

## Оригинальная статья / Original article

УДК 621.762

<https://doi.org/10.21869/2223-1528-2025-15-1-28-38>

## Устойчивость текстильных материалов, обработанных антипиреном на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия, к физико-химическим воздействиям

А.Е. Агеева<sup>1</sup>, Е.В. Агеева<sup>1✉</sup><sup>1</sup> 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 устойчивости изделий, изготовленных из различных текстильных материалов, в том числе из хлопка и вискозы, подверженных трению и стирке в различных агрессивных средах.

**Методы.** Устойчивость хлопчатобумажной и вискозной тканей, обработанных антипиреном на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия, к стирке исследовалась на механическом устройстве, в состав которого входит водяная баня с вращающимся валом.

Для проведения испытания устойчивости тканей к трению готовились образцы размером 18х8 см. Перед испытанием образцов тканей их пропитывали новым антипиреном на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия и сравнивали с новым сухим образцом ткани. Образцы тканей подвергали нескольким циклам стирки. Увеличение числа циклов стирки приводило к потере части огнезащитной пропитки и снижению времени горения обработанной ткани.

**Результаты.** По результатам проведенных исследований установлено, что устойчивость тканей с огнезащитной пропиткой к физико-химическим воздействиям зависит от концентрации порошка и состава текстильного материала. При этом огнезащитную пропитку на основе электроэрозионного гидроксида алюминия (ЭЭГА) получают из металлоотходов алюминия экологически чистым и малознергоемким способом электроэрозионного диспергирования. Защитные функции нового антипирена проявляются следующим образом: 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.

**Закключение.** Полученные сведения о влиянии антипиренов на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия на свойства тканей будут способствовать их практическому применению.

**Ключевые слова:** электроэрозионный гидроксид алюминия; текстильный материал; физико-химическое воздействие.

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

**Для цитирования:** Агеева А.Е., Агеева Е.В. Устойчивость текстильных материалов, обработанных антипиреном на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия, к физико-химическим воздействиям // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2025. Т. 15, № 1. С. 28–38. <https://doi.org/10.21869/2223-1528-2025-15-1-28-38>.

Поступила в редакцию 24.12.2024

Подписана в печать 05.02.2025

Опубликована 20.03.2025

## Resistance of textile materials treated with flame retardants based on electroerosive Aluminum hydroxide powder to physical and chemical influences

Anna E. Ageeva<sup>1</sup>, Ekaterina V. Ageeva<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup> 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 stability of products made from various textile materials, including cotton and viscose, exposed to friction and washing in various aggressive environments.

**Methods.** The resistance of cotton and viscose fabrics treated with flame retardants based on electroerosive Aluminum hydroxide powder to washing was studied on a mechanical device, which includes a water bath with a rotating shaft. To test the resistance of fabrics to friction, 18x8 cm samples were prepared. Before testing the tissue samples, they were impregnated with a new flame retardant based on electroerosive Aluminum hydroxide powder and compared with a new dry tissue sample. The tissue samples were subjected to several washing cycles. An increase in the number of washing cycles led to the loss of part of the flame-retardant impregnation and a decrease in the burning time of the treated fabric.

**Results.** According to the results of the conducted studies, it was found that the resistance of fabrics with flame-retardant impregnation to physico-chemical influences depends on the concentration of powder and the composition of the textile material. At the same time, a flame-retardant impregnation based on electroerosive Aluminum hydroxide (EEGA) is obtained from Aluminum metal waste by an environmentally friendly and low-energy-intensive method of electroerosive dispersion. The protective functions of the new flame retardant are manifested as follows: under the influence of high temperatures, the EEGA releases crystallizing moisture (steam) and thereby lowers the temperature below the ignition point. In addition, the resulting water vapor prevents oxygen from entering the combustion zone. Gorenje.

**Keywords:** electroerosive Aluminum hydroxide; textile material; physico-chemical effect.

**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. Resistance of textile materials treated with flame retardants based on electroerosive Aluminum hydroxide powder to physical and chemical influences. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii* = *Proceedings of the Southwest State University. Series: Engineering and Technologies*. 2025;15(1):28–38. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1528-2025-15-1-28-38>.

Received 24.12.2024

Accepted 05.02.2025

Published 20.03.2025

\*\*\*

### Введение

В настоящее время огнезащищённые материалы [1] нашли широкое применение для изготовления спецодежды пожарных, сварщиков и металлургов. Применение данных материалов позволяет минимизировать или полностью предотвратить вероятность воспламенения спецодежды вблизи открытых источников огня [2]. Для повышения огнестойкости текстильных материалов их обрабатывают специаль-

ными веществами – антипиренами, которые замедляют воспламенение и горение [3].

Антипирены получают промышленным способом на основе галогенсодержащих, фосфорсодержащих или азотсодержащих химических компонентов. Их производство является экологически вредным и дорогостоящим [4].

К числу перспективных и неизученных антипиренов относят гидроксиды алюминия, которые можно получать из

отходов электротехнического алюминия электроэрозионным способом [5].

Однако в современной научно-технической литературе отсутствуют полноценные сведения об использовании электроэрозионного гидроксида алюминия (ЭЭГА) [6] в качестве огнезащитного средства для текстильных материалов.

В процессе эксплуатации изделия, изготовленные из различных текстильных материалов, в том числе из хлопка и вискозы, подвергаются трению и стирке в различных агрессивных средах, что непосредственным образом сказывается на их огнестойкости. При этом устойчивость нового антипирена к различного рода воздействиям не изучена.

Целью настоящей работы являлось исследование устойчивости текстильных материалов, обработанных антипиреном на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия, к физико-химическим воздействиям.

## Материалы и методы

ЭЭГА получали из отходов алюминия электротехнического в дистиллированной воде при массе загрузки 250 г электроэрозионным способом [7]. При этом удельные затраты электроэнергии на получение данного порошка составили 4,7 кг/(кВт·ч) [8].

По изображениям с микроскопа QUANTA 600 FEG было установлено, что ЭЭГА состоит в основном из агломератов [9]. Дифрактограммы, полученные на дифрактометре Rigaku Ultima IV, показали в составе ЭЭГА наличие фаз  $\text{Al}(\text{OH})_3$  и  $\text{Al}$  [10].

После получения порошка приготавливалась 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 1.

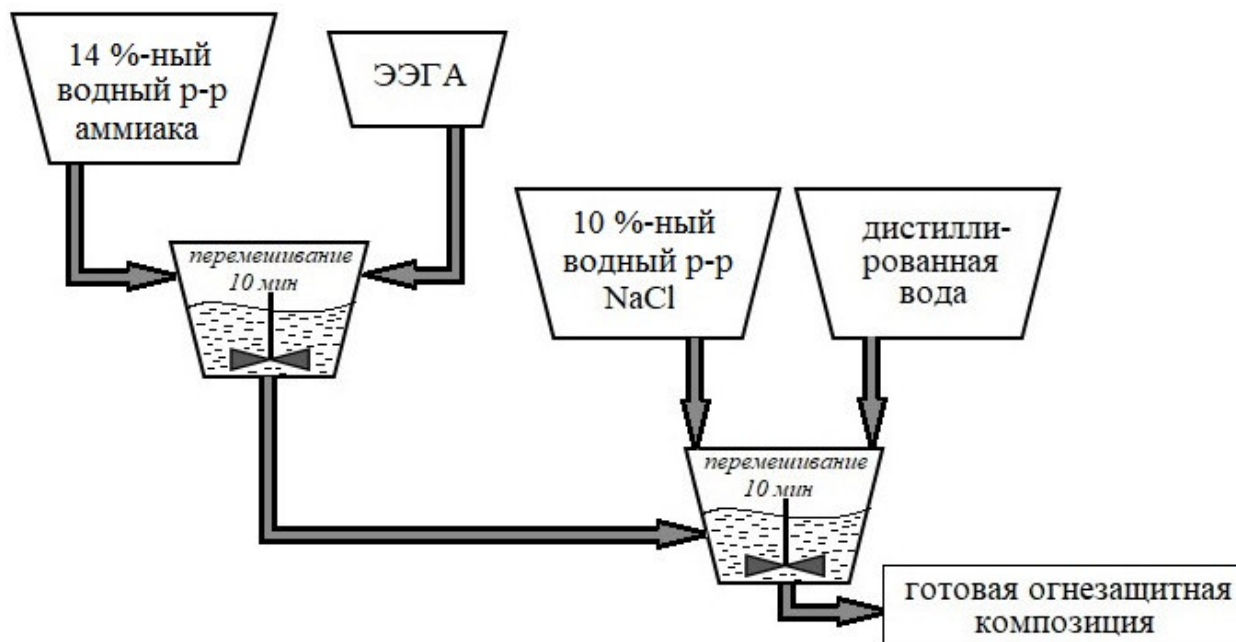
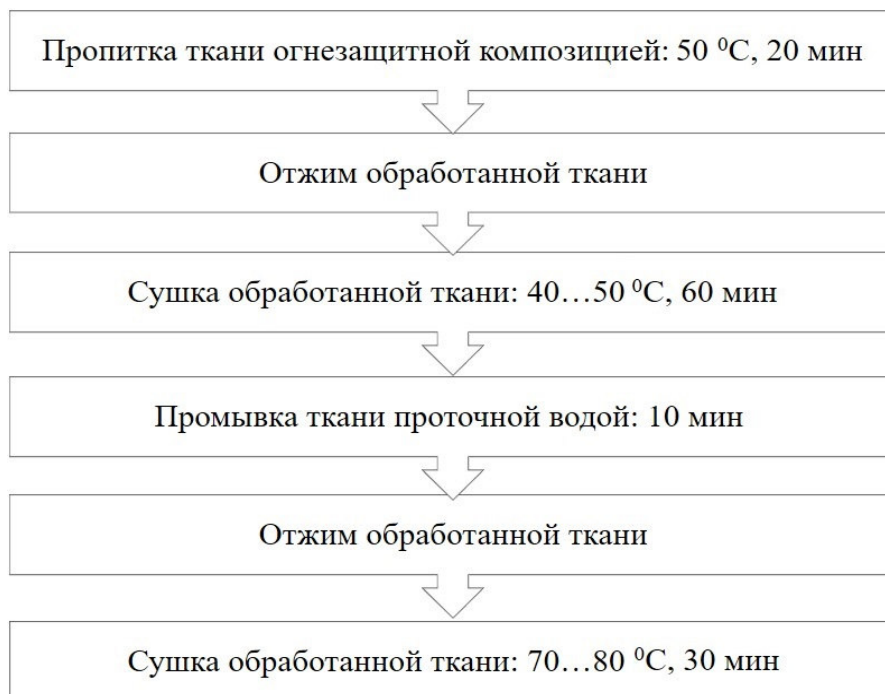


Рис. 1. Схема приготовления огнезащитной композиции

Fig. 1. The scheme of preparation of a flame retardant composition

При постановке экспериментов огнезащитной обработке подвергали два типа текстильных материалов: хлопок [11] и вискозу [15].

Последовательность нанесения огнезащитной композиции на текстильные материалы представлена на рисунке 2.



**Рис. 2.** Схема нанесения огнезащитной композиции на текстильные материалы

**Fig. 2.** The scheme of applying a flame retardant composition to textile materials

Устойчивость хлопчатобумажной и вискозной тканей, обработанных антипиреном на основе электроэрозионного порошка гидроксида алюминия, к стирке исследовалась на механическом устройстве, в состав которого входит водяная баня с вращающимся валом.

Для проведения испытания устойчивости тканей к трению готовились образцы размером 18×8 см. Прибор для определения устойчивости тканей с огнезащитной пропиткой к трению представлен на рисунке 3.



**Рис. 3.** Прибор для определения устойчивости огнезащитной пропитки к трению:

1 – рукоятка; 2 – столик; 3 – резиновая пробка; 4 – обжимное кольцо

**Fig. 3.** A device for determining the resistance of flame retardant impregnation to friction:

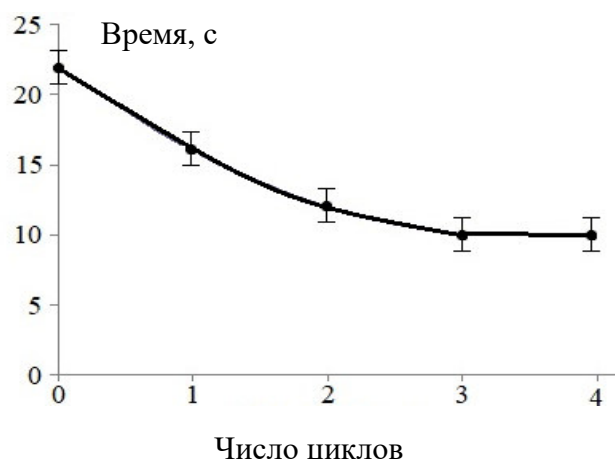
1 – handle; 2 – table; 3 – rubber stopper; 4 – crimp ring

При испытаниях столик 2 перемещался возвратно-поступательно в течение 10 с.

### Результаты и их обсуждение

В процессе эксплуатации изделия, изготовленные из различных текстильных материалов, в том числе из хлопка и вискозы, подвергаются трению и стирке в различных агрессивных средах, что непо-

средственным образом сказывается на их огнестойкости [13]. В связи с этим была исследована устойчивость нового антипирена к различного рода воздействиям. Для этого образцы тканей подвергали нескольким циклам стирки. Зависимость времени горения ткани, обработанной огнезащитной пропиткой, от числа циклов стирки представлена на рисунке 4.



**Рис. 4.** Зависимость времени горения ткани, обработанной огнезащитной пропиткой, от числа циклов стирки

**Fig. 4.** Gorenje time dependence of fabric treated with flame retardant impregnation on the number of washing cycles

Из рисунка 4 видно, что увеличение числа циклов стирки приводит к потере части огнезащитной пропитки и снижению времени горения обработанной ткани [14]. Тем не менее разложение гидроксида алюминия с образованием водяного пара препятствовало доступу кислорода к ме-

сту горения ткани [15]. При этом алюминий поглощал часть теплоты и способствовал ее отводу из зоны горения [16].

В таблице 1 представлены данные по устойчивости тканей, обработанных огнезащитной пропиткой к физико-химическим воздействиям.

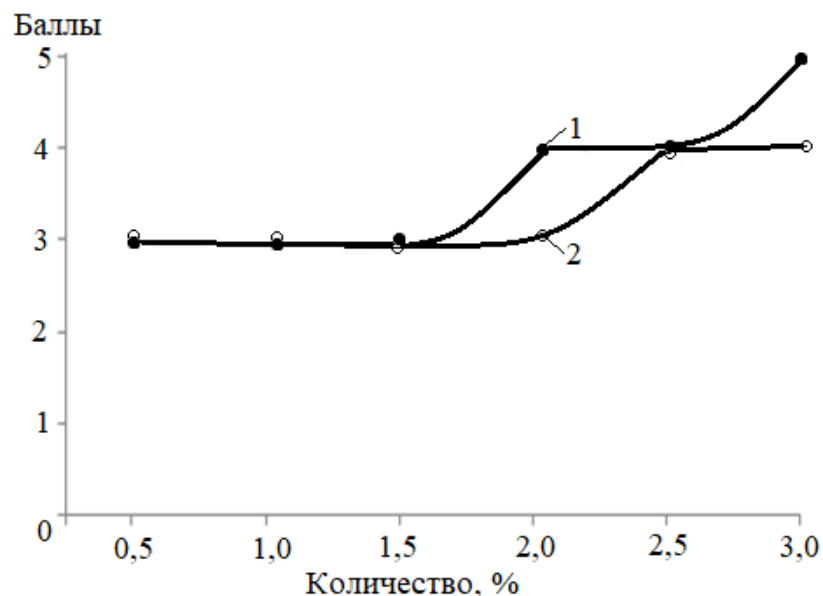
**Таблица 1.** Устойчивость тканей с огнезащитной пропиткой от количества порошка к физико-химическим воздействиям

**Table 1.** Resistance of fabrics with flame retardant impregnation from the amount of powder to physical and chemical influences

| Количество порошка, % | Баллы устойчивости |        |
|-----------------------|--------------------|--------|
|                       | стирка             | трение |
| 0,5                   | 3                  | 3      |
| 1,0                   | 3                  | 3      |
| 1,5                   | 3                  | 3      |
| 2,0                   | 3                  | 4      |
| 2,5                   | 4                  | 4      |
| 3,0                   | 4                  | 5      |

По данным таблицы 1 построены графики зависимости устойчивости тканей с

огнезащитной пропиткой от количества порошка (рис. 5).



**Рис. 5.** Зависимость устойчивости тканей с огнезащитной пропиткой к стирке (1) и к трению (2) от количества порошка

**Fig. 5.** Dependence of the resistance of flame-retardant impregnated fabrics to washing (1) and to friction (2) on the amount of powder

Экспериментально установлено, что наилучшие показатели устойчивости тканей к физико-химическим воздействиям с огнезащитной пропиткой соответствуют количеству порошка 3%.

При исследовании свойств огнезащитных составов использовались тек-

стильные материалы разной химической природы.

В таблице 2 приведены данные по устойчивости к физико-химическим воздействиям на текстильных материалах разной химической природы.

**Таблица 2.** Устойчивость тканей с огнезащитной пропиткой к физико-химическим воздействиям

**Table 2.** Resistance of fabrics with flame retardant impregnation to physical and chemical influences

| Наименование текстильного материала | Баллы устойчивости |        |
|-------------------------------------|--------------------|--------|
|                                     | стирка             | трение |
| Хлопчатобумажная                    | 4                  | 4      |
| Вискозная                           | 3                  | 3      |

Экспериментально установлено, что наибольшие баллы устойчивости, как стирке, так и к трению, получены для хлопчатобумажной ткани. Меньшие баллы приходятся на химические синтетические материалы (капрон, смесь капрона и лавсана).

По результатам проведенных исследований установлено, что устойчивость тканей с огнезащитной пропиткой [11] к физико-химическим воздействиям зависит от концентрации порошка и состава текстильного материала. При этом огнеза-

щитную пропитку на основе ЭЭГА получают из металлоотходов алюминия экологически чистым (без сточных вод и выбросов) и малоэнергоёмким (до 5 кВт·ч/кг) способом электроэрозионного диспергирования [12]. Защитные функции нового антипирена проявляются следующим образом: 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 [17]. Данный метод прост и эффективен [18].

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/м<sup>2</sup> в зависимости от плотности ткани [19].

Полученные сведения о влиянии антипиренов на основе электроэрозионного порошка [20] гидроксида алюминия на свойства тканей будут способствовать их практическому применению.

## Выводы

1. Изучена устойчивость текстильных материалов, обработанных новым антипиреном, к различного рода воздействиям (стирке и трению), которые они постоянно претерпевают в условиях эксплуатации. Экспериментально установлено, что наибольшие баллы устойчивости, как к стирке, так и к трению, получены для хлопчатобумажной ткани. Меньшие баллы приходится на химические синтетические материалы.

2. Экспериментально установлено, что увеличение числа циклов стирки тканей приводит к потере части огнезащитной пропитки и снижению времени горения обработанной ткани. Тем не менее разложение гидроксида алюминия с образованием водяного пара препятствовало доступу кислорода к месту горения ткани. При этом алюминий поглощал часть теплоты и способствовал ее отводу из зоны горения.

3. Проведенные исследования устойчивости нового антипирена к различного рода воздействиям позволяют определить его наиболее рациональную область практического применения.

## Список литературы

1. 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.
2. Эффект добавок антипиренов на горючесть и дымообразование стеклопластиков на основе эпоксидных смол / С.А. Трубачев, А.А. Палецкий, А.Р. Сагитов [и др.] // Химическая физика и мезоскопия. 2024. Т. 26, № 3. С. 331–340. <https://doi.org/10.62669/17270227.2024.3.28>. EDN JZRPNJ.
3. Дайронас М.В., Курбатов В.Л., Шумилова Е.Ю. Эффективность современных антипиренов // Университетская наука. 2024. № 1(17). С. 45–52. EDN ESOHUZ.
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. 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.

7. 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.

8. Рентгеноспектральный микроанализ нихромового порошка, полученного методом электроэрозионного диспергирования в среде керосина / Е.В. Агеев, А.А. Горохов, А.Ю. Алтухов, [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. 2016. № 1(64). С. 26–31. EDN VXDVNX.

9. 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.

10. 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.

11. 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 YSPYOL.

12. 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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 BVPUNM.

16. 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.

17. 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](https://doi.org/10.47367/0021-3497_2023_3_162). EDN LLUKSI.

18. Улучшение огнезащитных свойств тканей на основе полиоксидиазольных волокон путем отделки фосфорорганическими антипиренами / Ю.В. Матвеев, Ю.С. Шатилов, А.С. Лукьянов [и др.] // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. 2023. № 2(54). С. 116–119. EDN BEKBVB.

19. 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.

## References

1. 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. *Sovremennye problemy grazhdanskoi zashchity = Modern problems of civil protection*. 2023;(2):125–132. (In Russ.) EDN UCBLRB.

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. 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.

4. Novikov E.P., Podanov V.O., Ageeva A.E. Investigation of the phase composition of the electrocorunde 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 splavov: 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. 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.

7. 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.

8. Ageev E.V., Gorokhov A.A., Altukhov A.Yu., et al. 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.

9. 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.

10. 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.

11. 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.

12. Ageeva A.E., Khmelevskaya A.G. Cotton: all about fabric. In: *Problemy razvitiya sovremennogo 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.

13. 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.

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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. (In Russ.) [https://doi.org/10.47367/0021-3497\\_2023\\_3\\_162](https://doi.org/10.47367/0021-3497_2023_3_162). EDN LLUKSI.

18. Matveenko Yu.V., Shatilov Yu.S., Lukyanov A.S., et al. 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.

19. Gadalov 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.

---

**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, профессор, 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), Professor, Professor of the Depart-  
ment 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