

Научная статья  
УДК 614.841.3: 543.55  
doi: 10.34987/vestnik.sibpsa.2024.24.50.018

## РАЗРАБОТКА КОНДУКТOMETРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА НАНЕСЕНИЯ ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ НА ДРЕВЕСИНУ

*Александр Викторович Кокшаров*<sup>1</sup>

*Светлана Николаевна Пазникова*<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург, Россия,

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-4628-7644>

*Автор ответственный за переписку: Александр Викторович Кокшаров,  
koksharovav1@yandex.ru*

**Аннотация.** Оценка качества нанесения средств огнезащиты является важным элементом профилактики возникновения пожаров. В настоящее время применяются методы, позволяющие определить наличие либо отсутствие огнезащитного состава на обработанной древесине, но не позволяют определить расход антипирена, нанесенного на исследуемый объект. Поскольку в настоящее время для огнезащиты древесины применяются в основном водорастворимые составы, поэтому в данной работе рассмотрена возможность применения кондуктометрического метода для определения расхода огнезащитного состава, нанесенного на древесину.

Исследования проводились на кондуктометре отечественного производства, применение которого позволяет сделать данный метод доступным и целесообразным с экономической точки зрения. Экспериментально установлено, что исследуемые составы, выпускаемые промышленностью, обладают достаточно высокой электропроводностью. В процессе выполнения работы отработаны две методики определения расхода антипирена на обработанной древесине. В первой методике расход огнезащитного состава определялся по разнице масс древесного образца до и после обработки. По второй методике взвешивали массу огнезащитного состава с учетом расхода ОЗС, рекомендованного производителем для обработки образцов древесины заданной площади. Результаты работы показывают возможность использования кондуктометрического метода для установления расхода огнезащитного состава после нанесения на деревянные конструкции. Внедрение данного метода позволит определить расход огнезащитного состава, нанесенного на древесину в качестве антипирена. Данный метод может применяться для пожарно-технической экспертизы с целью профилактики возникновения пожара – выявление несоответствия расхода огнезащитного состава заявленному производителем.

**Ключевые слова:** кондуктометрический метод, огнезащитный состав, огнезащита, кондуктометр, древесина

**Для цитирования:** Кокшаров А.В., Пазникова С.Н. Разработка кондуктометрического метода для оценки качества нанесения огнезащитных составов на древесину // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2024. № 4 (35). С. 161-169. <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.24.50.018>

Original article

## DEVELOPMENT OF A CONDUCTOMETRIC METHOD FOR ASSESSING THE QUALITY OF FIRE RETARDANT APPLICATION ON WOOD

*Aleksandr V. Koksharov*<sup>1</sup>

*Svetlana N. Paznikova*<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>*Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, Ekaterinburg, Russia*

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-4628-7644>

**Corresponding author:** *Aleksandr V. Koksharov, koksharovab@el.ru*

**Abstract.** Assessment of the quality of application of fire protection products is an important element of fire prevention. Currently, methods are used to determine the presence or absence of a flame retardant on treated wood, but do not allow determining the consumption of flame retardants applied to the object under study. Since currently water-soluble compounds are mainly used for fire protection of wood, therefore, this paper considers the possibility of using a conductometric method to determine the consumption of a flame retardant applied to wood.

The research was carried out on a domestic-made conductometer, the use of which makes this method affordable and economically feasible. It has been experimentally established that the studied compounds produced by industry have a sufficiently high electrical conductivity.

In the course of the work, two methods for determining the consumption of flame retardants on treated wood were worked out. In the first method, the consumption of flame retardant was determined by the difference in the mass of the wood sample before and after processing. According to the second method, the mass of the flame retardant was weighed, taking into account the consumption of ozone recommended by the manufacturer for processing wood samples of a given area. The results of the work show the possibility of using the conductometric method to determine the consumption of flame retardant after application to wooden structures. The introduction of this method will make it possible to determine the consumption of a flame retardant applied to wood as a flame retardant. This method can be used for fire-technical expertise in order to prevent the occurrence of fire – to identify inconsistencies in the consumption of flame retardant declared by the manufacturer.

**Keywords:** conductometric method, flame retardant, flame retardant composition, flame retardant, conductometer, wood

**For citation:** Koksharov A.V., Paznikova S.N. Development of a conductometric method for assessing the quality of fire retardant application on wood // Siberian Fire and Rescue Bulletin.2024. № 4 (35). С. 161-169. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2024.24.50.018>

Одним из наиболее распространенных материалов, применяемых в строительстве, является древесина и производные на ее основе.

Наряду с достоинствами древесины имеется существенный недостаток – высокая горючесть, которая может быть снижена путем применения различных огнезащитных составов (ОЗС).

Важным элементом профилактики возникновения пожаров является оценка качества нанесения средств огнезащиты. Существующие методики сложны, требуют больших затрат времени и ручного труда, а также ориентированы на разрушение объекта исследования, в том числе на использование дорогостоящих приборов. Кроме того, по применяемым в настоящее время методикам невозможно определить причину низкой огнезащиты древесины: либо низкий расход ОЗС, либо применяемый антипирен не отвечает заявленным характеристикам. Таким образом, разработка нового метода оценки качества нанесения огнезащитных составов на деревянные конструкции является актуальной.

В данной работе объектом исследования являются огнезащитные составы для древесины. Целью работы является разработка методики для оценки расхода средств огнезащиты на деревянные конструкции.

В настоящее время существует несколько методов оценки качества нанесения средств огнезащиты при нанесении их на деревянные конструкции.

Один из методов – применение малогабаритного переносного прибора ПМП-1 [1], суть которого заключается в оценке огнезащитных свойств образцов поверхностного слоя древесины в результате воздействия пламени газовой горелки и применяется при определении группы горючести.

С помощью этого прибора можно установить, насколько проверяемый материал устойчив к воспламенению в случае непосредственного воздействия на него открытого огня. Устройство позволяет также определить параметры самозатухания материала после устранения источника возгорания.

Использование прибора позволяет оперативно проводить контроль качества выполненных огнезащитных работ и состояния огнезащитной обработки. Однако метод является разрушающим, и восстановление целостности исследуемого объекта представляется невозможным.

Кроме того, применяется метод термического анализа (ТА). Данный метод основан на измерении скорости потери массы образца, теплосодержания и других параметров в зависимости от температуры. На основе анализа указанных параметров можно установить эффективность огнезащиты. С помощью метода ТА можно выявить признаки наличия (или отсутствия) в материале антипиренов (т.е. самого факта огнезащитной обработки или введения антипирена в рецептуру изделия) [2].

Методом ионной хроматографии устанавливается присутствие в обработанной древесине компонентов, которые входят в огнезащитный состав. Для обгоревших остатков различных материалов эта задача решается путем элементного анализа, позволяющего выявить повышенное содержание элементов, характерных для антипиреирующих составов (фосфора, хлора, азота и др.) методом ИК-спектроскопии или ионной хроматографии [3].

Обнаружение сульфатов, фосфатов, хлоридов, фторидов, ионов аммония, калия, натрия будет свидетельствовать о наличии пропитки антипиреном и даже в некоторых случаях о ее типе.

Таким образом, существующие методики позволяют установить эффективность огнезащитного действия или наличие антипирена на обработанной им древесине [4]. Однако они не позволяют установить расход огнезащитного состава (ОЗС), нанесенного на поверхность конструкции из древесины.

Согласно проанализированным источникам информации [5-11] российские учёные, работающие в области огнезащиты деревянных конструкций, к наиболее эффективным веществам в составе пропиток относят производные фосфорной и фосфонозой кислот, бораты, карбонаты натрия и калия, жидкое стекло, аммонийные соли неорганических кислот, а также другие вещества.

Спектр огнезащитных средств, применяемых в настоящее время для огнезащиты древесины достаточно широк, но применяются в составе ОЗС водорастворимые соединения, что позволяет с помощью более простого кондуктометрического метода анализа количественно оценить их присутствие в древесине.

Исследования проводились на кондуктометре «АНИОН 4100» отечественного производства.

Для проведения испытаний использовали образцы сосны в виде прямоугольных брусков с линейными размерами 30 x 40 x 5 мм. В качестве огнезащитных средств применяли следующие марки огнебиозащитных составов, выпускаемых отечественной промышленностью:

- состав огнебиозащитный I группа «Faktura™» ТУ 2499-008-49417770-2008 (Faktura);
- огнебиозащитный состав для древесины «PROFIWOOD» ТУ 2389-006-17483468-94 (Profiwood);
- огнебиозащитный состав для древесины и тканей «WOODMASTER®КСД» ТУ 2389-006-17483468-94 (КСД);
- огнебиозащитный пропиточный состав для древесины «WOODMASTER® ФЕНИЛАКС®» ТУ 2389-024-13238275-03 (Фенилакс);

- огнебиозащитный пропиточный состав для древесины «ЭКОДОМ® ОГНЕБИО» ТУ 2499-134-13238275-2016 (Экодом).

На первом этапе работы была поставлена задача установить наличие, либо отсутствие связи между электропроводностью раствора ОЗС и его концентрацией. Для этого была приготовлена серия стандартных растворов ОЗС в диапазоне концентраций от 0,001 до 0,02 г/мл, так как предположительно в данном диапазоне следует ожидать концентрацию водной вытяжки при исследовании обработанных образцов древесины ОЗС. Результаты измерений представлены на Рис.1.

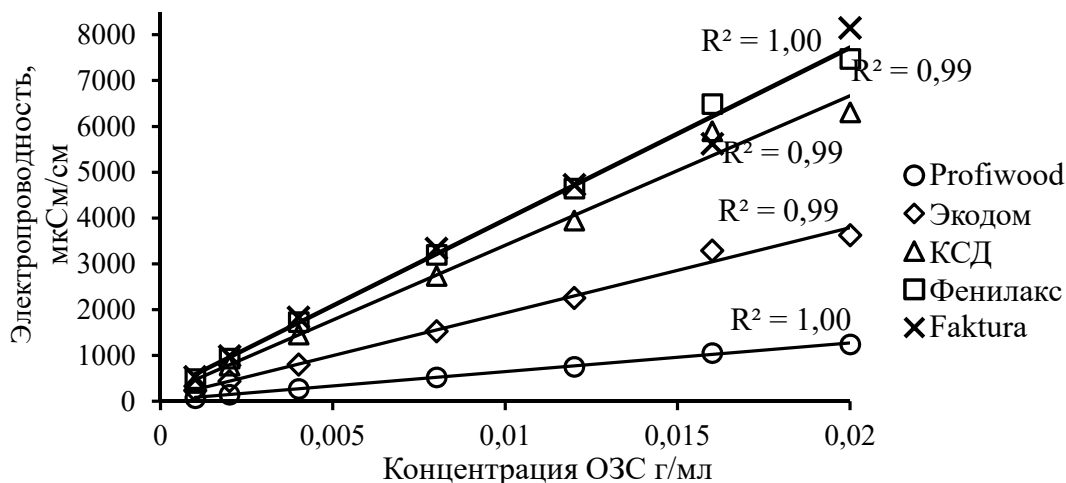


Рис.1. Зависимость электропроводности ОЗС от его концентрации

По полученным данным были построены графики, анализ которых показал, что растворы ОЗС обладают достаточно высокой электропроводностью, что говорит о значительном содержании ионов в растворе, а также о возможности измерения низких концентраций ОЗС после экстракции и использование образцов малых размеров.

Характер зависимости является функциональным и соответствует линейному уравнению. Коэффициент достоверности аппроксимации составляет не менее 0,99, что свидетельствует о хорошо подобранных условиях эксперимента и минимальном влиянии внешних факторов.

Таким образом, исследования показали, что использование кондуктометрического метода возможно для оценки расхода нанесенного на древесину огнезащитного состава.

Следующий этап работы был направлен на отработку методики определения расхода ОЗС обработанной древесины. Данный этап проводился по двум методикам.

В первой методике расход огнезащитного состава определялся по разнице масс древесного образца до и после обработки. Для этого измерялись линейные размеры и масса древесины до нанесения ОЗС и масса высушенного образца после нанесения ОЗС. По разнице массы определялся расход огнебиозащитного состава. Обработанные образцы выдерживали в сушильном шкафу в течение двух часов при температуре  $100 \pm 5^\circ\text{C}$ . Затем обработанные огнезащитным составом древесные образцы кипятили в стаканчике с 40 мл дистиллированной воды в течение 10 минут с целью экстрагирования огнезащитного компонента из древесины (вытяжка №1, Рис.2). Полученный раствор переливался в мерную колбу, и объем доводился до 50,0 мл дистиллированной водой. Далее определялась электропроводность полученного экстракта (Рис.2). Экстракцию обработанных образцов ОЗС проводили еще два раза по той же методике (вытяжка № 2 и №3 Рис.2).

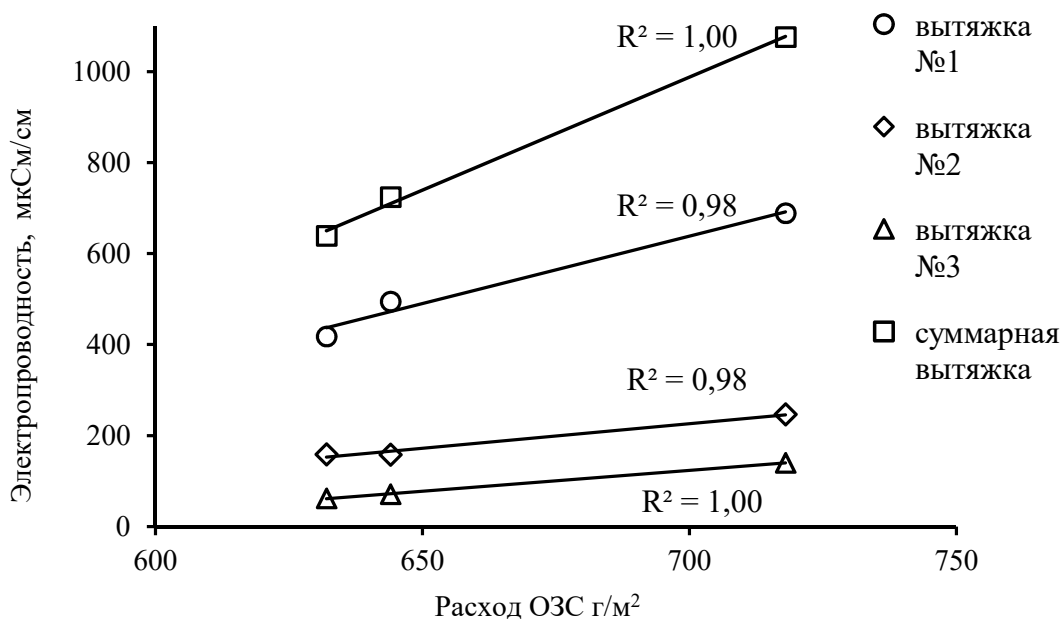


Рис.2. Электропроводность водной вытяжки состава Profiwood

На основании данных, представленных на Рис.2 можно отметить, что существует линейная зависимость между расходом ОЗС и электропроводностью вытяжки.

В качестве контрольного образца использовали необработанный ОЗС образец древесины, который также подвергали трехкратной экстракции. При первой экстракции электропроводность вытяжки древесного образца составила 98,6 мкСм/см, что в 4 – 7 раз ниже, чем у обработанных образцов. Таким образом, древесные образцы не вносят существенный вклад в показатель электропроводности.

По второй методике взвешивали массу огнезащитного состава с учетом расхода ОЗС, рекомендованного производителем (500 г/м²) для обработки образцов древесины заданной площади.

Были рассчитаны массы навесок ОЗС для обработки образцов древесины с различным расходом ОЗС в диапазоне от 300 до 800 г/м² с целью установить зависимость между расходом и электропроводностью водной вытяжки.

По этой методике было выполнено два исследования с применением в качестве ОЗС Фенилакса и КСД. Результаты исследований зависимости электропроводности водной вытяжки после первой экстракции от количества ОЗС представлены на Рис.3.

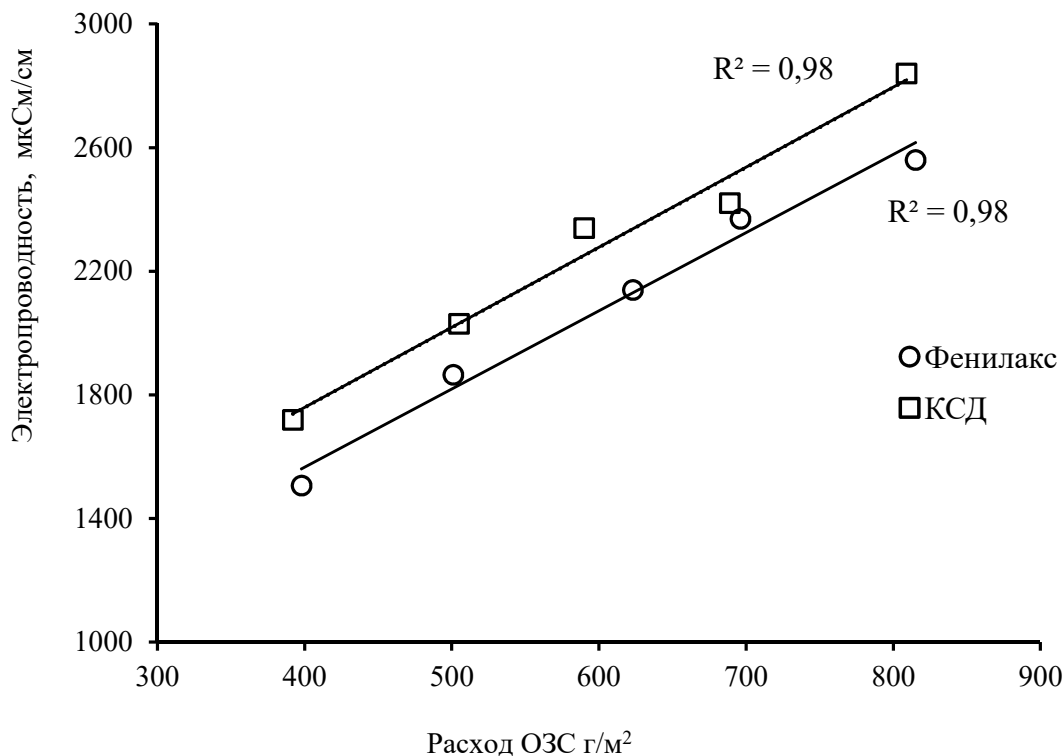


Рис.3. Зависимость электропроводности водной вытяжки после первой экстракции от расхода ОЗС

После первой экстракции обработанных образцов древесины была получена линейная зависимость между расходом ОЗС и электропроводностью. По описанной выше методике проведена вторая и третья стадии экстракции.

Поскольку кондуктометрический метод является аддитивным, следовательно, можно просуммировать значения электропроводности всех трёх экстрактов при условии, что в каждом случае использовался одинаковый объём раствора.

На графике зависимости суммарной электропроводности от расхода ОЗС (Рис.4) была получена линейная зависимость с высоким коэффициентом аппроксимации функции, что доказывает возможность использования кондуктометрического метода для определения расхода огнезащитного состава после обработки им деревянных конструкций.

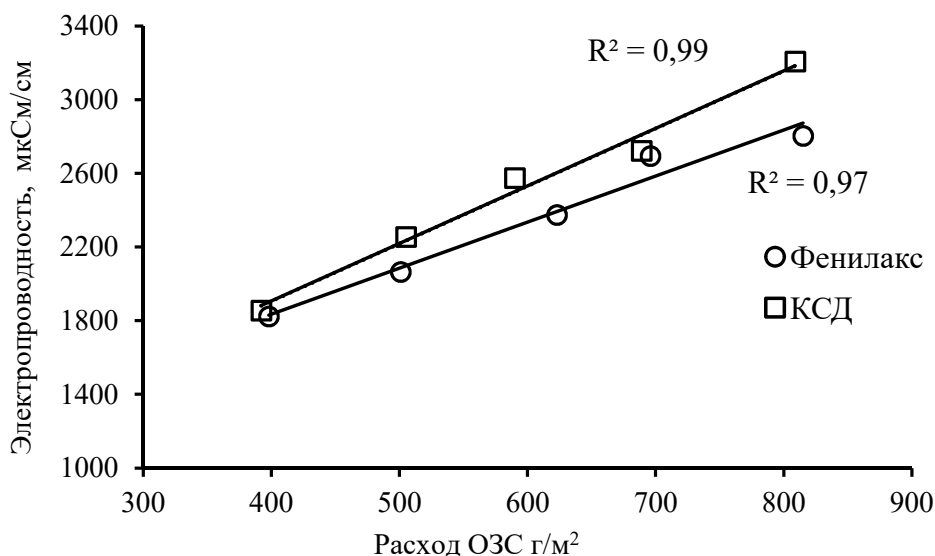


Рис.4. Зависимость электропроводности водной вытяжки суммарной экстракции от расхода ОЗС

Таким образом, результаты работы показывают возможность использования кондуктометрического метода для установления расхода ОЗС после нанесения на деревянные конструкции.

Если после первой экстракции полученный результат покажет, что расход ОЗС не ниже значения рекомендуемого производителем антипиренов, то вторую и третью экстракции проводить нецелесообразно.

Данные исследования представляют практическую значимость для экспертов для профилактики пожаров путем определения количественного расхода огнезащитного состава.

#### Список источников

1. ГОСТ Р 53292–2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения 06.11.2023).
2. Андреева Е.Д., Принцева М.Ю., Чешко И.Д., Кондратьев С.А. Применение термического анализа при исследовании и экспертизе пожаров: Методическое пособие // Под ред. проф. И.Д. Чешко - М.: ВНИИПО, 2010г. – 79 с.
3. Принцева М.Ю., Чешко И.Д. Применение метода ионной хроматографии для исследования антипиренованной древесины после пожара // Пожарная безопасность – 2013. - №3. – с.58-62.
4. Огнезащитные составы для древесины: проблемы применения и контроля / Н. М. Панев, А. А. Александров, А. Л. Никифоров, С. Н. Животягина // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – 2016. – № 5. – С. 116-119. – EDN IBFYDD.
5. Патент РФ на изобретение №2381197 от 10.02.2010. Огнезащитный состав для древесины и металла. Авторы: Вершинин С.Н. Вершинина Т.С. Вершинин К.С. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2381197C1\\_20100210](https://yandex.ru/patents/doc/RU2381197C1_20100210).
6. Патент РФ на изобретение №2015157 от 30.06.1994. Огнезащитный состав для древесины. Авторы: Калачев Г.П. Манская Т.С. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2015157C1\\_19940630](https://yandex.ru/patents/doc/RU2015157C1_19940630).
7. Патент РФ на изобретение №2147028 от 27.03.2000. Огнебиозащитный пропиточный состав. Авторы: Гречман А.О. Гречман Т.А. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2147028C1\\_20000327](https://yandex.ru/patents/doc/RU2147028C1_20000327).

8. Патент РФ на изобретение №2133191 от 20.07.1999. Композиция для защиты древесины и способ ее приготовления. Авторы: Лунева Н.К. Аринкин С.М. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2133191C1\\_19990720](https://yandex.ru/patents/doc/RU2133191C1_19990720).
9. Патент РФ на изобретение №2469843 от 20.12.2012. Огнезащитный состав для обработки древесины. Авторы: Салех Ахмед Ибрагим Шакер. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2469843C2\\_20121220](https://yandex.ru/patents/doc/RU2469843C2_20121220).
10. Патент РФ на изобретение №2458951 от 20.08.2012. Состав для огнезащитного покрытия с использованием наноксида алюминия. Авторы: Петров В.В. Тютин Е.А. Шпилева А.А. Захарова Н.В. Бердников Н.В. Денисенко Д.С. Грачева О.А. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2458951C1\\_20120820](https://yandex.ru/patents/doc/RU2458951C1_20120820).
11. Комплексный огнезащитный состав для древесины / И. В. Сусоева, А. В. Свиридов, С. А. Кусманов, Т. Н. Вахнина // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Кострома, 20–22 марта 2024 года. – Кострома: Костромской государственный университет, 2024. – С. 275-278. – EDN QUNUOP.

### References

1. GOST P 53292-2009. Fire protection compositions and substances for wood and wood-based materials. General requirements. Test methods // ELECTRONIC FUND of legal and normative-technical documentation. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (date of circulation: 06.11.2023).
2. Andreeva E.D., Printseva M.Y., Cheshko I.D., Kondratyev S.A. Application of thermal analysis in the study and examination of fires: Methodical manual // Edited by Prof. I.D. Cheshko - Moscow: VNIPO, 2010. - 79 PP.
3. Printseva M.Yu., Cheshko I.D. Application of ion chromatography method for the study of antipirene wood after the fire // Fire Safety - 2013. - №3. - PP.58-62.
4. Fireproofing compositions for wood: problems of application and control / N. M. Panev, A. A. Alexandrov, A. L. Nikiforov, S. N. Zhivotyagina // Problems of technosphere safety: proceedings of the international scientific and practical conference of young scientists and specialists. - 2016. - № 5. - P. 116-119. – EDN IBFYDD.
5. Patent of the Russian Federation for invention №2381197 from 10.02.2010. Fireproofing composition for wood and metal. Authors: Vershinin S.N. Vershinina T.S. Vershinin K.S. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2381197C1\\_20100210](https://yandex.ru/patents/doc/RU2381197C1_20100210).
6. Patent of the Russian Federation for invention №2015157 from 30.06.1994. Fire-protective composition for wood. Authors: Kalachev G.P. Manskaya T.S. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2015157C1\\_19940630](https://yandex.ru/patents/doc/RU2015157C1_19940630).
7. Russian Federation patent for invention № 2147028 from 27.03.2000. Fire-bio-protective impregnating composition. Authors: Grechman A.O. Grechman T.A. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2147028C1\\_20000327](https://yandex.ru/patents/doc/RU2147028C1_20000327).
8. Patent of the Russian Federation for invention №2133191 from 20.07.1999. Composition for wood protection and method of its preparation. Authors: Luneva N.K. Arinkin S.M. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2133191C1\\_19990720](https://yandex.ru/patents/doc/RU2133191C1_19990720).
9. Russian Federation patent for invention No. 2469843 dated 20.12.2012. Fireproofing composition for wood treatment. Authors: Saleh Ahmed Ibrahim Shaker. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2469843C2\\_20121220](https://yandex.ru/patents/doc/RU2469843C2_20121220).
10. Patent of the Russian Federation for invention № 24458951 from 20.08.2012. Composition for fireproof coating using aluminum nanooxide. Authors: Petrov V.V. Tyutina E.A. Shpileva A.A. Zakharova N.V. Berdnikov N.V. Denisenko D.S. Gracheva O.A. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2458951C1\\_20120820](https://yandex.ru/patents/doc/RU2458951C1_20120820).
11. Complex fire retardant composition for wood / I. V. Susoeva, A. V. Sviridov, S. A. Kusmanov, T. N. Vakhnina // Scientific research and development in the field of design and technology : Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation, Kostroma, March 20-22, 2024. - Kostroma: Kostroma State University, 2024. - P. 275-278. – EDN QUNUOP.



Информация об авторах

**А.В. Кокшаров** - кандидат химических наук

С.Н. Пазникова - кандидат технических наук

Information about the author

A.V. Koksharov – Ph.D. of Chemistry Sciences

S.N. Paznikova - 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 18.11.2024, одобрена после рецензирования 02.12.2024, принята к публикации 04.12.2024.

The article was submitted 18.11.2024, approved after reviewing 02.12.2024, accepted for publication 04.12.2024.