемой поверхности тонкую прозрачную пленку;

- краски огнезащитные, представляющие собой однородную суспензию пигментов и антипиренов в пленкообразующих веществах (могут включать также наполнители, растворители, пластификаторы, отвердители и другие вещества), образуют на защищаемой поверхности тонкую непрозрачную пленку;

- пасты, обмазки огнезащитные, представляющие собой композиции, по содержанию компонентов аналогичные краскам, но отличающиеся пастообразной консистенцией и более крупной дисперсностью наполнителей и антипиренов, образуют на защищаемой поверхности слой покрытия большей толщины, чем лаки и краски;

- составы пропиточные огнезащитные (огнебиозащитные), представляющие собой растворы антипиренов (антипиренов и антисептиков) в органических и неорганических жидкостях, не образующих пленку, обеспечивают образование поверхностного огнезащищенного слоя (поверхностная пропитка) или огнезащиту в объеме древесины (глубокая пропитка);

- составы комбинированные огнезащитные, представляющие собой комплекс из двух или более видов ОС, нанесение каждого из которых на защищаемую поверхность осуществляется последовательно.

В то же время, любое лакокрасочное покрытие со временем ухудшает эксплуатационные показатели и становится менее эффективным, ввиду того, что имеет недостаточно высокую стойкость к воздействию атмосферы и повышенной влажности. В результате происходит отслоение, растрескивание и другие негативные процессы, влияющие на эффективность огнезащиты.

В настоящей работе были рассмотрены термические свойства интумесцентного ОЗС для древесины, свеженанесенного на древесину и искусственно состаренного согласно ГОСТ 9.401-91 [8].

Была исследована краска для долговременной защиты и декоративной окраски стен, потолков, конструкций из древесины, фанеры, ДСП и ДВП внутри помещений. Производителем она рекомендована к применению в местах, в которых требуется дополнительная защита от огня – наличие наружной проводки, печи, камина и т.п [9].

Методы термического анализа часто применяются для изучения термической стабильности различных веществ и материалов, а также нормативно закреплены для оценки горючести и идентификации материалов и средств огнезащиты [10,11].

Синхронный термический анализ (СТА) представляет собой сочетание методов термогравиметрии (ТГ) и дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), осуществляемых одновременно. Данное сочетание позволяет подробно изучить скорость и характер уменьшения массы образца, связанное с термическим воздействием. Поскольку процессы, соответствующие огнезащите у интумесцентных красителей, имеют ярко выраженные характеристики уменьшения массы и тепловых эффектов, проведение изучения с использованием СТА является информативным способом оценки эффективности огнезащиты ЛКП.

Испытания методом СТА проводились с помощью синхронного термического анализатора СТА 449 F 3 Jupiter («Netzsch» Германия) на кафедре пожарной безопасности АГЗ МЧС России им. генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика (Рис.1).

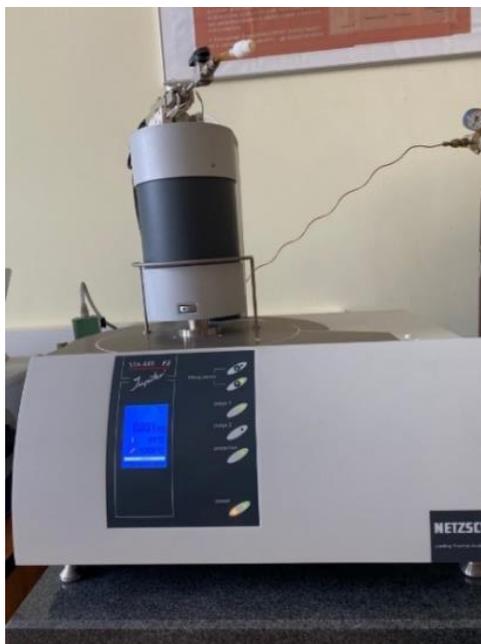


Рис.1. Термоанализатор STA 449 F 3 Jupiter («Netzsch» Германия)

Как следует из литературных источников [12], для процессов увеличения объема верхнего слоя материала (вспучивания) и создания негорючего пенно-коксового слоя характерны высокая скорость уменьшения массы и сильные экзотермические эффекты в интервале (250–400)°С, связанные со срабатыванием состава и формированием коксообразующих структур.

Для оценки сохранности огнезащитных свойств изученного состава, было проведено его искусственное старение согласно [8].

В результате испытаний методом СТА краски по дереву «NEOMID» до искусственного старения были получены следующие данные. Условия испытания: скорость нагрева 10 К/мин, атмосфера внутри печи – воздух, масса навески несколько миллиграмм (3–5) (Рис.2).

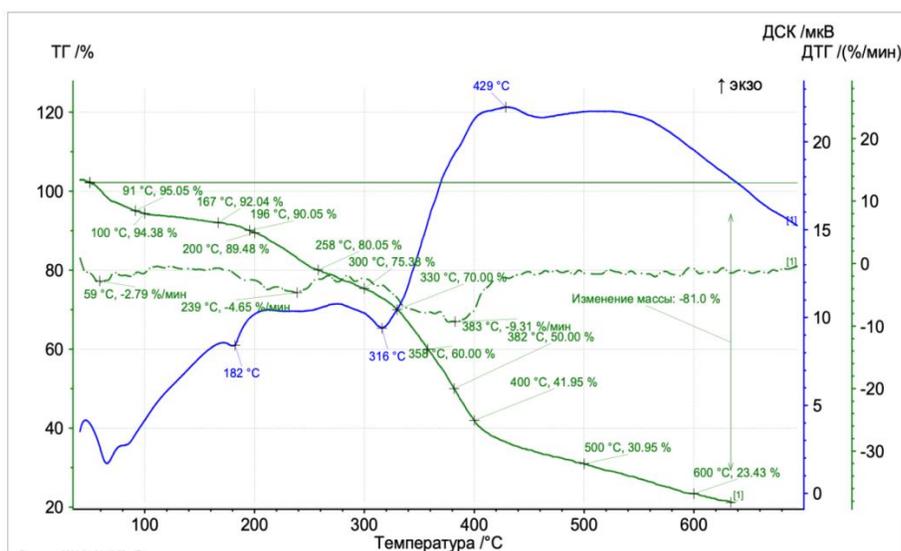


Рис.2. Термограмма огнезащитного покрытия до искусственного старения

Степень превращения ( $\varpi_{\text{ср.}}$ , %) и скорость уменьшения массы ( $\dot{\varpi}$ , %/мин) образца при нагревании представлена в Табл.1 и 2.

**Табл.1. Степень превращения  $\varpi$  при температуре °С**

T	100	200	300	400	500	600
$\varpi_{\text{ср.}}$	5,6%	10,5%	24,6%	58%	69,1%	76,6%

**Табл.2. Характеристика максимумов скорости превращения**

T <sub>max</sub> . °С 1/мин	59°С	239°С	383°С
$\dot{\varpi}$ ,%/мин	2,8%/мин.	4,6%/мин.	9,3%/мин.

На представленной термограмме образца до искусственного состаривания зольный остаток определенной по кривой ТГ составил 19%. Уменьшение массы образца совпало со временем начала нагревания.

На кривой скорости уменьшения массы (дифференциальной гравиметрической, ДТГ) наблюдается три максимума, соответствующие высокой скорости уменьшения массы – при 59, 239 и 383°С. Данные температуры могут соответствовать удалению влаги, испарению и срабатыванию механизма интумесценции у нагреваемого образца.

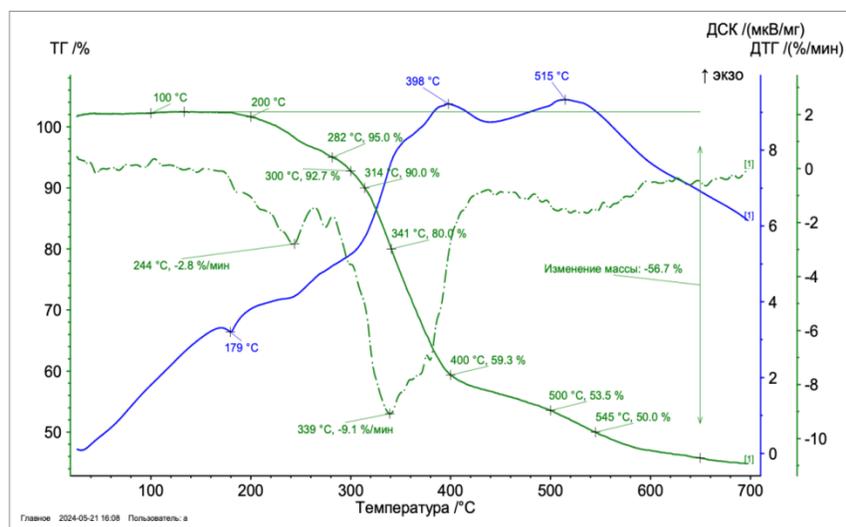
Эндотермические эффекты на кривой ДСК связаны, вероятнее всего, с физико-химическими процессами – испарением (при 182°С) и плавлением органической составляющей краски (при 316°С).

Интумесценция, связанная с выделением большого количества тепла, соответствует температурному интервалу (320 – 450) °С, в котором происходит значительный экзотермический эффект с максимумом при 429°С, что совпадает с данными литературных источников [7].

Таким образом, интумесцентный характер огнезащиты рассмотренного ОЗС подтвержден.

Далее проводилось испытание методом термического анализа краски интерьерной огнезащитной по дереву после процедуры искусственного старения согласно [8].

Были получены следующие кривые (Рис.3).



*Рис.3. Термограмма огнезащитного покрытия после искусственного старения*

Степень превращения ( $\varpi_{\text{ср.}}$ , %) и скорость уменьшения массы образца ( $\dot{\varpi}$ , %/мин) при нагревании представлена в Табл.3 и 4.

**Табл.3. Степень превращения  $\varpi$  при температуре °С**

T, °С	100	200	300	400	500	600
$\varpi_{\text{ср.}}$ , %	0	0	7,3 %	40,7 %	46,5%	50%

**Табл.4. Характеристика максимумов скорости превращения**

T <sub>max</sub> . °С 1/мин	244 °С	339°С
$\dot{\varpi}$ , %/мин	2,8.	9,1

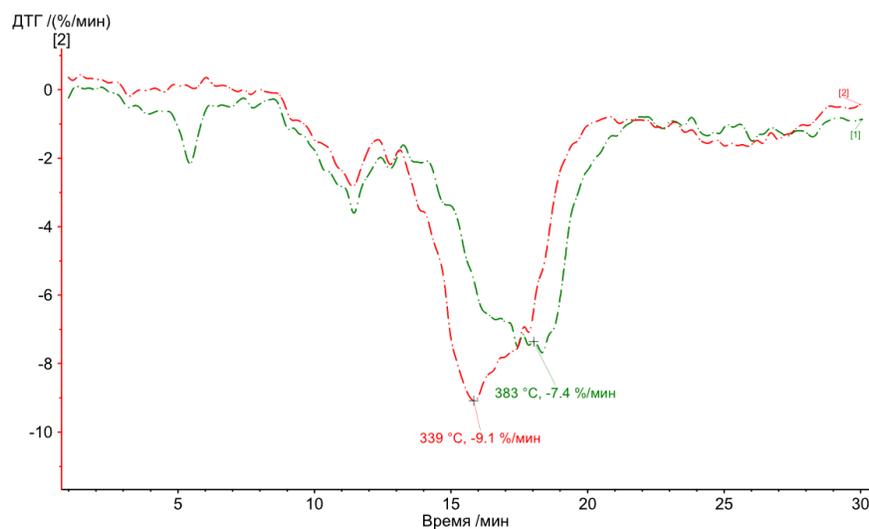
Остаточная масса образца составила 43,7% от начальной. Зольный остаток – 56,3%.

Температура начала интенсивного уменьшения массы – 200°С. На кривой ДТГ прослеживаются максимумы при температуре 244 и 339°С.

Эндотермический эффект плавления на кривой ДСК у искусственно состаренного образца с максимумом при 179°С незначительно (на 3°С) отличается от аналогичного эффекта у образца ЛКП, не подвергнутого искусственному старению, вероятно, ввиду изменений физико-химических свойств в процессе состаривания.

Сложный экзотермический процесс, с максимумами при температурах 398 и 515°С соответствует интумесценции с образованием пенококсового слоя.

В тоже время, искусственное старение образца привело к тому, что максимальная скорость уменьшения массы образца при интумесценции перешла в более низкий интервал температур и стала проявляться при температуре 339°С (Рис.4, кривая 2) по сравнению с 383°С у образца, не подвергнутого старению. Такое изменение существенно повышает способность воспламеняться и гореть у образца, обработанного огнезащитным лакокрасочным покрытием и эксплуатировавшегося в течение длительного интервала времени.



*Рис.4. Кривые ДТГ образца с огнезащитным ЛКП и искусственно состаренного образца с огнезащитным ЛКП*

Таким образом, подтвержден интумесцентный механизм огнезащиты искусственной краски интерьерной огнезащитной по дереву «NEOMID». Температурное состаривание несколько изменило ее свойства: у искусственно состаренного образца увеличился зольный остаток, что может свидетельствовать о повышении термостабильности, температурный интервал проявления

интумесценции сдвинулся в область более низких температур, повысилась скорость уменьшения массы в интервале интумесценции. Однако в целом исследованный образец интерьерной краски сохраняет эксплуатационные свойства в течение длительного времени.

#### Список источников

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 25.12.2023) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». – М.: «Проспект». 2023. – 127 с.
2. Федосов С.В. Температурные воздействия на строительные конструкции из дерева и пластмасс и их отражение в нормативно-технической документации / Федосов С.В., Малбиев С.А., Котлов В.Г. // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. –2019. – № 2(10). – С. 45–54.
3. Бурлаков П.П., Легкова И.А. Огнестойкости и огнезащита строительных конструкций // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов V международной научно-практической конференции. Иваново, 2021. С. 207–210.
4. Бороздин С.А., Гитцович Г.А., Ветров В.В., Морозов С.С. Эффективность огнезащитных составов при нанесении их на различные породы древесины // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. № 3 (36). С. 70-76.
5. Корольченко О.Н., Цариченко С.Г., Константинова Н.И. К вопросу о свойствах пожарной опасности огнезащищенной древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2021. №2. С. 23–34.
6. Плякин А.А., Михайлова С.М. Исследование огнезащитной эффективности краски «Лакра» по сравнению с другими покрытиями древесины // Современные направления развития систем обеспечения пожарной безопасности объектов защиты и территорий. Сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции. АГЗ МЧС России им. генерал-лейтенанта Михайлика Д.И. Химки, 2023. С. 58–65.
7. Павлович А.В., Дринберг А.С., Машляковский Л.Н. Огнезащитные вспучивающиеся лакокрасочные покрытия. – М.: ООО «Издательство «ЛКП-Пресс»». 2018. – 488 с.
8. ГОСТ 9.401-91 покрытия лакокрасочные. Общие требования и методы ускоренных испытаний на стойкость к воздействию климатических факторов. М.: Стандартинформ. 2007. – 105 с.
9. NEOMID – огнебиозащитный состав [Электронный ресурс]. – URL: <https://neomid.ru/> (дата обращения 12.09.2024).
10. Асеева Р.М., Крашенинникова Н.Н., Кулаков В.С. и др. Эффективность и механизм действия двух огнезащитных систем для древесины // Пожаровзрывобезопасность. 2007. № 5. С. 23-30.
11. Покровская Е.Н., Кобелев А.А., Нагановский Ю.К. Механизм и эффективность огнезащиты фосфор- и кремнийорганических систем для древесины // Пожаровзрывобезопасность. № 3. 2009. С. 44-48.
12. Беззапонная О.В. Исследование окислительно-деструктивных процессов, протекающих в огнезащитных составах интумесцентного типа с течением времени, методом термического анализа // Техносферная безопасность. 2018. № 3. С. 66–71.
13. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 53292-2009 "Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе Общие требования. Методы испытаний" Электронный ресурс «Гарант», дата обновления 20.11.2024 г.
14. Экспериментальные исследования термодинамических свойств веществ при метрологии, стандартизации, сертификации и контроле качества продукции [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Сиб. федер. ун-т, Инж.-строит. ин-т ; сост.: Инжутов И.С., Амельчугов С.П., Климов А.С. - Электрон. текстовые дан. (pdf, 1,2 Мб). - Красноярск: СФУ, 2019. - 105 с. - Загл. с титул. экрана. - Библиогр.: с. 104-105. - Изд. № 2019-8435: Б. ц.

#### References

1. Federal Law №. 123-FZ of 07/22/2008 (as amended on 12.25.2023) «Technical regulations on fire safety requirements». – М.: «Prospect». 2023. – 127 pp.
2. Fedosov S.V. Temperature effects on building structures made of wood and plastics and their reflection in normative and technical documentation / Fedosov S.V., Malbiev S.A., Kotlov V.G. // Bulletin of the

Volga State Technological University. Ser.: Materials. Constructions. Technologies. -2019. – № 2(10). – pp. 45-54.

3. Burlakov P.P., Legkova I.A. Fire resistance and fire protection of building structures // Modern fireproof materials and technologies. Collection of materials of the V international scientific and practical conference. Ivanovo, 2021. pp. 207-210.
4. Borozdin S.A., Gitsovich G.A., Vetrov V.V., Morozov S.S. The effectiveness of flame retardants when applied to various types of wood // Modern problems of civil protection. 2020. No. 3 (36). pp. 70-76.
5. Korolchenko O.N., Tsarichenko S.G., Konstantinova N.I. On the issue of fire hazard properties of fire-protected wood // Fire and explosion safety. 2021. №. 2. pp. 23-34.
6. Plyakin A.A., Mikhailova S.M. Investigation of the flame retardant effectiveness of the paint «Lacra» in comparison with other wood coatings // Modern trends in the development of fire safety systems for protection facilities and territories. Proceedings of the V All-Russian Scientific and Practical Conference. AGZ of the Ministry of Emergency Situations of Russia named after Lieutenant General D.I. Mikhaylik. Khimki, 2023. pp. 58-65.
7. Pavlovich A.V., Drinberg A.S., Mashlyakovskiy L.N. Flame-retardant bulging paint coatings. - M.: LLC «LKp-Press Publishing House». 2018. – 488 pp.
8. GOST 9.401-91 paint and varnish coatings. General requirements and methods of accelerated tests for resistance to climatic factors. Moscow: Standartinform. 2007. – 105 pp.
9. NEOMID – fire-protective compound [Electronic resource]. – URL: <https://neomid.ru/> (date of access 09.12.2024).
10. Aseeva R.M., Krashennnikova N.N., Kulakov V.S. and others. The effectiveness and mechanism of action of two flame retardant systems for wood // Fire and explosion safety. 2007. №. 5. pp. 23-30.
11. Pokrovskaya E.N., Kobelev A.A., Naganovsky Yu.K. Mechanism and effectiveness of fire protection of phosphorus and organosilicon systems for wood // Fire and explosion safety. №. 3. 2009. pp. 44-48.
12. Bezzaponnaya O.V. Investigation of oxidative-destructive processes occurring in intumescent flame retardants over time by the method of thermal analysis // Technosphere safety. 2018. №. 3. pp. 66-71.
13. The national standard of the Russian Federation GOST R 53292-2009 "Flame retardants and substances for wood and materials based on it are general requirements. Test methods" Electronic resource "Garant", updated on 11.20.2024.
14. Experimental studies of thermodynamic properties of substances in metrology, standardization, certification and product quality control [Electronic resource]: educational and methodological manual / Sib. feder. un-t, Eng.-builds. in-t ; comp.: Injutov I.S., Amelchugov S.P., Klimov A.S. - The electron. text data. (pdf, 1.2 Mb). - Krasnoyarsk: SibFU, 2019. - 105 pp. - Title. with title. the screen. - Bibliogr.: pp. 104-105. - Ed. №. 2019-8435: B. ts.

#### Информация об авторах

Е.Б. Аносова - кандидат технических наук, доцент

Р.Р. Фатыхов - кандидат технических наук, доцент

#### Information about the authors

E.B. Anosova - Ph.D. of Engineering Sciences, Docent

R.R. Fatykhov - Ph.D. of Engineering Sciences, Docent

**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 22.10.2024, одобрена после рецензирования 10.11.2024, принята к публикации 25.11.2024.

The article was submitted 22.10.2024, approved after reviewing 10.11.2024, accepted for publication 25.11.2024.