

Оригинальная статья / Original article

УДК 621.762

<https://doi.org/10.21869/2223-1528-2024-14-4-71-80>

Огнестойкость текстильных материалов, обработанных антипиреном на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия

А.Е. Агеева¹, Е.В. Агеева¹✉¹ Юго-Западный государственный университет

ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: ageeva-ev@yandex.ru

Резюме

Целью настоящей работы являлось исследование огнестойкости текстильных материалов, обработанных антипиреном на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия.

Методы. На экспериментальной установке диспергировали алюминиевые металлоотходы марки АД0Е в дистиллированной воде при массе загрузки 250 г. Полученный электроэрозионный порошок алюминия исследовали различными методами. Микроанализ выполняли на микроскопе QUANTA 600 FEG. Фазовый состав исследовали на дифрактометре Rigaku Ultima IV. Исследование огнестойкости обработанной ткани проводили по следующей методике: полоску ткани шириной 5 см, длиной 10 см подвешивали в вертикальном положении за один конец в зажим штатива (другой конец остается свободно висеть). Под нижний конец образца подводили пламя спиртовой горелки на 12 с (по секундомеру). По истечении указанного времени пламя горелки убирали и отмечали время горения и тления образца после прекращения действия пламени. После окончания опыта измеряли площадь обуглившейся части образца.

Результаты. Экспериментальные исследования огнестойкости текстильных материалов, обработанных антипиреном, показали высокую эффективность применения для этих целей электроэрозионного порошка гидроксида алюминия. Порошок гидроксида алюминия был получен в дистиллированной воде из металлоотходов электротехнического алюминия. Особенность применения полученного гидроксида алюминия связана с тем, что он обеспечивает получение трудновоспламеняемой ткани, уменьшает способность материала к воспламенению, локализует пламя; обеспечивает долговременный огнезащитный и одновременно антисептический эффект; обработанные ткани не имеют запаха, безвредны для человека и животных; расход для пропитки тканей: 100–250 г/м² в зависимости от плотности ткани.

Заключение. Эффективность антипирена на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия подтверждается тем, что для его производства применяются дешевые металлоотходы и прогрессивная экологически чистая (без сточных вод и выбросов) малоэнергоёмкая технология (до 5 кВт·ч/кг).

Ключевые слова: антипирен; гидроксид алюминия; огнестойкость; текстильный материал.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Агеева А.Е., Агеева Е.В. Огнестойкость текстильных материалов, обработанных антипиреном на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2024. Т. 14, № 4. С. 71–80. <https://doi.org/10.21869/2223-1528-2024-14-4-71-80>

Поступила в редакцию 25.10.2024

Подписана в печать 20.11.2024

Опубликована 13.12.2024

© Агеева А. Е., Агеева Е. В., 2024

Fire resistance of textile materials treated with flame retardant based on electroerosive Aluminum hydroxide powder

Anna E. Ageeva¹✉, Ekaterina V. Ageeva¹,

¹ Southwest State University
50 let Oktyabrya Str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: ageeva-ev@yandex.ru

Abstract

The purpose of this work was to study the fire resistance of technical materials treated with flame retardants based on electroerosion powder of Aluminum hydroxide.

Methods. Aluminum metal wastes of the AD0E brand were dispersed in distilled water at a loading weight of 250 g at an experimental installation. The resulting electroerosive aluminum powder was studied by various methods. The microanalysis was performed on a QUANTA 600 FEG microscope. The phase composition was studied using a Rigaku Ultima IV diffractometer. The fire resistance of the treated fabric was studied according to the following method: a strip of fabric 5 cm wide and 10 cm long was suspended in an upright position by one end in a tripod clamp (the other end remains hanging freely). The flame of an alcohol burner was placed under the lower end of the sample for 12 seconds (according to a stopwatch). After the specified time, the flame of the burner was removed and the burning and smoldering time of the sample was noted after the flame ceased to act. Gorenje After the end of the experiment, the area of the charred part of the sample was measured.

Results. Experimental studies of the fire resistance of textile materials treated with flame retardants have shown high efficiency of using an electroerosive aluminum hydroxide powder for these purposes. Aluminum hydroxide powder was obtained in distilled water from electrical aluminum metal waste. The peculiarity of the use of the obtained aluminum hydroxide is due to the fact that it provides a difficult-to-ignite fabric, reduces the ability of the material to ignite, localizes the flame; provides a long-term flame retardant and at the same time antiseptic effect; treated fabrics are odorless, harmless to humans and animals; consumption for impregnating fabrics: 100-250 g/m², depending on the density of the fabric.

Conclusion. The effectiveness of flame retardants based on electroerosive Aluminum hydroxide powder is confirmed by the fact that cheap metal waste and progressive environmentally friendly (without wastewater and emissions), low-energy technology (up to 5 kW·h/kg) are used for its production.

Keywords: flame retardant; Aluminum hydroxide; fire resistance; tech-stylish material.

Conflict of interest: The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Ageeva A.E., Ageeva E.V. Fire resistance of textile materials treated with flame retardant based on electroerosive Aluminum hydroxide powder. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii* = *Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies*. 2024;14(4):71–80. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1528-2024-14-4-71-80>

Received 25.10.2024

Accepted 20.11.2024

Published 13.12.2024

Введение

В настоящее время большой научный и практический интерес вызывают разработки в области получения новых антипиренов – веществ, которые замедляют воспламенение и горение текстильных материалов [1]. Обработанные антипиренами ткани называются огнезащищёнными [2].

Огнезащита тканей – важное мероприятие, направленное на обеспечение пожарной безопасности, которое позволяет сохранить жизнь и здоровье человека в случае возникновения пожара [3]. Особенно актуально для бойцов СВО, пожарных, сварщиков, металлургов и т. д.

Принцип действия огнезащитных пропиток: при определенных температурах в пропитках происходит химическая реакция с поглощением энергии, чем и сдерживается горение. Наносится антипирен методом распыления до полного насыщения или окунанием.

В настоящее время огнезащищённые текстильные материалы получают путем пропитки дорогостоящими галогенсодержащими, фосфорсодержащими, азотсодержащими антипиренами, а также гидроксидами алюминия [4].

В настоящей работе авторами предлагается к применению в качестве огнезащитного средства для текстильных материалов антипирен на основе электроэрозионного гидроксида алюминия (ЭЭГА) [5]. ЭЭГА предлагается получать из металлоторходов алюминия экологически чистым (без сточных вод и выбросов) и малоэнергоёмким (до 5 кВт·ч/кг) способом электроэрозионного диспергирования (ЭЭД) [6].

Под действием высоких температур ЭЭГА выделяет кристаллизационную влагу (пар) и тем самым понижает температуру ниже точки воспламенения. Помимо того, образующийся водяной пар препятствует проникновению кислорода в зону горения [7].

Огнезащитная пропитка – это водные растворы антипиренов. Данный метод прост и эффективен [8].

Особенности применения пропитки нового антипирена: обеспечивает получение трудновоспламеняемой ткани, уменьшает способность материала к воспламенению, локализует пламя; обеспечивает долговременный огнезащитный и одновременно антисептический эффект; обработанные ткани не имеют запаха, безвредны для человека и животных; расход

для пропитки тканей: 100–250 г/м² в зависимости от плотности ткани [9].

Однако в настоящее время отсутствуют полноценные сведения о влиянии антипиренов на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия, что препятствует их практическому применению [10].

Целью настоящей работы являлось исследование огнестойкости текстильных материалов, обработанных антипиреном на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия.

Материалы и методы

В качестве исходного сырья для получения электроэрозионных алюминиевых порошков использовали отходы алюминиевых проводов. Этот материал широко распространён и легко доступен, т. к. в настоящее время алюминиевая проводка часто заменяется на медную.

Электроэрозионный гидроксид алюминия получали в дистиллированной воде при массе загрузки 250 г [11].

Схема процесса получения ЭЭГА методом ЭЭД приведена на рисунке 1. При этом удельные затраты электроэнергии на получение данного порошка составили 4,7 кг/(кВт·ч) [12].

ЭЭГА изучали с использованием современного исследовательского оборудования, в том числе QUANTA 600 FEG [13] и Rigaku Ultima IV [14].

После получения порошка готовилась огнезащитная композиция следующего состава: электроэрозионный порошок, полученный электроэрозионным диспергированием алюминия; аммиак 14%-ный водный раствор; хлорид натрия; вода дистиллированная.

Последовательность приготовления огнезащитной композиции представлена на рисунке 2.

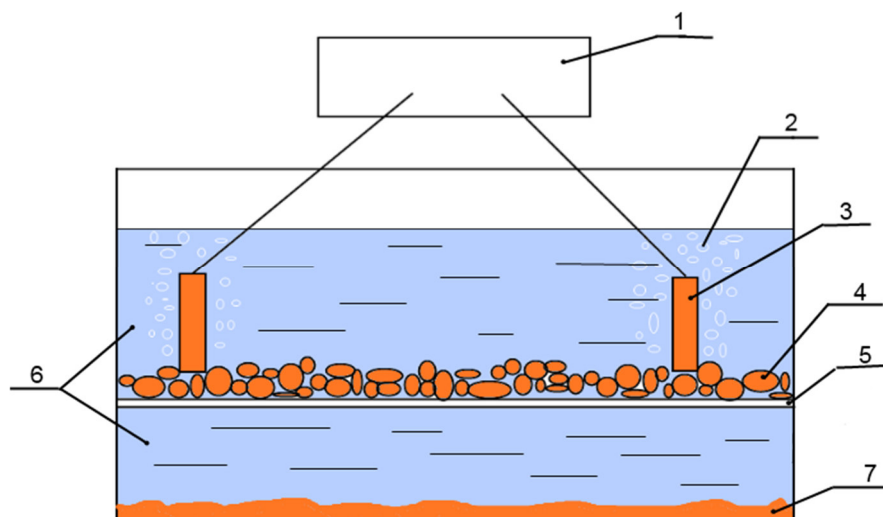


Рис. 1. Схема процесса получения ЭЭГА методом ЭЭД: 1 – генератор импульсов; 2 – пузырьки газа; 3 – электроды; 4 – диспергируемый материал; 5 – перфорированная решетка; 6 – рабочая жидкость; 7 – осадок ЭЭГА

Fig. 1. The scheme of the process of obtaining EEG by the EED method: 1 – pulse generator; 2 – gas bubbles; 3 – electrodes; 4 – removable material; 5 – perforated grid; 6 – working fluid; 7 – EEG sediment



Рис. 2. Схема приготовления огнезащитной композиции

Fig. 2. The scheme of preparation of a flame retardant composition

При постановке экспериментов огнезащитной обработке подвергали два типа текстильных материалов: хлопок [15] и вискозу [16].

Последовательность нанесения огнезащитной композиции на текстильные материалы представлена на рисунке 3.



Рис. 3. Схема нанесения огнезащитной композиции на текстильные материалы

Fig. 3. The scheme of applying a flame retardant composition to textile materials

Далее осуществлялось исследование огнестойкости обработанной ткани [17] по следующей методике: полоску ткани шириной 5 см и длиной 10 см подвешивали в вертикальном положении за один конец в зажим штатива (другой конец остается свободно висеть). Под нижний конец образца подводили пламя спиртовой горелки на 12 с (по секундомеру).

По истечении указанного времени пламя горелки убирали и фиксировали время горения и площадь обуглившейся части ткани.

Результаты и их обсуждение

Электроэрозионный гидроксид алюминия, состоящий в основном из агломератов, представлен изображением с микроскопа QUANTA 600 FEG (рис. 4).

Фазовый состав ЭЭГА, представленный дифрактограммой с дифрактометра Rigaku Ultima IV, включает фазы $\text{Al}(\text{OH})_3$ и Al (рис. 5).

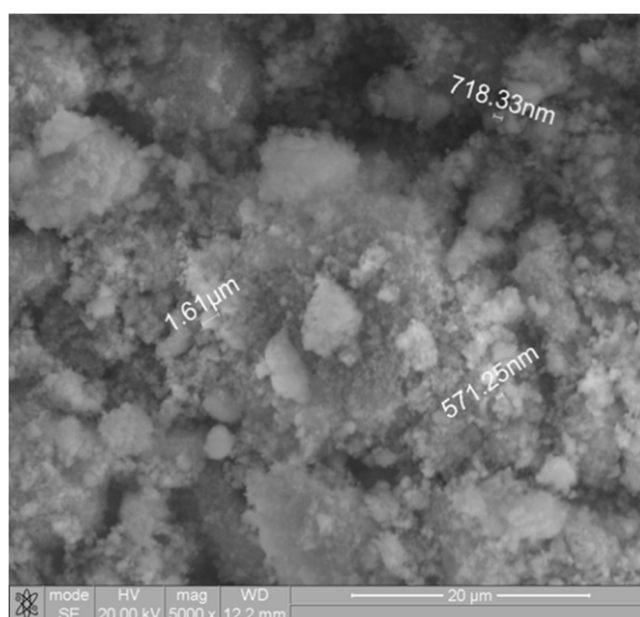


Рис. 4. Микрофотография ЭЭГА

Fig. 4. EEG micrography

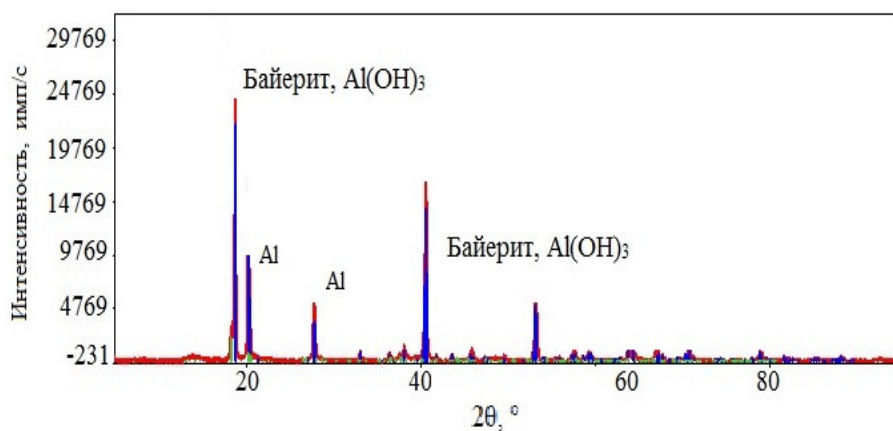


Рис. 5. Дифрактограмма ЭЭГА

Fig. 5. EEG diffractogram

Проведенные исследования показали, что электродиспергирование является эффективным способом получения дешевого антипирена из металлоотходов требуемого гранулометрического, химического и фазового составов.

Огнестойкость хлопка и вискозы, обработанных ЭЭГА, представлена на рисунке 6. Результаты исследования показали высокую эффективность применения ЭЭГА в качестве антипирена [18].

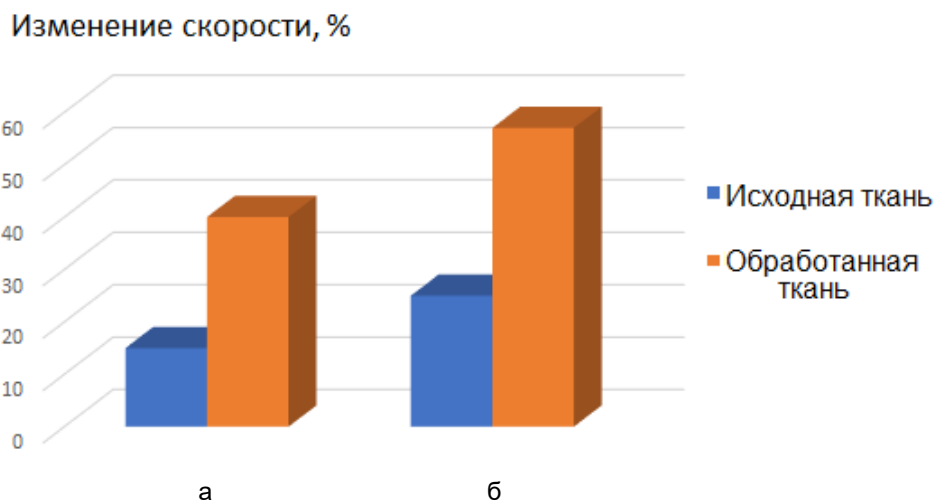


Рис. 6. Изменение скорости остаточного горения и остаточного тления образцов тканей после прекращения действия пламени: а – хлопок; б – вискоза

Fig. 6. The change in the rate of residual combustion and residual smoldering of tissue samples after the cessation of flame action: а – cotton; б – viscose

Экспериментально установлено, ткани (хлопок и вискоза), обработанные ЭЭГА, имеют в два раза меньшую скорость остаточного горения и остаточного тления по сравнению с необработанными тканями. Данный эффект достигается за счет эндотермического разложения антипирена [19] на основе ЭЭГА и образования водяного пара в зоне горения.

Образующийся пар на поверхности частиц антипирена способствует уменьшению доступа кислорода к зоне горения. Поглощая часть теплоты, антипирен снижает скорость горения и скорость разложения текстильного материала [20].

Выводы

1. На основании проведенных экспериментальных исследований, направленных

на исследование огнестойкости текстильных материалов, показана высокая эффективность применения для огнезащитной обработки антипирена на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия.

2. Эффективность антипирена на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия подтверждается тем, что для его производства применяются дешевые металлоотходы и прогрессивная экологически чистая (без сточных вод и выбросов) малоэнергоёмкая технология (до 5 кВт·ч/кг).

3. Проведенные исследования позволяют рекомендовать обработанные огнезащитным средством текстильные материалы для пошива одежды бойцов СВО, пожарных, сварщиков, металлургов и др.

Список литературы

1. Дайронас М.В., Курбатов В.Л., Шумилова Е.Ю. Эффективность современных антипиренов // Университетская наука. 2024. № 1(17). С. 45–52. EDN ESOHUZ
2. Эффект добавок антипиренов на горючесть и дымообразование стеклопластиков на основе эпоксидных смол / С.А. Трубочев, А.А. Палецкий, А.Р. Сагитов, И.В. Куликов, Е.А. Соснин, А.Г. Шмаков // Химическая физика и мезоскопия. 2024. Т. 26, № 3. С. 331–340. <https://doi.org/10.62669/17270227.2024.3.28>, EDN JZRPNJ
3. Обоснование актуальных подходов к оценке пожароопасных свойств текстильных материалов и способов огнезащиты тканей различного функционального назначения / В.Г. Спиридонова, Д.В. Сорокин, А.Л. Никифоров, О.Г. Циркина // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 2(47). С. 125–132. EDN UCBLRB
4. Новиков Е.П., Поданов В.О., Агеева А.Е. Исследование фазового состава порошка электрокорунда, полученного электродиспергированием отходов сплава АД0Е // Современные инновации в науке и технике: сборник научных статей 12-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Курск: Университетская книга, 2022. С. 186–190. EDN JBOFHL
5. Агеева А. Е. Огнезащитное средство для текстильных материалов на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия // Современные проблемы и направления развития металловедения и термической обработки металлов и сплавов: сборник научных статей 3-й Международной научно-практической конференции, посвященной памяти академика А.А. Байкова. Курск: Университетская книга, 2022. С. 29–35. EDN KDAYDV
6. Кузьмина Н.Н., Циркина О.Г. Формальдегидсодержащие антипирены в отделке целлюлозосодержащих тканей // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК). 2024. № 1. С. 511–512. EDN QYRKYX
7. Технология получения и изучение свойств антипиренов на основе эпихлоргидрина с азотсодержащими соединениями для полиакрилонитрильных волокон / Р.И. Исмаилов, У.М. Эшмухамедов, И.Н. Хайдаров, Р.М. Исмаилова // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. № 3(405). С. 162–168. https://doi.org/10.47367/0021-3497_2023_3_162. EDN LLUKSI
8. Улучшение огнезащитных свойств тканей на основе полиоксадиаэольных волокон путем отделки фосфорорганическими антипиренами / Ю.В. Матвеев, Ю.С. Шатилов, А.С. Лукьянов, Ж.В. Игнатович, А.А. Рогачев, В.Е. Агабеков // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2023. № 2(54). С. 116–119. EDN BEKBVB
9. Металлография металлов, порошковых материалов и покрытий, полученных электроискровыми способами / В.Н. Гадалов, В.Г. Сальников, Е.В. Агеев, Д.Н. Романенко. М.: Инфра-М, 2011. 468 с. EDN SDQRQT
10. Получение и исследование порошков из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов электроэрозионным диспергированием / Е.В. Агеев, Р.А. Латыпов, Е.В. Агеева, А.А. Давыдов. Курск: ИП Горохов А.А., 2013. 200 с. EDN RZROAL
11. Исследование алюминиевого порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования в дистиллированной воде / Р.А. Латыпов, Е.В. Агеев, Е.В. Агеева, Е.П. Новиков // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. № 4. С. 19–22. EDN VSKPXR
12. Рентгеноспектральный микроанализ хромового порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования в среде керосина / Е.В. Агеев, А.А. Горохов, А.Ю. Алтухов, А.В. Щербаков, С.В. Хардинов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2016. № 1(64). С. 26–31. EDN VXDVNX

13. Агеев Е.В., Агеева Е.В., Воробьев Е.А. Гранулометрический и фазовый составы порошка, полученного из вольфрамсодержащих отходов инструментальных материалов электроэрозионным диспергированием в керосине // Упрочняющие технологии и покрытия. 2014. № 4(112). С. 11–14. EDN SAMGBH
14. Агеева А.Е., Хмелевская А.Г. Хлопок: всё о ткани // Проблемы развития современного общества: сборник научных статей 9-й Всероссийской национальной научно-практической конференции: в 3 т. Т. 3. Курск: Университетская книга, 2024. С. 593–596. EDN GJPULZ
15. Агеева А.Е., Хмелевская А.Г. Синтетика: всё о ткани // Молодежь и наука: шаг к успеху: сборник научных статей 7-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых. Курск: Университетская книга, 2024. С. 284–287. EDN MVTOIT
16. Разработка методов придания огнестойкости целлюлозным и смесовым тканям для защитной одежды / О.В. Рева, В.В. Богданова, А.С. Лукьянов, С.Ю. Мойсеюк // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2020. № 1(47). С. 138–149. EDN OUNJMB
17. Нуркулов Ф.Н., Раупов А.Р., Джалилов А.Т. Повышение огнестойкости текстильных тканей на основе целлюлозы // Universum: технические науки. 2021. № 7-2(88). С. 79–82. <https://doi.org/10.32743/UniTech.2021.88.7.12111>. EDN BBPUNM
18. Шинкарева Е.В., Симаш Н.А. Водная вермикулитовая дисперсия для повышения огнестойкости тканей в фактуре стекловолокнистой матрицы // Лакокрасочные материалы и их применение. 2022. № 10(548). С. 26–31. EDN CAJBOI
19. Рева О.В., Зарубицкая Т.И. Придание перманентной огнестойкости хлопковым тканям и волокнам путем хемопривязки неорганических огнезащитных композиций к их поверхности // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2016. № 1(39). С. 77–85. EDN YSPYOI

References

1. Dayronas M.V., Kurbatov V.L., Shumilova E.Y. Effectiveness of modern flame retardants. *Universitetskaya nauka = University science*. 2024;(1):45–52. (In Russ.) EDN ESOHUZ
2. Trubachev S.A., Paletsky A.A., Sagitov A.R., Kulikov I.V., Sosnin E.A., Shmakov A.G. The effect of flame retardants additives on the flammability and smoke formation of epoxy resin-based plastics. *Khimicheskaya fizika i mezoskopiya = Chemical Physics and Mesoscopy*. 2024;26(3):331–340. (In Russ.) <https://doi.org/10.62669/17270227.2024.3.28>, EDN JZRPNJ
3. Spiridonova V.G., Sorokin D.V., Nikiforov A.L., Tsikina O.G. Substantiation of relevant approaches to assessing the fire-hazardous properties of textile materials and methods of fire protection of fabrics of various functional purposes. *Ovremennye problemy grazhdanskoi zashchity = Modern problems of civil protection*. 2023;(2):125–132. (In Russ.) EDN UCBLRB
4. Novikov E.P., Podanov V.O., Ageeva A.E. Investigation of the phase composition of the electroco-runde powder obtained by electrodispersion of AD0E alloy waste. In: *Sovremennye innovatsii v nauke i tekhnike: sbornik nauchnykh statei 12-i Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem = Modern innovations in science and technology: collection of scientific articles of the 12th All-Russian scientific and technical conference with international participation*. Kursk: Universitetskaya kniga; 2022. P. 186–190. (In Russ.) EDN JBOFHL
5. Ageeva A.E. Flame retardant for textile materials based on electroerosive Aluminum hydroxide powder. In: *Sovremennye problemy i napravleniya razvitiya metallovedeniya i termicheskoi obrabotki metallov i spлавov: sbornik nauchnykh statei 3-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati akademika A.A. Baikova = Modern problems and directions of development of metallurgy and thermal processing of metals and alloys: collection of scientific articles of the 3rd International scientific and practical conference dedicated to the memory of academician A.A. Baykov*. Kursk: Universitetskaya kniga; 2022. P. 29–35. (In Russ.) EDN KDAYDV

6. Kuzmina N.N., Tsirkina O.G. Formaldehyde-containing flame retardants in the finishing of cellulose-containing fabrics. *Molodye uchenye – razvitiyu natsional'noi tekhnologicheskoi initsiativy (POISK) = Young scientists – development of the National Technological Initiative (SEARCH)*. 2024;(1):511–512. (In Russ.) EDN QYPKYX

7. Ismailov R.I., Eshmukhamedov U.M., Khaidarov I.N., Ismailova R.M. Technology of obtaining and studying the properties of flame retardants based on epichlorohydrin with nitrogen-containing compounds for polyacrylonitrile fibers. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti = Proceedings of higher educational institutions. Textile Industry Technology*. 2023;(3):162–168. https://doi.org/10.47367/0021-3497_2023_3_162. (In Russ.) EDN LLUKSI

8. Matveenkov Yu.V., Shatilov Yu.S., Lukyanov A.S., Ignatovich Zh.V., Rogachev A.A., Agabekov V.E. Improvement of flame-retardant properties of fabrics based on polyoxadiene fibers by finishing with organophosphorus flame retardants. *Chrezvychainye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya = Emergency situations: prevention and elimination*. 2023;(2):116–119. (In Russ.) EDN BEKBVB.

9. Gadlov V.N., Salnikov V.G., Ageev E.V., Romanenko D.N. Metallography of metals, powder materials and coatings obtained by electric spark methods. Moscow: Infra-M; 2011. 468 p. (In Russ.) EDN SDQRQT.

10. Ageev E.V., Latypov R.A., Ageeva E.V., Davydov A.A. Preparation and research of powders from waste of tungsten-containing hard alloys by electroerosive dispersion. Kursk: IP Gorokhov A.A.; 2013. 200 p. (In Russ.) EDN RZROAL.

11. Latypov R.A., Ageev E.V., Ageeva E.V., Novikov E.P. Investigation of Aluminum powder obtained by electroerosion dispersion in distilled water. *Vse materialy. Entsiklopedicheskii spravochnik = All materials. Encyclopedic reference book*. 2016;(4):19–22. (In Russ.) EDN VSKPXR

12. Ageev E.V., Gorokhov A.A., Altukhov A.Yu., Shcherbakov A.V., Khardikov S.V. X-ray spectral microanalysis of nichrome powder obtained by the method of electroerosive dispersion in a kerosene medium. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2016;(1):26–31. (In Russ.) EDN VXDVNX

13. Ageev E.V., Ageeva E.V., Vorobyov E.A. Granulometric and phase compositions of powder obtained from tungsten-containing waste of tool materials by electroerosive dispersion in kerosene. *Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya = Hardening technologies and coatings*. 2014;(4):11–14. (In Russ.) EDN SAMGBH

14. Ageeva A.E., Khmelevskaya A.G. Cotton: all about fabric. In: *Problemy razvitiya sovremen-nogo obshchestva: sbornik nauchnykh statei 9-i Vserossiiskoi natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Problems of development of modern society: collection of scientific articles of the 9th All-Russian national scientific and practical conference*. Vol. 3. Kursk: Universitetskaya kniga; 2024. P. 593–596. EDN GJPULZ

15. Ageeva A.E., Khmelevskaya A.G. Synthetics: all about fabric. *Molodezh' i nauka: shag k uspekhу: sbornik nauchnykh statei 7-i Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii perspektivnykh razrabotok molodykh uchenykh = Youth and science: a step to success : collection of scientific articles of the 7th All-Russian Scientific Conference of promising developments of young scientists*. Kursk: Universitetskaya kniga; 2024. P. 284–287. EDN MVTOIT

16. Reva O.V., Bogdanova V.V., Lukyanov A.S., Moiseyuk S.Yu. Development of methods of fire resistance to cellulose and mixed fabrics for protective clothing. *Chrezvychainye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya = Emergency situations: prevention and liquidation*. 2020;(1):138–149. (In Russ.) EDN OUNJMB

17. Nurkulov F.N., Raupov A.R., Jalilov A.T. Increasing the fire resistance of textile fabrics based on cellulose. *Universum: tekhnicheskie nauki = Universum: technical sciences*. 2021;(7-2):79–82. (In Russ.) <https://doi.org/10.32743/UniTech.2021.88.7.12111>, EDN BBPUNM

18. Shinkareva E.V., Simash N.A. Aqueous vermiculite dispersion for increasing the fire resistance of fabrics in the texture of a fiberglass matrix. *Lakokrasochnye materialy i ikh primeneniye = Paint and varnish materials and their application*. 2022;(10):26–31. (In Russ.) EDN CAJBOI

19. Reva O.V., Zarubitskaya T.I. Giving permanent fire resistance to cotton fabrics and fibers by chemo-binding inorganic flame-retardant compounds to their surface. *Chrezvychainye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya = Emergency situations: prevention and elimination*. 2016;(1):77–85. (In Russ.) EDN YSPYOJ

Информация об авторах / Information about the Authors

Агеева Анна Евгеньевна, студент,
Юго-Западный государственный университет,
г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: ageevaanna2004@yandex.ru,
SPIN-код: 6687-3804

Anna E. Ageeva, Student, Southwest State
University, Kursk, Russian Federation,
e-mail: ageevaanna2004@yandex.ru,
SPIN-код: 6687-3804

Агеева Екатерина Владимировна, доктор
технических наук, доцент, профессор
кафедры технологии материалов и транспорта,
Юго-Западный государственный университет,
г. Курск, Российская Федерация,
e-mail: ageeva-ev@yandex.ru,
ORCID: 0000-0001-8457-6565,
SPIN-код: 2561-0708

Ekaterina V. Ageeva, Doctor of Sciences
(Engineering), Associate Professor, Professor
of the Department of Technology of Materials
and Transport, Southwest State University,
Kursk, Russian Federation,
e-mail: ageeva-ev@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-8457-6565,
SPIN-код: 2561-0708