

УДК 614.841.411

DOI 10.47367/0021-3497_2024_2_207

**ЗАЩИТА ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР И ОТКРЫТОГО ПЛАМЕНИ**

**PROTECTION OF CELLULOSE MATERIALS
FROM EXPOSURE TO HIGH TEMPERATURES AND OPEN FLAMES**

С.Н. УЛЬЕВА¹, А.Л. НИКИФОРОВ¹, В.Е. РУМЯНЦЕВА^{1,2}, И.А. ЛЕГКОВА¹, И.Ю. ШАРАБАНОВА¹

S.N. ULYEVA¹, A.L. NIKIFOROV¹, V.E. RUMYANTSEVA^{1,2}, I.A. LEGKOVA¹, I. YU. SHARABANOVA¹

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

²Ивановский государственный политехнический университет)

(¹Ivanovo Fire and Rescue Academy of the SFC of EMERCOM of Russia,

²Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: jivotjagina@mail.ru; anikiforoff@list.ru, varrym@gmail.com,
legkovai@mail.ru, sharabanova@bk.ru

Представленная работа посвящена изучению пожароопасных свойств материалов на основе целлюлозы. Проанализирована эффективность защиты огнезащитными составами. Подчеркнута важность обоснованного выбора способа придания тканям свойств, защищающих от воздействия открытого пламени и воздействия высоких температур, с учетом функционального назначения изделий, выполненных из этих материалов. Огнезащитные пропитки делают ткани негорючими, но такая обработка защищает ткань, а не человека. Огнезащитные составы, в большинстве из которых входят соли, оказывают существенное влияние на теплоизолирующие свойства ткани. Обработанные антипиренами ткани обладают более высокой теплопроводностью, чем необработанные, т. е. при высокотемпературном внешнем воздействии такие ткани не будут препятствием для тепловых потоков, что является причиной ожогового травматизма. Огнезащита текстильных материалов должна осуществляться с учетом их последующего функционального назначения.

The presented work is devoted to the study of the fire-hazardous properties of cellulose-based materials. The effectiveness of protection with flame retardants is analyzed. The importance of a reasonable choice of a method for giving fabrics properties that protect against exposure to open flames and exposure to high temperatures, considering the functional purpose of products made of these materials, is emphasized. Flame-retardant impregnations make fabrics incombustible, but this

treatment protects the fabric, not the person. Flame retardants, most of which include salts, have a significant effect on the thermal insulation properties of the fabric. The fabrics treated with flame retardants have a higher thermal conductivity than untreated ones, i.e. with high-temperature external exposure, such fabrics will not be an obstacle to heat flows, which is the cause of burn injuries. Fire protection of textile materials should be carried out taking into account their subsequent functional purpose.

Ключевые слова: текстильные материалы, целлюлоза, огнезащита, горючесть, термодеструкция.

Keywords: textile materials, cellulose, fire protection, combustibility, thermal degradation.

Разработка материалов для изготовления специальной защитной одежды, тентов, палаток и других изделий является важной современной задачей, решением которой на протяжении длительного времени занимаются различные авторские коллективы. Уже сегодня выпускается широкий спектр сертифицированных по ГОСТ тентовых материалов, а также швейных изделий, категорируемых как защитная или специальная одежда. Еще больше подобных изделий выпускается по действующим техническим условиям (ТУ). Особый интерес представляют изделия, которые должны среди множества эксплуатационных характеристик обладать пониженной пожарной опасностью – не гореть и не распространять пламя по поверхности. Для решения данной проблемы в [1...5] предлагается использовать текстильные материалы из различных волокон, которые для придания им свойств негорючести обрабатываются огнезащитными составами. Остановимся подробнее на рассмотрении специальной одежды для работников горячих цехов, газосварщиков, пожарных. Здесь в качестве основного материала в бюджетном ценовом сегменте превалируют брезенты с огнезащитной обработкой (рис. 1). Если подходить логически, то основная функция данных изделий заключается в обеспечении защиты человека от ожогового травматизма. Однако оценим, как это выглядит на практике и насколько обеспечивается защита человека.



Рис. 1

Когда речь заходит о создании материалов для рабочей одежды работников горячих цехов, работников пожарной охраны, то основное, на что делается упор, – это придание тканям свойств негорючести и устойчивости к воздействию высоких температур и открытого пламени. Огнезащитные обработки делают ткани негорючими. При этом абсолютно упускается из виду вопрос о непосредственной защите человека. Речь идет о защите ткани, а не человека.

Огнезащитные пропитки, в состав большинства из которых входят соли, оказывают существенное влияние на теплоизолирующие свойства ткани. Обработанные антипиренами ткани обладают более высокой теплопроводностью, чем необработанные, т. е. при высокотемпературном внешнем воздействии такие ткани не будут препятствием для тепловых потоков, что может стать причиной ожогового травматизма. Но и это еще не все. Такие обработки не изменяют свойств волокнообразующего полимера, а лишь блокируют его от контакта с окислителем – кислородом воздуха, исключая таким образом пламенное горение материала. При этом термодеструкция и пиролиз под действием внешних высокотемпературных потоков не исключаются, причем деструкция волокнообразующего полимера будет происходить с более высокой скоростью, что обусловлено увеличением коэффициента теплопроводности материала, обработанного антипиреном. Таким образом, можно сделать вывод, что такие обработки не способствуют созданию материалов, предназначенных для изготовления защитной одежды, т. к. не способны защитить человека от травматизма [6, 7].

Известен ряд методов огнезащиты текстильных изделий, обеспечивающих устойчивость отделки к мокрым обработкам. Сущность метода представлена в табл. 1. В данном случае свободное пространство внутри и вокруг волокна заполняется полимером или высокомолекулярным соединением, которое затем под действием термообработки в присутствии катализатора переводится в нерастворимое соединение либо вступает в химическую связь с целлюлозой, переводя ее в негорючее состояние.

Химическая модификация целлюлозы в данном случае позволяет надеяться на то, что новый полимер будет обладать более высокой термостойкостью, что благоприятно скажется на устойчивости готовой ткани к термодеструкции. Нами проведена оценка изменения устойчивости смесовой хлопкополиамидной ткани, обработанной модифицирующим огнезащитным составом.

Однако, как показал опыт, такая огнезащитная обработка никак не влияет на термостойкость тканей, что подтверждается сравнением показателей термогравиметрических исследований исходной хлопкополиамидной (90/10) саржи и обработанной по технологии Пробан (рис. 2).

Т а б л и ц а 1

Технология нанесения огнезащитной отделки	Реакция «сшивки» (проникновения внутрь) 	Поверхностный способ 	Технология FRall 
Сырьевой состав ткани	100% хлопок	100% хлопок и смесовые ткани	100% хлопок и смесовые ткани
Уровень огнезащитных свойств	максимально высокий, увеличивается после стирок	высокий	высокий
Прочность и износостойкость	средняя	высокая	высокая
Экологичность	низкое содержание формальдегида	среднее содержание формальдегида	низкое содержание формальдегида

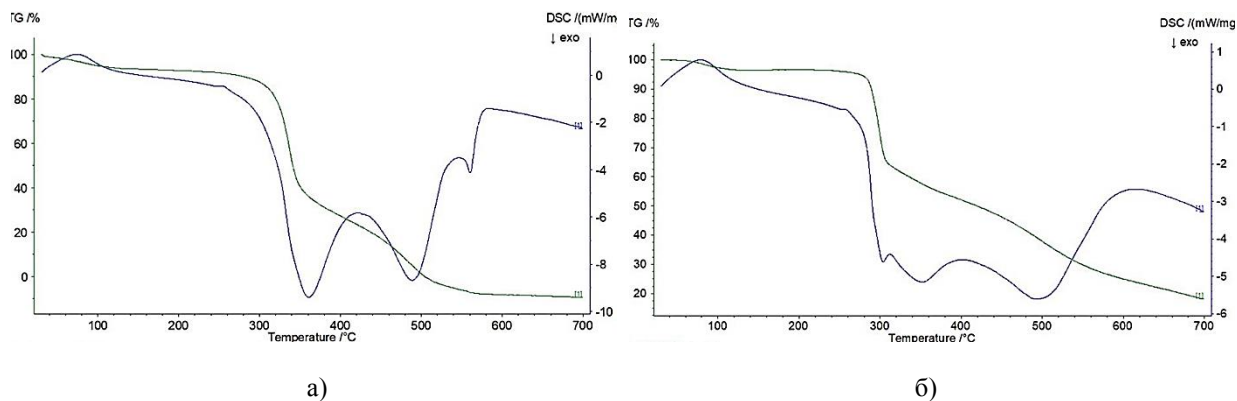


Рис. 2

И, наверное, самое важное – рассмотренные методы огнезащиты не защищают волокнообразующий полимер от термодеструкции. Более того, огнезащитные обработки ухудшают теплоизолирующие свойства тканей. Поэтому следует задуматься, где и для чего могут быть использованы такие ткани. Если только для выполнения требования придания свойств негорючести, результат достигнут, а вот с точки зрения теплофизики защитные функции таких материалов оставляют желать лучшего, и такие ткани не подходят для изготовления специальной защитной одежды, так как не способны защитить человека от ожогового травматизма. Соответственно, такие материалы могут использоваться для выпуска сертифицированных изделий, таких как декоративная обивка салонов и сидений транспортных средств. В случае же с производством рабочей одежды, которая не проходит жесткой сертификации, но к которой предъявляются требования по использованию негорючих материалов, мы имеем по факту негорючее изделие, которое основную функцию защиты не выполняет.

Совершенно иной подход к защите текстильных материалов основан на использовании интумесцентных покрытий. Данной проблеме посвящен ряд работ ученых Казанского национального исследовательского технологического университета (КНИТУ) [4, 5], Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России [8, 9], где предлагается использовать вспучивающийся состав в качестве огнезащиты текстиля. Данное направление имеет неплохие перспективы, но требует серьезной научной прора-

ботки. По сути, речь идет уже не о ткани в чистом виде, а о композиционном материале, который по своей структуре и свойствам соответствует искусственным кожам (рис. 3).

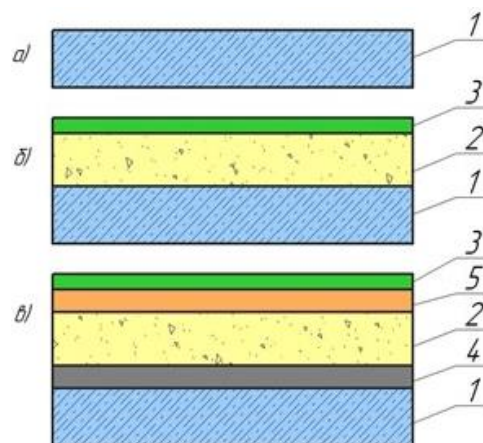


Рис. 3

В нашем случае мы имеем дело с двухслойным материалом, основу которого составляет тканый текстильный материал, на поверхность которого нанесена полимерная пленка, обладающая интумесцентными свойствами. Наиболее распространенным полимерным пленочным покрытием является ПВХ. Температура размягчения ПВХ-пленки на поверхности ткани составляет 100...110 °С, а ее плавления – 150...160 °С [10]. Выбор вспучивающегося агента должен удовлетворять указанным температурам и обеспечивать защиту ткани. Вспучивающиеся агенты подбираются с определенными температурами плавления и деструкции с таким расчетом, чтобы они реагировали в заданной последовательности, обеспечивая условия для целенаправлен-

ных превращений покрытия при воздействии открытого пламени [11].

Однако несмотря на имеющиеся публикации, посвященные огнезащите текстильных материалов с помощью интумесцентных составов, до сих пор остается ряд нерешенных вопросов, связанных с подбором пленкообразующих полимеров и вспучивающих агентов. Следует отметить, что подбор данных соединений должен осуществляться с учетом физико-химических и механических свойств защищаемой ткани. Первичные результаты по данному направлению были получены в работе В.Г. Спиридоновой [12].

Подводя итог и резюмируя сказанное, можно констатировать следующее: разработка технологических приемов обеспечения пожарной безопасности целлюлозных материалов и эффективных огнезащитных составов является важной и актуальной задачей современности. При этом внимание должно уделяться вопросам защиты данных материалов не только от горения, но и от термодеструкции. Огнезащита текстиля должна учитывать функциональное назначение изделий, выполненных из этих материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бешапошникова В.И., Микрюкова О.Н., Шустов Ю.С. Исследование свойств огнезащитных хлопколавсановых тканей для спецодежды // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2017. №6 (372). С. 90...93.
2. Selcen Kilinc F. (ed.). Handbook of fire resistant textiles. Woodhead Publishing Ltd., 2013. 704 p. – DOI: 10.1016/c2013-0-16161-2.
3. Константинова Н.И., Еремينا Т.Ю., Николаева Е.А., Альменбаев М.М. Особенности выбора огнезащитных составов для текстильных материалов // Пожаровзрывобезопасность. 2018. Т. 27, №9. С. 17...25.
4. Сабирзянова Р.Н., Красина И.В. Применение вспучивающего антипирена для придания материалам огнестойкости // Вестник технологического университета. 2014. Т.17, №19. С. 140...142.
5. Сабирзянова Р.Н., Красина И.В. Процесс получения вспучивающегося антипирена для пропитки текстильных материалов // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18, №11. С. 135...136.
6. Сорокин Д.В., Никифоров А.Л., Ульева С.Н. и др. Совершенствование теплозащитных свойств боевой одежды пожарного в местах крепления светоотра-

жающих элементов // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России (Современные проблемы гражданской защиты). 2018. №3 (28). С. 15...20.

7. Сорокин Д.В., Никифоров А.Л., Ульева С.Н. и др. Особенности тепломассообменных процессов в ходе эксплуатации боевой одежды пожарного // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2019. № 3. С. 168...172.

8. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г. Защитные вспучивающиеся составы для тканей технического назначения // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сб. мат. X Всерос. науч.-практ. конф. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2023. С. 483...487.

9. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г., Сорокин Д.В., Никифоров А.Л. Обоснование актуальных подходов к оценке пожароопасных свойств текстильных материалов и способов огнезащиты тканей различного функционального назначения // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 2 (47). С. 126...133.

10. Кузнецов Е.В., Прохорова И.П., Файзуллина Д.А. Альбом технологических схем производства полимеров и пластических масс на их основе. М.: Химия, 1976. 108 с.

11. Халтуринский Н.А., Крупкин В.Г. О механизме образования огнезащитных вспучивающихся покрытий // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20, № 10. С. 33...36.

12. Спиридонова В.Г. Исследование пожароопасных свойств текстильных материалов из целлюлозных волокон и совершенствование методов их оценки: дис. ... канд. техн. наук. Иваново, 2022. 171 с.

REFERENCES

1. Beshaposhnikova V.I., Mikryukova O.N., Shustov Yu.S. Research of the properties of cottondacron flameproof fabrics for workwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2017. №6 (372). P. 90...93.
2. Selcen Kilinc F. (ed.). Handbook of fire resistant textiles. Woodhead Publishing Ltd., 2013. 704 p. – DOI: 10.1016/c2013-0-16161-2.
3. Konstantinova N.I., Eremina T.Yu., Nikolaeva E.A., Almenbaev M.M. Features of the choice of flame retardants for textile materials // Fire and explosion safety. 2018. Vol. 27, No. 9. P. 17...25.
4. Sabirzyanova R.N., Krasina I.V. The use of a swelling flame retardant to make materials fire resistant // Bulletin of the Technological University. 2014. Vol. 17, №19. P. 140...142.
5. Sabirzyanova R.N., Krasina I.V. The process of obtaining a swelling flame retardant for impregnation of textile materials // Bulletin of the Technological University. 2015. Vol. 18, №11. P. 135...136.
6. Sorokin D.V., Nikiforov A.L., Uleva S.N., Sharabanova I.Yu., Tsikina O.G. Improvement of heat-protective properties of firefighter's combat clothing in places of attachment of reflective elements // Bulletin of the Voronezh Institute of GPS of the Ministry of Emergency

Situations of Russia (Modern problems of civil protection). 2018. № (28). P. 15...20.

7. Sorokin D.V., Nikiforov A.L., Uleva S.N., Sharabanova I.Yu., Rummyantseva V.E. Features of heat and mass-exchange processes in the operation of the fire fighting clothing // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2019. №3. P. 168...172.

8. Spiridonova V.G., Tsirkina O.G. Protective swelling compounds for technical fabrics // *Topical issues of improving engineering systems for ensuring fire safety of facilities: sat. mat. X All-Russian Scientific-practical conf. Ivanovo: IPSA of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2023*. P. 483...487.

9. Spiridonova V.G., Tsirkina O.G. Sorokin D.V., Nikiforov A.L. Substantiation of current approaches to assessing the fire-hazardous properties of textile materials and methods of fire protection of fabrics of various functional purposes // *Modern problems of civil protection*. 2023. №2 (47). P. 126...133.

10. Kuznetsov E.V., Prokhorova I.P., Fayzullina D.A. Album of technological schemes for the production of polymers and plastics based on them. M.: Chemistry, 1976. 108 p.

11. Khalturinsky N.A., Krupkin V.G. On the mechanism of formation of flame-retardant swelling coatings // *Fire and explosion safety*. 2011. Vol. 20, №10. P. 33...36.

12. Spiridonova V.G. Investigation of fire-hazardous properties of textile materials made of cellulose fibers and improvement of methods of their assessment. Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Ivanovo, 2022. 171 p.

Рекомендована кафедрой пожарной безопасности объектов защиты (в составе УНК «Государственный надзор») Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. Поступила 27.11.23