Р. Н. Сабирзянова, И. В. Красина

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ОГНЕСТОЙКИХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: текстильные материалы, огнестойкость, замедлители горения, фосфорсодержащие, азотсодержащие, термостабильность, арамидные волокна.

Рассмотрены методы снижения пожарной опасности текстильных материалов, замедлители горения различного состава, технологии разработки средств защиты от огня в нашей стране и за рубежом.

Key words: textile materials, fire retardants burning, phosphorus, nitrogen, thermal stability, aramid fibres.

The methods reduce fire hazard of textile materials, moderators combustion of different composition, technology of development of means of protection from fire in our country and abroad.

Обеспечение пожарной безопасности является важной государственной задачей. Текстильные материалы (ТМ) достаточно широко применяются во всех отраслях хозяйства, однако наряду с многочисленными достоинствами обладают повышенной пожарной опасностью. ТМ, в основе которых лежат легковоспламеняемые природные или химические полимерные волокна, быстро распространяют пламя по поверхности и являются источниками возгорания. Особенно возрастает риск возгорания с трагическими последствиями в местах массового пребывания людей - гостиницах, больницах, школах, детских учреждениях, железнодорожном транспорте, самолетах, автомобилях и др [1].

В мировом производстве отмечается рост емкости рынка огнестойких текстильных материалов. Так, если в 2010 году рынок защитной одежды вырос на 15%, то в 2012 году отмечен рост на 22%. Анализ производства тканей за 10 лет показывает, что до 2012 года для создания огнезащитной одежды в мире в основном использовались ткани из натуральных волокон, защитные эффекты которых определяются толщиной, весом и специальной пропиткой [2].

Учитывая сложность и многогранность проблемы обеспечения огнезащиты ТМ без потери ими функциональных свойств и ценовой доступности для широкого применения, представляется актуальной проблемой обосновать требования пожарной безопасности для выбора необходимого и достаточного уровня является актуальным наиболее эффективного способа и средства огнезащиты и контроля его качества с учетом предназначения материала.

На основании имеющихся литературных данных [3] оценку и изучение огнезащитных свойств текстильных материалов осуществляют несколькими методами: 1) определением воспламеняемости и скорости распространения пламени; 2) определением кислородного индекса; 3) калориметрическим определением; 4) исследованием процессов, протекающих в текстильных материалах при высоких температурах; 5) анализом дыма и токсических газов, выделяемых материалами при горении; 6) определение огне- и термозащитных свойств текстильных материалов специального назначения [4].

Такое разнообразие методов испытаний связано широким ассортиментом выпускаемых текстильных материалов и предъявляемыми к ним требованиями.

Основная задача, поставленная при создании тканей технического назначения - обеспечение необходимого комплекса свойств, в зависимости от области применения ткани. Решение данной задачи во многом зависит от рационального сочетания свойств выбранного исходного сырья, параметров строения ткани и технологии ее изготовления [5].

Для снижения пожарной опасности текстильных материалов используются замедлители горения различного состава - неорганические и органические вещества, среди них преобладают галоген- и фосфорсодержащие соединения. Мировая потребность в замедлителях горения составляет 500 тыс. т в год [6]. Немецкая фирма Хехст применяет различные фосфорсодержащие двухосновные спирты и кислоты, а также их эфиры для получения полиэфиров пониженной горючести [7,8].

Следующим способом снижения горючести синтетических волокнообразующих полимеров является использование стабилизаторов инертных замедлителей горения (ЗГ) - добавок аддитивного типа [9]. Применение ЗГ является наиболее распространенным и эффективным способом снижения горючести текстильных материалов. ЗГ аддитивного типа интересны для разработчиков волокон и тканей пониженной горючести тем, что их применение не обязательно непосредственно связано с производством полимеров. Такие добавки механически совмещаются с полимерным субстратом. Однако они способны экстрагироваться водой или моющими средствами, склонны к миграции, выпотеванию из материала [10]. В процессе старения горючесть таких волокон и тканей возрастает. ЗГ такого типа в большей степени влияют на физико-химические свойства и термостабильность получаемых волокон и тканей по сравнению с реакционноспособными. Эти недостатки являются причиной наблюдающейся тенденции к некоторому сокращению объема потребления инертных ЗГ по сравнению с реакционноспособными [11].

Среди инертных ЗГ ведущее место у неорганических веществ - оксидов, гидроксидов и солей

металлов, затем идут производные кислот фосфора и галогенсодержащие соединения [12,13]. Неорганические ЗГ более доступны и дешевы по сравнению с органическими, многие из них не летучи и образуют при разложении малотоксичные газы.

Несмотря на эффективность вышеперечисленных ЗГ, они, как уже отмечалось выше, не столь устойчивы в процессе эксплуатации волокон и тканей. Многие бромированные дифенилы неустойчивы к сухой чистке, но благодаря ограниченной растворимости в воде большинство из них относительно стойки к домашней стирке. Многие добавки подвержены экстракции из ПЭТФ волокон и тканей в процессе крашения. Однако часто ЗГ пластифицируют ПЭТФ волокно, понижая температуру его стеклования [14]. Для снижения горючести синтетических волокон и тканей представляет интерес применение огнезащитных пропиток и покрытий, т.е. поверхностная обработка уже готовых материалов [15]. Такая отделка предназначена для уменьшения вероятности возгорания материала при воздействии пламени, снижения горючести материала и токсичности продуктов горения. Примером такой обработки является нанесение покрытий на основе фторкаучука на полиамидные ткани [16]. Эти материалы предназначены для использования в особо жестких условиях. Чаще все же используют такой вид обработки, как пропитывание тканей. Однако материалы, аппретированные теми же ЗГ, что применяются в виде добавок, вводимых в расплав ПЭТФ и ПА, менее устойчивы к различным видам обработки (стирке, химчистке), чем их аналоги с добавками. Поэтому при поверхностном аппретировании полиэфирных волокон, тканей и пленок стремятся использовать реакционные ЗГ, способные переходить в нерастворимое состояние [17]. После пропитки подобными ЗГ материалы подвергают термообработке. В результате ЗГ претерпевают реакции поликонденсации или полимеризации. Их растворимость в воде и органических растворителях уменьшается [18].

Для изготовления обивочных и декоративных тканей и нетканых материалов разработаны огнезащищенные синтетические и искусственные волокна. Что касается текстильных материалов, используемых для изготовления спецодежды, то они должны обладать не только пониженной горючестью, но также достаточной прочностью и высокими гигиеническими показателями [19]. Этим требованиям удовлетворяют ткани, изготовленные из смеси целлюлозных волокон или шерстяной пряжи с синтетическим волокнами, в частности с полиэфирными, обработанными замедлителями горения [20].

Для придания огнезащитных свойств целлюлозным материалам и тканям из смеси целлюлозных и синтетических волокон используются следующие методы:

- 1) пропитка тканей растворами замедлителей горения (поверхностная обработка),
- 2) химическое модифицирование волокон и изделий из них,
- 3) введение замедлителей горения в расплав или формовочный раствор полимера [21].

Выбор того или иного метода в каждом конкретном случае определяется требуемой степенью огнезащиты и тем, насколько прочно сохраняются огнезащитные свойства после многократных водных обработок (стирок), уровнем достигаемых физико-механических свойств получаемых волокон и тканей, а также возможностями технологического и аппаратурного оформления процесса и технико-экономическими показателями [22].

Для огнезащиты текстиля в Германии используются составы: FR Cros 330, представляющий собой водную винилацетатную суспензию с полифосфат аммония, и FR 334 [23], включающий модифицированный полифосфат аммония. Огнезащитный эффект достигается при содержании 30-40% препарата в материале, но при этом ухудшаются физико-механические показатели и гриф тканей. Для закрепления замедлителя горения при пропитке в рабочую среду вводятся соединения, способные образовывать в процессе термообработки водонерастворимые полимеры [24]. Одновременно может происходить формирование химических связей между макромолекулой целлюлозы и образовавшимся полимером, что обуславливает устойчивость огнезащитного эффекта к мокрым обработкам. В качестве таких соединений обычно используются метилловые соединения или меламино-формальдегидные смолы. В СССР в промышленном масштабе был реализован метод поверхностной ткани с применением ортофосфорной кислоты и азотсодержащих соединений (дициандиамида, карбамида, меламина, гуанидина и т.п.) по этому способу ткань пропитывают водным раствором фосфорной кислоты и азотсодержащего соединения, а затем подвергают термообработке, в результате чего образуется труднорастворимая соль [25].

Созданием спецодежды, способной надежно защищать от взрывов, огня, обеспечивать теплоизоляцию, давно занимаются в научно-исследовательских лабораториях всего мира. В России самым распространенным средством защиты людей при сварочных работах, в металлургических цехах и даже при тушении пожаров были и остаются костюмы из сукна, брезента или спилка. Справедливо считается, что при работе с огнем натуральные материалы лучше защищают человека, чем полиэстер или смесовые ткани, которые почти моментально расплавляются и обжигают тело [26]. Но в наши дни на смену традиционным брезентовым костюмам с огнеупорными пропитками пришли новые, созданные по современным технологиям из новых материалов. Именно созданию качественно новых материалов сегодня уделяется особое внимание во всем мире. Во-первых, создаются огнеупорные и термостойкие хлопчатобумажные ткани со специальной обработкой. Во-вторых, развивается производство тканей на основе синтетических волокон, таких как арамиды, иногда - в сочетании с хлопком или вискозой. В-третьих, есть особые материалы для работы в условиях открытого пламени [27].

Хлопок издавна зарекомендовал себя как экологически чистый, антистатичный натуральный материал. Поэтому неслучайно именно на его осно-

ве известная во всем мире английская компания Albright&Wilson UK Limited внедрила в производство технологию создания огнестойких материалов – PROBAN [28]. Технология включает в себя следующие операции: обработку хлопчатобумажного полотна химическим веществом Proban, сушку, обработку полотна газом аммония по запатентованной технологии Albright&Wilson, окисление и конечную нейтрализацию.

На первой стадии производственного процесса молекулы химического вещества очень малы и мобильны, что облегчает их проникновение между волокнами хлопка и во внутренние микропространства самих волокон. Сушка удаляет лишнюю влагу и готовит материал к обработке газом аммония. Результатом этой обработки является образование полимера [29]. Конечное окисление и нейтрализация завершают закрепление связей внутри полимера и удаляют побочные продукты. Процесс образования полимера необратим. Полимер инертен и нерастворим, не вымывается при стирке и может быть удален только вместе с волокном при механическом трении [30].

Обычно потребителя интересует, насколько снижаются огнеупорные свойства пропитки при каждой чистке и стирке? Компания-изготовитель утверждает, что при правильной эксплуатации и чистке ткань сохранит свои свойства, пока "жива". Безусловно, от многократных стирок происходит медленное ослабление полимера и постепенное его удаление с хлопчатобумажных волокон. Но, как показали испытания, даже после 100 стирок оставшийся на ткани полимер полностью отвечает требованиям. Конечно, не следует стирать ткань с отбеливателями на основе хлоринола, так как они ослабляют структуру полимера. Не рекомендуется также при стирке в жесткой воде пользоваться порошками из чистого мыла, поскольку это ведет к появлению осадка вещества, содержащего легковоспламеняющиеся компоненты. Ткань следует стирать при температуре не выше 60 °С. Таковы общие рекомендации производителя. Да, недостатки у этой технологии есть, но и достоинства тоже очевидны [31]. Главное -ткань из натурального волокна антистатична, не вызывает аллергии, дышит и вообще представляет собой экологически чистый материал. В сочетании с огнеупорными пропитками, он отвечает требованиям защиты на многих производствах.

Разработкой средств защиты от огня с использованием разных технологий занимается еще одна известная компания - немецкая SchuemerSecan. Ею недавно создан материал Schuemer-SecanSecuro, состоящий на 98% из трудновоспламеняющегося Schuemer-Secan хлопка и на 2% - из легких нитей Naptex. И все же, при своих многочисленных плюсах, эта технология постепенно уступает место тканям на основе арамидных волокон [32].

В 70-е годы параллельно – в СССР и США - начались исследования, целью которых стало создание материалов на основе арамидных волокон. Можно долго спорить о том, кто первым изобрел новую технологию, сегодня же на первенство в этом вопросе претендует американская компания DuPont.

Хотя исследования и испытания проводились одновременно в нескольких американских компаниях и советских лабораториях, в частности, и во Всесоюзном научно-исследовательском институте Полимерных Волокон. Важнейшим результатом исследований в DuPont стало создание материала Kevlar на основе параарамидного волокна. Kevlar, как и его советский аналог СВМ [33,15], используется в самых разных целях: в бронежилетах для баллистической защиты от пуль и их осколков; для одежды, защищающей от тепловых воздействий, пламени и порезов; для производства канатов и тросов; при горных работах; при морской добыче нефти и газа; во фрикционных деталях и прокладках в качестве замены асбестовых волокон; в каучуковых составах, термоотверждаемых и термопластичных материалах с целью армирования; в клеях, герметиках и красках в качестве тиксотропной добавки; в промышленных тканях, лентах и нитках; в нетканых материалах и прочем [34].

Молекулы волокон Kevlar образуют длинные прямые цепи, делая любой материал в пять раз прочнее стали. В центре каждого молекулярного кластера лежит кольцо из шести атомов углерода, прочно соединенных между собой. Каждое углеродное кольцо окружено по периферии атомами кислорода, водорода и азота. В такие цепи соединяются тысячи молекул, образуя макромолекулу синтетического полимера.

Молекулярные цепи волокон Kevlar получаются из полипара-фенилентерефталамида. Несмотря на общую структуру волокон, существует несколько типов материала Kevlar, незначительно отличающихся по своим свойствам [35]. Kevlar поставляется заказчикам в виде комплексной нити, ровницы, штапеля, флока, пульпы и некоторых типов крученой пряжи и тканей. Если говорить об основных свойствах пара-арамидных волокон Kevlar, то, в зависимости от типа волокна, выделяют высокую прочность на растяжение (205-235 сН/текс), высокий модуль упругости (60-120 ГПа), прочность на разрыв (2900 -3320 МПа), малое относительное удлинение при разрыве (1,9-4,5%), стойкость к воспламенению, самогашение, отсутствие плавления, низкое дымовыделение, низкую термическую усадку и многое другое [36]. Важно, что Kevlar не поддерживает горение, но карбонизируется при температуре около 480⁰ С (покрывается коркой). Kevlar бывает только желтовато-золотистого цвета и не окрашивается. Под воздействием ультрафиолетовых лучей изначальный цвет может незначительно измениться и приобрести коричневатый оттенок.

Есть у волокна Kevlar и отечественный аналог -СВМ. Эта сверхмодульная нить была создана в 70-е годы [37]. Научно-исследовательский коллектив под руководством Г.И. Кудрявцева создал три типа арамидных волокон с высокими огнеупорными и термостойкими характеристиками: Терлон, СВМ и Армос. Нити СВМ, Армос и их аналоги были внедрены в производство, и несмотря на все кризисы, постигшие отечественную промышленность в 90-е годы, технологии их изготовления успешно развиваются [38].

Немаловажно, что, в отличие от Kevlar, нить СВМ рекомендуется и для создания тканей, из которых шьют спецодежду пожарникам и сварщикам. Ткани, изготовленные на основе нити СВМ, выпускаются в суровом виде, они, как и Kevlar, желтого цвета, но чуть темнее [39].

Особо высокими термическими и прочностными характеристиками отличается волокно Basofil, созданное компанией Basf. Это волокно хорошо подходит для огнестойкой одежды, оно выдерживает высокие температуры, имеет прекрасные теплоизолирующие свойства. Кроме того, волокно Basofil устойчиво к химикатам и жидким металлам. Овальная, «перекрестная» структура волокон, имеющих различную форму и размеры, позволяет задерживать воздух, укрепляя тем самым защиту от повышенных температур, пламени и электрошока. Волокно Basofil бывает нескольких разновидностей [40]. Например, Basofil в сочетании с пара-арамидом был специально разработан для спецодежды персонала, обслуживающего линии электропередач и трансформаторные станции. Basofil такого рода отличается механической прочностью и хорошими антистатическими характеристиками. А огнеупорные свойства у него даже лучше, чем у тканей из метараamidных волокон. Во время испытаний ткань Basofil показала один из лучших результатов на соответствие нормам EN 367. Basofil комбинируется также с вискозой или с хлопком. Но, пожалуй, наилучший результат и многофункциональность волокно показало в комбинации с пара-арамидом. Компания Basf рекомендует ткани своего производства для спецодежды, предохраняющей от повреждений при работе с электрической дугой, от попадания открытого пламени, от несчастных случаев при сварке, от брызг расплавленного металла, от конвективной теплоты, от радиоактивной теплоты, от воздействия химикатов и много другого, включая погодные условия [41,42].

В нашей стране требования, в полной мере обеспечивающие пожаробезопасное использование ТМ, отсутствуют. Существующие методы оценки характеристик пожарной опасности зачастую не содержат количественных критериев и классификации по степени пожарной опасности ТМ и эффективности используемых средств огнезащиты. Кроме того, отсутствует комплексный подход к исследованиям характеристик пожарной опасности, учитывающий функциональное назначение ТМ [43].

В целях подтверждения достоверности лабораторных испытаний, обоснования требований по уровню эффективной огнезащитности ТМ, необходима организация системы проведения крупномасштабных испытаний.

Вопросы контроля качества проведенных огнезащитных работ на ТМ [44], влияние мокрых и сухих чисток на сохранение огнезащитных свойств, влияние условий эксплуатации на состояние огнезащитных составов представляются важной составной частью обеспечения пожарной безопасности изделий из ТМ в целом [45]. Однако в настоящее время практически отсутствуют четко сформулированные технические требования, регламентирующие

эти процедуры. Поэтому решение проблемы контроля качества огнезащитной обработки ТМ на всех этапах функционирования представляется важной научно-практической задачей.

Литература

1. Сабирзянова Р.Н., Красина И.В. Модификация текстильных материалов низкотемпературной плазмой пониженного давления / Р.Н. Сабирзянова, И.В. Красина // Вестник Казанского технологического университета. №17. - 2012. - С.56.
2. Е.П. Лаврентьева. Сравнительный анализ свойств огнезащитных тканей различных способов производства // Швейная промышленность.-2012. №3.-С.40-41.
3. Э. А. Коломейцева, О.В. Сачков, Н.Г. Сиротов, А.П. Морыганов. Разработка и применение новых препаратов для огнезащитной и полужункциональной отделки технических тканей. Текстильная промышленность.-2007.№ 8.-С. 22-24.
4. С.М. Моштары, М.А. Заньянчи, О. Багхи. Особенности горения хлопчатобумажной ткани, пропитанной гидроксикарбонатом цинка в качестве замедлителя пламени // Физика горения и взрыва.- 2005. № 4.-С. 73-76.
5. Сабирзянова Р.Н., Красина И.В. Применение антипиренов для огнезащиты текстильных материалов / Р.Н. Сабирзянова, И.В. Красина // Вестник Казанского технологического университета. №23. - 2012. - С.151.
6. Пат. 2137607, Российская Федерация Журко А.В., Хелевин Р.Н.; опуб. 20.09.1999.
7. Пат. 2203996, Российская Федерация Журко А.В., опуб. 27.06.2010
8. Садыкова Ф.Х. Текстильное материаловедение и основы текстильного производства. М., Легкая индустрия. 1967. 270 с.
9. Федеральный закон о пожарной безопасности № 69-ФЗ от 21.12.94 г.
10. Айзешптейн Э.М., Ефремов В.Н., Шнайдер Р. Ретроспективный анализ состояния текстильного сырья в 2001 г. // Химические волокна. - 2003. - № 1.-С. 3-10.
11. Пожары и пожарная безопасность в 2002 г. Статистический сборник. - М.:ВНИИПО.-2003.-С.19.
12. Перепелкин К.Е. Горючесть текстиля, как одна из его важнейших характеристик // Лег. Пром Бизнес Директор. - 2001.- № 8. - С. 36-37.
13. Ксандопуло Г.И. Химия пламени. - М. Химия, 1980. - 256 с.
14. Wall L.A. In: Flammability of Solid Plastics, Wesport. - 1976. - Vol.7. - 323 p.
15. Эфрос Л.С., Ушевский Л.Е. Водородный показатель для критерия термостойких полимеров // Высокомолекулярные соединения. - 1975. - Т. 17Б. -№4.-С. 309-310.
16. Moos E.K., D.Y. Skinner. Modified losyanurate Foames. Part 2. // J. Cell.Plast.-1977.-Vol. 13,N4.-P. 276-280.
17. Fish R.H., Parker J.A. // J. Appl. Polymer Sci. Symposia. - 1973. - N 2. - P.22-24.
18. Vankrevelen D.W.//Polymer.-1975.-Vol. 16, N 8. - P. 615-621.
19. Асеева Р.М., Заиков Е.Г. Горение полимерных материалов.- М.: Наука,1981.280 с.
20. Horrosks A.R. Developments in flame retardants for heat and fire resistant textile- the role of char formation and intumescence // Pol. DegradandStab. -1996.-N54.-P. 143-154.
21. Влияние волокнистого состава пряжи на огнезащитные свойства тканей из смешанных волокон / Пузикова Н.П., Лукьянова В.А., Журавлева Н.В. и др. // Межвузовский сборник научных трудов. - М.: -1992. - С. 55-63.
22. Sposcker Oliver. Comfort combinet with protection // Fire. - 2002. - Vol. 94, N 1159.-P.22.

23. Перепёлкин К.Е. Структура и свойства волокон. - М.: Химия, 1985. - 208с.
24. Перепёлкин К.Е. Основные мировые тенденции в производстве и потреблении волокон // Текст, химия. Спец. выпуск РСХТК. - 2003. - № 1(21). - С. 31.
25. Методы получения текстильных материалов со специальными свойствами/ Козинда З.Ю., Горбачева И.Н., Суворова Е.Г., Сухова Л.М. - М.: Легпромбытиздат, 1988. - 112 с.
26. Тюганова М.А. Разработка теоретических основ огнезащиты волокнообразующих полимеров и технологии получения огнезащитенных текстильных материалов: Дисс. на соискание ученой степени д-ра хим. наук /:НПОХимволокно. -М., 1988. - 307 с.
27. Lyons J.W. The chemistry and uses of fire retardants, N.Y.: Wiley Intersci.,1970. -462 p.
28. Снижение горючести тканей из смеси хлопчатобумажной пряжи и полиэфирного волокна / Болодыен Г.И., Константинова Н.И., Зубкова Н.С., Бутылкина Н.Г. // Химическая технология. - 2001. - № 8. - С. 17-20.
29. Вогман Л.П., Скляренко Ж.В., Константинова Н.И. Новая бумага пониженной горючести // Бумажная промышленность. - 1984. - № 3.- С. 14.
30. Flammability of Fabric / Ed. C.J. Hilado. N.Y.: Technomic Publ. Co., 1974. -200 p.
31. Термо-, жаростойкие и негорючие волокна. / Под ред. Конкина А.А. - М.:Химия, 1978. 422 с.
32. Brenda J., Траек and John V. Beninate. Thermal Analyses of Flame Retardant Fibers Containing Cotton, Polyester and Wool // J. Appl. Polym. Sci. - 1986. -Vol. 32,N5.-P.945.
33. Vorater Monty. Ammonium polyphosphate - the multipurpose flame retardant //Spect.Chem. -1984. - Vol. 4, N 4. - P. 17-20.
34. A.RichardHorrocks, ShendZwang. Enhancind Flame Retardancy by Reactionwith Phosphorylated Polyols. Part 2.CellulosFreated with Phosponium Salt Urea Condensate (Proban CC®) Flame Retardant // Fire Mater.- 2002. - Vol. 26.-P. 173-182.
35. Hofmann P., Raschdorf F. BeitragzurBeschreibung der Reantionen von FlammschutzmittelnmitBaumwoUe and Polyester imBerichte der Pyrolise // Textilveredlung. - 1970. - Vol. 6. - P. 486-497.
36. Waher C, Needles H.L. Flammability characteristics of lightweight cellulosic and polyester - cellulosic blend Fabrics // J. Fire Sci. - 1985, Vol. 6. - N 6. - P.461-471.
37. Зубкова Н.С. Высокоэффективный отечественный замедлитель горения для придания огнезащитных свойств волокнистым текстильным материалам // Химические волокна. - 2000, - № 6. - С. 38-40.
38. Роговин З.А., Гольбрайх Л.С. Химические превращения и модификация целлюлозы. -М.: Химия, 1979.-208 с.
39. Пат. 2070626, Россия 1/74. Месник В.М., Волков И.В., Мамаева Н.П. и др. Состав для придания огнезащитных свойств текстильным материалам. № 95121239/04, Заявл. 14.12.95.Опубл. 20.12.96.
40. WangM.Y., HorrocksA.R., HorrocksS., HallM.E. Flame-RetardantTextileBask-Coatings. Part 1: Antimony-Halogen System Interations and the Effect Perlacement by Phosphorus-Containing Agents // J. Fire Sci. ~ 2002. - Vol. 18.-P. 265-294.
41. Перепёлкин К.Е. Физико-химическая природа и структурная обусловленность уникальных свойств полиэфирных волокон // Химические волокна. -2001.-№5.-С.8.
42. Айзенштейн Э.М. Полиэфирные волокна. / В кн.: Хим. Энциклопедия. - М.:БРЭ.-Т.4.-1995.-С.87-91.
43. Коварская Б.М., Блюменфельд А.Б., Левантовская И.И. Термическая стабильность гетероцепных волокнообразующих полимеров. - М.: Химия,1977.-С.263.
44. Зубкова Н.С, Бутылкина Н.Г., Л.С. Гальбрайх Л.С. Принципы выбора замедлителей горения для снижения пожарной опасности гетероцепных волокнообразующих полимеров // Хим. волокна. -1999. - №4. - С.17.
45. Кодолов В. И. Замедлители горения текстильных материалов. М.: Химия, 1980.-274 с.

© **Р. Н. Сабирзянова** - асп. каф. технологии химических, натуральных волокон и изделий КНИТУ, ramfar@mail.ru;
И. В. Красина - д.т.н., зав. каф. технологии химических, натуральных волокон и изделий КНИТУ, irina_krasina@mail.ru.