Н. И. КОНСТАНТИНОВА, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, ВНИИПО МЧС России (Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; e-mail: firelab_vniipo@mail.ru)

Т. Ю. ЕРЕМИНА, д-р техн. наук, профессор, старший научный сотрудник, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: main@stopfire.ru)

Е. А. НИКОЛАЕВА, главный технолог, Международный научный инновационный центр строительства и пожарной безопасности (Россия, 199155, г. Санкт-Петербург, ул. Уральская, 13, лит. И; e-mail: gl-technolog@stopfire.ru)

М. М. АЛЬМЕНБАЕВ, начальник кафедры пожарной профилактики, Кокшетауский технический институт Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан (Республика Казахстан, 020000, Акмолинская обл., г. Кокшетау, ул. Акана-Серы, 136; e-mail: make_kz1986@mail.ru)

УДК 661.174

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА ОГНЕЗАЩИТНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Проанализированы способы огнезащитной обработки текстильных материалов (ТМ) и химическая основа огнезащитных составов. Освещены вопросы, касающиеся снижения горючести, дымообразования и токсичности продуктов горения, изучения процесса термоокисления волокнообразующих полимеров, а также разработки оптимальных огнезащитных составов и методов их модификации. Представлена информация о параметрах и методах определения пожарной опасности ТМ различного функционального назначения и об области их применения. Изучена возможность разработки огнезащитного состава для тканей, не оказывающего негативного влияния на кожу человека при контакте. Приведены результаты исследований по выбору стабилизирующих соединений на основе карбамида, входящих в состав средства для пропитки ТМ и обеспечивающих их огнезащиту; проведена оценка эффективности их действия.

Ключевые слова: пожарная безопасность; огнезащитные пропитки; текстильные материалы; пожарная опасность текстильных материалов; горючесть; дымообразование; воспламеняемость.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.09.17-25

Введение

Текстильные материалы (ТМ) легко воспламеняются, быстро горят, имея значительную площадь охвата пламенем, при горении выделяют токсичные продукты горения и в большинстве своем обладают высокой дымообразующей способностью. В связи с этим в настоящее время значительное количество научных исследований посвящено проблеме разработки огнезащитных составов и технологии их нанесения, позволяющих снизить горючесть, дымообразование и токсичность продуктов горения, а также изучению процесса термоокисления волокнообразующих полимеров [1–4].

Достаточно высокая пожарная опасность ТМ при использовании в промышленности, строительстве и на транспорте обусловила необходимость разработки технических регламентов, отраслевых и государственных стандартов, регламентирующих допустимый уровень горючести текстильных материалов различного назначения и функционального использования, а также методов оценки параметров, определяющих их пожарную опасность.

Анализ научно-технической литературы за последнее десятилетие показал, что для создания огнезащищенных ТМ используются различные способы. В их число входит применение высокотемпературных волокнообразующих органических полимеров и неорганических волокон, различных типов эффективных замедлителей горения (ЗГ), которые используются в качестве аддитивных добавок в прядильные растворы или расплавы полимеров при формировании волокон, а также для обработки волокон и тканей с образованием на поверхности труднорастворимых соединений или для химической модификации волокон с образованием химических связей между ЗГ и макромолекулой волокнообразующего полимера [5–7].

Одним из направлений создания декоративно-отделочных ТМ пониженной горючести является поверхностная обработка их огнезащитными составами. Этот доступный метод огнезащитной обработки тканей или готовых изделий позволяет получать ткани как с долговременным огнезащитным эффектом, что делает ткань устойчивой к многократным

водным обработкам (в частности, стиркам, химчисткам), так и с разовым огнезащитным эффектом.

При этом важным практическим вопросом является изучение возможности разработки огнезащитного пропиточного состава для ткани, не оказывающего негативного влияния на кожу человека при контакте. Достаточно часто обивка мебели, кресел, а также постельные принадлежности, защитная одежда от тепла и пламени подвергаются огнезащитной поверхностной обработке, поэтому вполне правомерен вопрос об изучении воздействия ткани на кожу человека при контакте с ней в процессе эксплуатации. Следует отметить, что данная информация в отношении присутствующих в настоящее время на рынке огнезащитных пропиточных составов отсутствует или не подтверждена научными исследованиями.

Таким образом, целью настоящей статьи являлся поиск путей решения вопроса, связанного с разработкой огнезащитного состава, обеспечивающего одновременно эффективную огнезащиту, сохранение внешнего вида и свойств ткани, а также отсутствие раздражающего действия на организм человека. Для ее достижения решались следующие задачи: анализ существующих способов огнезащиты тканей и нормативных требований пожарной безопасности, предъявляемых к ТМ в зависимости от назначения и области их применения; проведение исследований по изучению возможности разработки таких рецептур ЗГ, которые бы исключили негативное воздействие ткани на кожу человека при контакте с ней в процессе эксплуатации.

Проблематика вопроса

Состав и структура текстильного материала являются основными параметрами, влияющими на его пожароопасные свойства, поскольку процесс термической деструкции у разных типов волокнообразующих полимеров различается. Выбор эффективных составов ЗГ и их способов нанесения определяется характером взаимодействия системы *замедлитель горения – полимер*.

Огнезащищенные ТМ, устойчивые к многократным стиркам и химчисткам, получают в основном путем введения в расплав волокна реакционных антипиренов на стадии его формирования. Например, для полиэфирных и вискозных волокон в промышленном масштабе преимущественно используют класс фосфоразотсодержащих органических соединений, проявляющих свое огнезащитное действие в конденсированной и газовой фазах. К числу наиболее известных огнезащищенных тканей зарубежных производителей, поступающих на российский рынок, относятся, например, ткани, состоящие из 100 % полиэфирного волокна Trevira CS (Германия)

или 100 % вискозного волокна Lenzing AG (Австрия) [7].

Текстильные материалы из указанных волокон широко применяются в качестве декоративных изделий в интерьере помещений, для изготовления обивки мягкой мебели, постельных принадлежностей, штор, портьер, занавесей на объектах, на которых к ним предъявляются требования пожарной безопасности.

В последнее время для разработки эффективных способов огнезащитной модификации текстильных материалов применяются также методы пропитки и плюсования с использованием дополнительных специальных воздействий на поверхность и структуру волокон в целях образования активных центров (свободных радикалов или реакционноспособных функциональных групп), обеспечивающих химическое взаимодействие модификатора с полимером волокна. К их числу могут относиться способы с использованием энергетически мощных физических полей: электрофизическая обработка в коронном тлеющем разряде в воздушной или другой газовой среде, высокочастотная плазменная обработка, фотохимическая обработка с использованием УФ-излучения, радиационная обработка пучком быстрых электронов и др. [8–11].

С практической точки зрения одной из актуальных задач остается выбор ЗГ для огнезащиты текстильных материалов из синтетических (например, полиэфир) или смешанных волокон, так как материалы на основе целлюлозы (вискозы) и полиэфира, отличаясь друг от друга химической структурой и строением, характеризуются различной устойчивостью к воздействию высоких температур.

Для эффективной огнезащиты ТМ в настоящее время продолжается разработка реакционноспособных средств и специальных технологий их нанесения. В частности, для эффективной огнезащиты ТМ с доминирующей полиэфирной составляющей в основном используются составы на основе моно- и бифункциональных фосфоразотсодержащих соединений, которые не только принимают участие в модифицировании хлопковой составляющей, но и оказывают существенное влияние на пиролиз термопластичного полимера и ингибирование его терморазложения [12].

Для изготовления декоративных изделий все шире применяются ткани из смешанных волокон с различным их соотношением. Выбор оптимальных соотношений волокон (термостойких, огнезащищенных хлопчатобумажных и полиэфирных, шерстяных, вискозных) в композиции ТМ позволяет получать материалы не только пониженной пожарной опасности, но и с высокими эксплуатационными свойствами.

Наиболее широкое распространение получили методы огнезащитной пропитки (обработки) текстильных материалов, реализуемые как в промышленном масштабе, так и непосредственно на объектах для обработки текстильных изделий. В основном для этого на практике применяются составы на основе ортофосфорной кислоты и одного из азотсодержащих соединений — дициандиамида, карбамида, меламина, гуанидина и т. д. [12]. Используются они чаще всего для обработки целлюлозосодержащих тканей, в том числе предназначенных для защитной рабочей одежды, подверженной термическим рискам. Как правило, такой специальный вид огнезащитной обработки включает процессы сушки, термообработки и промывки материала. Указанные ЗГ образуют на поверхности текстильного материала труднорастворимые соединения, которые при термическом окислении в свою очередь образуют карбонизованный слой, в известной степени затрудняющий выход горючих газообразных продуктов горения.

Однако существенным недостатком огнезащищенных таким способом материалов нередко является постепенная миграция ЗГ на поверхность ТМ, что приводит к ухудшению не только внешнего вида ткани и ее свойств, но и с большой вероятностью может оказывать воздействие на кожные покровы человека, нередко вызывая покраснение, раздражение и жжение.

Кроме того, применяемые на российском рынке огнезащитные составы для поверхностной обработки ТМ, как правило (согласно информации, представленной в сертификатах соответствия требованиям пожарной безопасности), обеспечивают устойчивость тканей к воспламенению, но сведения о дымообразующей способности и токсичности продуктов термического разложения в сертификатах отсутствуют.

Между тем свойства пожарной опасности обработанных огнезащитными средствами ТМ не только являются составляющими опасных факторов пожара, но и могут оказывать негативное влияние на окружающую среду.

В связи с этим, несмотря на достаточно хорошо изученное направление по развитию представлений о горении ТМ, созданию ТМ пониженной пожарной опасности, продолжают проводиться научные исследования по разработке эффективных ЗГ, лишенных указанных недостатков.

Методологическая база оценки пожарной опасности ТМ

Объективность результатов оценки эффективности огнезащиты ТМ зависит от правильности выбора методов их испытаний и контроля, установ-

ленных требованиями нормативных документов в зависимости от их функционального назначения и области использования.

Таким образом, при определении номенклатуры показателей, необходимых для оценки пожарной опасности огнезащищенных декоративно-отделочных ТМ, следует обязательно учитывать реальные условия их эксплуатации и функциональное назначение, а также область использования.

В таблице приведена основная информация о параметрах и методах определения пожарной опасности ТМ различного функционального назначения и области их применения. Как следует из представленных данных, нормативные требования различаются между собой, поэтому при оценке эффективности огнезащиты ТМ и изделий из них это необходимо учитывать [13, 14].

В связи с этим возникает необходимость уже на стадии разработки огнезащитных составов для поверхностной обработки и выбора технологии их нанесения принимать во внимание состав и свойства защищаемого ТМ, его функциональное назначение, а также эксплуатационные требования к изделию.

Немаловажным аспектом в области разработки средств огнезащиты для ТМ методом поверхностной обработки являются также вопросы объективной оценки их эффективности на объектах.

Результаты и их обсуждение

Наряду с обеспечением требуемого уровня пожарной безопасности огнезащищенных текстильных материалов и изделий, необходимо учитывать их санитарно-гигиенические свойства. Существующая практика гигиенической оценки материалов согласно Санитарным правилам и нормам 2.1.2.729–99 (СанПиН) предусматривает в основном определение общего токсикологического эффекта воздействия на дыхательные пути человека выделяющихся летучих компонентов и не учитывает возможное раздражающее действие огнезащищенного ТМ на кожу человека при непосредственном соприкосновении с ней.

В качестве одного из путей решения задачи по разработке огнезащитного пропиточного средства для обработки ткани, контактирующей при эксплуатации с кожей человека, авторами было предложено использовать в огнезащитном составе, наряду с фосфорсодержащими соединениями, соединения на основе карбамидов. Однако известно, что существенным недостатком мочевины является ее нестабильность: со временем она разлагается с выделением аммиака, что приводит к раздражению кожных покровов. Поэтому были проведены исследования по изучению возможности предотвращения быстрого распада мочевины и нейтрализации образующе-

Основные нормативные требования пожаробезопасного использования декоративно-отделочных ТМ
Major regulatory requirements fire-safety use of decorative-finishing textile materials

№ п/п No.	Область применения Application area	Требования пожарной безопасности Fire safety requirements	Назначение Appointment	Методы испытаний Test methods	Показатели пожарной опасности Indicators of fire hazard
1	Строительство Building	ФЗ № 123, ст. 13 Federal Law No. 123, art. 13	Отделка потолков, стен, полов Finishing ceilings, walls, floors	ГОСТ 30402–96 GOST 30402–96	Воспламеняемость Inflammability
				ГОСТ 30244–94 GOST 30244–94	Горючесть Combustibility
				ГОСТ Р 51032–97 GOST R 51032–97	Распространение пламени Flame propagation
				ГОСТ 12.1.044–89, пп. 4.3, 4.18, 4.20 GOST 12.1.044–89, items 4.3, 4.18, 4.20	Коэффициент дымообразования и показатель токсичности продуктов горения Smoke generation coefficient and toxicity index of combustion products
		СП 4.13130, п. 5.3 Set of rules 4.13130, item 5.3	Сиденья кресел Seats of seats	ГОСТ Р 53294–09 GOST R 53294–09	Воспламеняемость Inflammability
				ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.20 GOST 12.1.044–89, item 4.20	Показатель токсичности продуктов горения Toxicity index of combustion products
		Правила противопожарного режима в РФ Rules of the fire regime in Russia	Декорации, сценическое выставочное оформление, драпировки Decorations, scenic exhibition decoration, draperies	ГОСТ Р 50810–95 GOST R 50810–95	Воспламеняемость Inflammability
				ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.20 GOST 12.1.044–89, item 4.20	Показатель токсичности продуктов горения Toxicity index of combustion products
2	Транспорт железных дорог и метрополитена Transport of railways and underground	ГОСТ Р 55183–12, НПБ 109–96 GOST R 55183–12, NPB 109–96	Внутренняя отделка вагонов Internal finishing of wagons	ГОСТ 12.1.044–89, пп. 4.3, 4.18, 4.19, 4.20 GOST 12.1.044–89, items 4.3, 4.18, 4.19, 4.20	Группа горючести твердых веществ и материалов, воспламеняемость, коэффициент дымообразования, индекс распространения пламени, показатель токсичности продуктов горения Group of combustibility of solids and materials, inflammability, smoke generation coefficient, flame propagation index, toxicity index of combustion products
3	Морские суда Marine vessels	Международный кодекс по применению процедур испытания на огнестойкость 2010 (Кодекс ПИО 2010) International Code for Application of Fire Test Procedures, 2010 (2010 FTP Code)	Вертикальные тканевые изделия. Мягкая мебель. Постельные принадлежности Vertical fabric products. Cushioned furniture. Beddress	Резолюция MSC.307(88), части 7, 8, 9 Resolution MSC.307(88), parts 7, 8, 9	Воспламеняемость Inflammability
4	Речные суда River vessels	Правила классификации и постройки судов внутреннего плавания, 2008 Rules for Classification and Construction of Inland Navigation Vessels, 2008	Шторы, занавеси, обивка мягкой мебели Curtains, curtains, upholstery upholstered furniture	ГОСТ Р 50810–95 GOST R 50810–95 ГОСТ 12.1.044–89, пп. 4.18, 4.19, 4.20 GOST 12.1.044–89, items 4.18, 4.19, 4.20	Воспламеняемость Inflammability Коэффициент дымообразования, показатель токсичности продуктов горения, индекс распространения пламени Smoke generation coefficient, toxicity index of combustion products, flame propagation index

гося аммиака подбором стабилизаторов и буферных растворов. Для этого был использован опыт применения при производстве косметических и лекарственных средств [15–20], содержащих кислоты, специальных веществ — лактонов, обладающих многими свойствами нециклических сложных эфиров или буферных растворов, стабилизирующих распад мочевины [21, 22].

В ходе экспериментов в 30 %-ные водные растворы карбамида добавляли различные концентрации лактонов, для того чтобы оценить изменение водородного показателя (рН) раствора. Образцы хранили при температуре 45 °С в течение 90 сут, с периодическими замерами рН и активности мочевины. Результаты исследований показали, что все растворы с добавлением лактонов сохраняли уровень рН раствора от 5,5 до 7,0, что является достаточным показателем для эффективного огнезащитного действия средства.

Были проведены также сравнительные опыты с растворами мочевины без содержания лактонов. При этом их водородный показатель рН с течением времени заметно увеличивался: через 9 сут с момента начала эксперимента рН раствора достигал уровня 8,5, через 18 сут — 8,8, а через 45 сут — более 9,5, что доказывает наличие процесса распада карбамида. Это обстоятельство подтверждалось ощутимым запахом аммиака у данных проб. Следует отметить, что у растворов, содержащих лактон, запах аммиака отсутствовал, что свидетельствует о стабильном состоянии карбамида.

Интересны результаты исследований водных растворов с 50 %-ным содержанием карбамида и добавлением лактонов и буферных растворов в зависимости от изменения температуры. Опыты показали, что скорость изменения рН растворов с увеличением температуры хранения возрастает. Например, значения рН образцов растворов, хранившихся при температуре 45 °С, достигали уровня рН образцов, хранившихся при температуре 37 °С, в 2–3 раза быстрее, а хранившихся при комнатной температуре, еще быстрее.

Таким образом, ткани, обработанные водным огнезащитным составом, включающим фосфорсодержащие соединения и карбамид при дополнительном содержании лактонов и буферного раствора, при определенных оптимальных соотношениях и технологии соединения компонентов могут не только удовлетворять требованиям пожарной безопасности, но и длительное время контактировать с кожей человека, не вызывая ее раздражения.

Изготовление экспериментальных партий огнезащитного состава предусматривало различную последовательность операций введения компонентов в водный раствор и установление их температурных

режимов, что позволило в результате проведения многочисленных опытов получить оптимальные характеристики средства и процесса его приготовления.

Согласно разработанной технологии получения огнезащитного состава сначала нагревают воду до 50–60 °С, вводят лактон и перемешивают раствор до его полного растворения. Затем постепенно вносят карбамид и фосфорсодержащий ЗГ, после чего добавляют заранее приготовленный буферный раствор (в данном случае на основе лимонной кислоты) и перемешанную смесь охлаждают до 20–22 °С. При такой технологии приготовления средства наблюдалось минимальное выделение аммиака и уровень рН раствора находился в пределах 6–8.

Приготовленный таким образом огнезащитный состав в готовом виде представляет собой прозрачную жидкость, с массовой долей нелетучих компонентов 15 %, которая наносится на ТМ различными способами — кистью, валиком, погружением или опрыскиванием. Процесс сушки обработанного материала может проходить при комнатной температуре, т. е. при естественных условиях, а расход средства для достижения эффекта огнезащиты зависит от типа и поверхностной плотности ткани и структуры материала и составляет от 100 до 500 г/м².

По результатам оценки устойчивости к воспламенению обработанные огнезащитным составом целлюлозосодержащие ткани по методике ГОСТ Р 50810 классифицируются как трудновоспламеняющиеся при незначительной степени повреждения по длине (менее 45 мм).

Выводы

В результате проведенных аналитических исследований показана необходимость учета требований пожарной безопасности, предъявляемых к огнезащищенным ТМ в зависимости от назначения и области их применения.

Одним из эффективных ЗГ для целлюлозосодержащих полимерных волокнистых систем являются водные растворы фосфоразотсодержащих соединений, поэтому авторами были разработаны рецептуры на основе соединений карбамида и фосфорсодержащих соединений, позволяющие получать трудновоспламеняющиеся композиции ТМ с доминирующей хлопковой составляющей.

Установлена возможность применения в составе для пропитки ТМ стабилизаторов на основе карбамида — лактонов и буферных растворов лимонной кислоты, осуществлен выбор их оптимального количества для увеличения времени распада карбамида и тем самым в значительной степени снижен выход аммиака — одного из раздражающих кожные покровы человека компонентов огнезащитных составов.

На основании полученных экспериментальных данных следует, что дальнейшая работа по модификации огнезащитного состава на основе соединений карбамида и подбору стабилизаторов для обработки декоративно-отделочных ТМ с возможным

контактом с кожей человека является одним из возможных путей решения задачи по созданию эффективных средств огнезащиты, соответствующих требованиям нормативных документов в области пожарной безопасности и санитарной гигиены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перепелкин К. Е. Химические волокна: развитие производства, методы получения, свойства, перспективы. — СПб. : Изд-во СПГУТД, 2008. — 354 с.
2. Selcen Kilinc F. (ed.). Handbook of fire resistant textiles. Woodhead Publishing Ltd., 2013. — 704 p. DOI: 10.1016/c2013-0-16161-2.
3. Баратов А. Н., Константинова Н. И., Молчадский И. С. Пожарная опасность текстильных материалов. — М. : ВНИИПО, 2006. — 272 с.
4. Бесшапошникова В. И., Микрюкова О. Н., Шустов Ю. С. Исследование свойств огнезащищенных хлопколавсановых тканей для спецодежды // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2017. — № 6(372). — С. 90–93.
5. Besshaposhnikova V. I., Zagoruiko M. V., Pulina K. I. Method for fire protection of wool-containing cloths for special clothing // Fibre Chemistry. — 2013. — Vol. 44, No. 6. — P. 368–371. DOI: 10.1007/s10692-013-9462-8.
6. Pulina K. I., Besshaposhnikova V. I. Fire-retardant features of wool-containing multi-component cloths for special clothing // Fibre Chemistry. — 2013. — Vol. 45, No. 1. — P. 25–30. DOI: 10.1007/s10692-013-9475-3.
7. Зубкова Н. С., Константинова Н. И. Огнезащита текстильных материалов. — М. : Институт информационных технологий, 2008. — 228 с.
8. Хвала А., Ангер В. Текстильные вспомогательные вещества : в 2 т. — М. : Легпромбытиздат, 1991. — Т. 2. — С. 147–171.
9. Константинова Н. И., Семибратова И. С., Терешина Н. А., Шашков А. О. Текстильные материалы пониженной пожарной опасности для судостроения // Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. — 2016. — № 44-45. — С. 69–74.
10. Бесшапошникова В. И. Особенности огнезащиты текстильных материалов под воздействием лазерного излучения // Химические волокна. — 2012. — № 2. — С. 18–22.
11. Бычкова Е. В., Панова Л. Г. Взаимодействие замедлителей горения с вискозным волокном // Химические волокна. — 2013. — № 6. — С. 27–32.
12. Зубкова Н. С. Полимерные материалы пониженной пожарной опасности. — М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2004. — 198 с.
13. Troitzsch J. Plastics flammability handbook. Principles, regulations, testing, and approval. — 3rd ed. — Munich : Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2004. — 774 p. DOI: 10.3139/9783446436695.
14. Смирнов Н. В., Константинова Н. И., Семибратова И. С., Терешина Н. А., Поединцев Е. А. Комплексная оценка пожарной опасности текстильных и кожевенных материалов : рекомендации. — М. : ВНИИПО, 2014. — 28 с.
15. Weil E. D., Levchik S. V. Flame retardants in commercial use or development for textiles // Flame Retardants for Plastics and Textiles. — Munich : Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2015. — P. 265–302. DOI: 10.3139/9781569905791.011.
16. Гузев К. С., Желтовская О. Л., Ноздрин В. И. Мазь Уродерм, содержащая 30 % мочевины, отечественный лекарственный препарат, повышающий влажность сухой кожи // Дерматология в России. — 2017. — № S1. — С. 42.
17. Borelli C., Bielfeldt S., Borelli S., Schaller M., Korting H. C. Cream or foam in pedal skin care: towards the ideal vehicle for urea used against dry skin // International Journal of Cosmetic Science. — 2011. — Vol. 33, No. 1. — P. 37–43. DOI: 10.1111/j.1468-2494.2010.00576.x.
18. Grether-Beck S., Felsner I., Brenden H., Kohne Z., Majora M., Marini A., Jaenicke T., Rodriguez-Martin M., Trullas C., Hupe M., Elias P. M., Krutmann J. Urea uptake enhances barrier function and antimicrobial defense in humans by regulating epidermal gene expression // Journal of Investigative Dermatology. — 2012. — Vol. 132, No. 6. — P. 1561–1572. DOI: 10.1038/jid.2012.42.
19. Филимонкова Н. Н., Бахлыкова Е. А. Топический глюкокортикостероид и 2 % мочевины — новое средство наружной терапии хронических дерматозов // Клиническая дерматология и венерология. — 2015. — Т. 14, № 6. — С. 35–40.

20. Sun H., Jiang X., Shen Y., Chen C. The improvement of dyeability of flax fibre by urea treatment // *Pigment & Resin Technology*. — 2011. — Vol. 40, No. 1. — P. 36–41. DOI: 10.1108/03699421111095928.
21. Björklund S., Engblom J., Thuresson K., Sparr E. Glycerol and urea can be used to increase skin permeability in reduced hydration conditions // *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. — 2013. — Vol. 50, No. 5. — P. 638–645. DOI: 10.1016/j.ejps.2013.04.022.
22. Li S. K., Higuchi W. I., Kochambilli R. P., Zhu H. Mechanistic studies of flux variability of neutral and ionic permeants during constant current DC iontophoresis with human epidermal membrane // *International Journal of Pharmaceutics*. — 2004. — Vol. 273, No. 1-2. — P. 9–22. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2003.12.009.

Материал поступил в редакцию 6 июля 2018 г.

Для цитирования: Константинова Н. И., Еремина Т. Ю., Николаева Е. А., Альменбаев М. М. Особенности выбора огнезащитных составов для текстильных материалов // *Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety*. — 2018. — Т. 27, № 9. — С. 17–25. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.09.17-25.

English

SPECIAL ASPECTS OF FIRE RETARDANT COMPOSITION SELECTION FOR TEXTILE MATERIALS

KONSTANTINOVA N. I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; e-mail: firelab_vniipo@mail.ru)

EREMINA T. Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: main@stopfire.ru)

NIKOLAEVA E. A., Chief Technologist of International Scientific Innovation Center for Construction and Fire Safety (Uralskaya St., 13, lit. I, Saint Petersburg, 199155, Russian Federation; e-mail: gl-technolog@stopfire.ru)

ALMENBAEV M. M., Head of Fire Prevention Department, Kokshetau Technical Institute, Committee of Emergency Situations of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Kazakhstan (Akana-Sery St., 136, Kokshetau, 020000, Republic of Kazakhstan; e-mail: make_kz1986@mail.ru)

ABSTRACT

Introduction. In order to reduce the fire hazard of textile materials (TM), scientific research is being carried out for the development of various methods of their fire protection. One of the directions in the field of decorative finishing TM with reduced flammability is their surface treatment with fire retardant compositions. Along with the development of fire retardants for TM, it is quite legitimate to study the effects of tissue on human skin, when in contact.

Methods. At the stage of development of fire retardant compositions for surface treatment and the choice of the technology of their application, it is necessary to take into account the functional purpose of the TM, the scope of application and operational requirements.

Discussion. In developing a fire retardant composition for surface treatment of TM that are in contact with human skin, the authors proposed the use of a number of phosphorus-containing compounds, which are effective fire retardants. However, a significant disadvantage of such compounds is their instability, decomposition and dissociation over time, which leads to irritation of the skin in direct contact with the material. Therefore, research has been carried out and optimal chemical compositions of stabilizers, buffer solutions and their ratios in the fire retardant have been selected. Their use for surface treatment of TM on a cellulosic basis makes the TM resistant to ignition and does not adversely affect the skin of a person in direct contact.

Conclusions. Based on the experimental data obtained, it follows that one of the possible ways to solve the problem of developing effective fire protection means that meet the requirements of

normative documents in the field of fire safety and sanitary hygiene may be modification of compounds based on carbamide compounds with the selection of appropriate stabilizers and buffer solutions.

Keywords: fire safety; fire retardant impregnation; textile materials; fire danger of textile materials; combustibility; smoke generation; inflammability.

REFERENCES

1. Perepelkin K. E. *Khimicheskiye volokna: razvitiye proizvodstva, metody polucheniya, svoystva, perspektivy* [Chemical fibers. Development of production, methods of production, properties, prospects]. Saint Petersburg, Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design Publ., 2008. 354 p. (in Russian).
2. Selcen Kilinc F. (ed.). *Handbook of fire resistant textiles*. Woodhead Publishing Ltd., 2013. 704 p. DOI: 10.1016/c2013-0-16161-2.
3. Baratov A. N., Konstantinova N. I., Molchadskiy I. S. *Pozharnaya opasnost tekstilnykh materialov* [Fire hazard of textile materials]. Moscow, VNIPO Publ., 2006. 272 p. (in Russian).
4. Besshaposhnikova V. I., Mikryukova O. N., Shustov Yu. S. Research of the properties of cottodacron flameproof fabrics for workwear. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti / News of Higher Educational Institutions. Technology of Textile Industry*, 2017, no. 6(372), pp. 90–93 (in Russian).
5. Besshaposhnikova V. I., Zagoruiko M. V., Pulina K. I. Method for fire protection of wool-containing cloths for special clothing. *Fibre Chemistry*, 2013, vol. 44, no. 6, pp. 368–371. DOI: 10.1007/s10692-013-9462-8.
6. Pulina K. I., Besshaposhnikova V. I. Fire-retardant features of wool-containing multi-component cloths for special clothing. *Fibre Chemistry*, 2013, vol. 45, no. 1, pp. 25–30. DOI: 10.1007/s10692-013-9475-3.
7. Zubkova N. S., Konstantinova N. I. *Ognezashchita tekstilnykh materialov* [Fire protection of textile materials]. Moscow, Institute of Information Technologies Publ., 2008. 228 p. (in Russian).
8. Khvala A., Anger V. *Tekstilnyye vspomogatelnyye veshchestva* [Textile auxiliary substances]. Moscow, Legprombytizdat, 1991, vol. 2, pp. 147–171 (in Russian).
9. Konstantinova N. I., Semibratova I. S., Tereshina N. A., Shashkov A. O. Low fire hazard textile materials for shipbuilding. *Nauchno-tekhnicheskii sbornik Rossiyskogo morskogo registra sudokhodstva / Research Bulletin by Russian Maritime Register of Shipping*, 2016, no. 44–45, pp. 69–74 (in Russian).
10. Besshaposhnikova V. I. Theoretical justification for the fire-protection modification of textiles through the action of laser radiation. *Fibre Chemistry*, 2012, vol. 44, no. 2, pp. 90–94. DOI: 10.1007/s10692-012-9405-9.
11. Bychkova E. V., Panova L. G. Reaction of fire retardants with viscose fiber. *Fibre Chemistry*, 2014, vol. 45, no. 6, pp. 356–362. DOI: 10.1007/s10692-014-9542-4.
12. Zubkova N. S. *Polimernyye materialy ponizhennoy pozharnoy opasnosti* [Polymeric materials of low fire danger]. Moscow, A. N. Kosygin Moscow State Textile University Publ., 2004. 198 p. (in Russian).
13. Troitzsch J. *Plastics flammability handbook. Principles, regulations, testing, and approval*. 3rd ed. Munich, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2004. 774 p. DOI: 10.3139/9783446436695.
14. Smirnov N. V., Konstantinova N. I., Semibratova I. S., Tereshina N. A., Poyedintsev E. A. *Kompleksnaya otsenka pozharnoy opasnosti tekstilnykh i kozhevnykh materialov. Rekomendatsii* [Integrated assessment of the fire hazard of textile and leather materials. Recommendations]. Moscow, VNIPO Publ., 2014. 28 p. (in Russian).
15. Weil E. D., Levchik S. V. Flame retardants in commercial use or development for textiles. In: *Flame Retardants for Plastics and Textiles*. Munich, Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2015, pp. 265–302. DOI: 10.3139/9781569905791.011.
16. Guzev K. S., Zheltovskaya O. L., Nozdrin V. I. Ointment Uroderm containing 30 % of urea, a domestic medicinal product that increases the moisture of dry skin. *Dermatologiya v Rossii / Dermatology in Russia*, 2017, no. S1, p. 42 (in Russian).
17. Borelli C., Bielfeldt S., Borelli S., Schaller M., Korting H. C. Cream or foam in pedal skin care: towards the ideal vehicle for urea used against dry skin. *International Journal of Cosmetic Science*, 2011, vol. 33, no. 1, pp. 37–43. DOI: 10.1111/j.1468-2494.2010.00576.x.
18. Grether-Beck S., Felsner I., Brenden H., Kohne Z., Majora M., Marini A., Jaenicke T., Rodriguez-Martin M., Trullas C., Hupe M., Elias P. M., Krutmann J. Urea uptake enhances barrier function and antimicrobial defense in humans by regulating epidermal gene expression. *Journal of Investigative Dermatology*, 2012, vol. 132, no. 6, pp. 1561–1572. DOI: 10.1038/jid.2012.42.

19. Filimonkova N. N., Bahlykova E. A. Topical glucocorticosteroid and 2 % urea as a new topical therapeutic agent used to treat chronic dermatoses. *Klinicheskaya dermatologiya i venerologiya / The Russian Journal of Dermatology and Venereology*, 2015, vol. 14, no. 6, pp. 35–40 (in Russian).
20. Sun H., Jiang X., Shen Y., Chen C. The improvement of dyeability of flax fibre by urea treatment. *Pigment & Resin Technology*, 2011, vol. 40, no. 1, pp. 36–41. DOI: 10.1108/03699421111095928.
21. Björklund S., Engblom J., Thuresson K., Sparr E. Glycerol and urea can be used to increase skin permeability in reduced hydration conditions. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2013, vol. 50, no. 5, pp. 638–645. DOI: 10.1016/j.ejps.2013.04.022.
22. Li S. K., Higuchi W. I., Kochambilli R. P., Zhu H. Mechanistic studies of flux variability of neutral and ionic permeants during constant current DC iontophoresis with human epidermal membrane. *International Journal of Pharmaceutics*, 2004, vol. 273, no. 1-2, pp. 9–22. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2003.12.009.

For citation: Konstantinova N. I., Eremina T. Yu, Nikolaeva E. A., Almenbaev M. M. Special aspects of fire retardant composition selection for textile materials. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 9, pp. 17–25 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.09.17-25.

Издательство «ПОЖНАУКА»

Г. И. Смелков, В. Н. Черкасов,
В. Н. Веревкин, В. А. Пехотиков, А. И. Рябилов

ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ во взрывопожароопасных зонах

Справочное пособие

Приводятся новые, отвечающие современной нормативной базе, требования по классификации горючих смесей и пожаровзрывоопасных зон; рекомендации по выбору и использованию оборудования, включая кабельные изделия во взрывопожароопасных зонах.

Издание предназначено для инженерно-технических работников, занимающихся проектированием и монтажом электроустановок, работников пожарной охраны и специалистов широкого профиля в качестве учебного пособия для подготовки и повышения квалификации в области пожаровзрывобезопасности электроустановок.

121352, г. Москва, а/я 6; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: info@fire-smi.ru