

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 677.494.674:677.017:676.224.1

КУЗЬМЕНКОВА
НАТАЛЬЯ ВЛАДИМИРОВНА

**ФОРМИРОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ СВОЙСТВ
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНЫХ ВОЛОКОН
ДЛЯ ЦЕННЫХ БУМАГ**

**Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.19.08 — товароведение, экспертиза и безопасность
непродовольственных товаров и сырьевых материалов**

Минск, 2015

Научная работа выполнена в УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» и ГНУ «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАН Беларуси»

Научные руководители: Сыцко Валентина Ефимовна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры, УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», кафедра товароведения

Пинчук Леонид Семенович, доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Петрище Франц Антонович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры, АНООВОЦРФ «Российский университет кооперации», кафедра товароведения и экспертизы товаров

Щербина Леонид Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой, УО «Могилевский государственный университет продовольствия», кафедра химической технологии высокомолекулярных соединений

Оппонирующая организация УО «Витебский государственный технологический университет»

Защита состоится 29 января 2016 г. в 14.30 на заседании совета по защите диссертаций К 02.07.01 при УО «Белорусский государственный экономический университет» по адресу: 220070, г. Минск, пр. Партизанский, 26, ауд. 407 (1-й учебный корпус), тел. 209-79-82.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке УО «Белорусский государственный экономический университет».

Автореферат разослан 28 декабря 2015 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций

Зарапин В.Г.

ВВЕДЕНИЕ

Современный рынок защищенной полиграфической продукции включает огромное количество видов изделий — от денежных знаков и ценных бумаг до различных бланков с определенной степенью защиты. Развитие полиграфических технологий стимулирует увеличение количества подделок этих изделий. Чтобы затруднить фальсификацию, производители полиграфической продукции разрабатывают и используют многоуровневые системы защиты. Минимизировать риск любого известного вида фальсификации, включая самые совершенные аналоговые методы и цифровые технологии, позволяет защита основы полиграфической продукции — бумажного носителя. Введение в бумажную массу люминесцентных агентов, способных менять окраску при различных условиях освещения, усложняет фальсификацию документа и служит средством его идентификации. Такие агенты вводят в бумажную массу в виде совместимых с ней, но отличных от нее компонентов, в том числе волокнистых.

Традиционными способами получения люминесцентных защитных волокон являются введение красителя в расплав полимера с последующим формированием волокна и обработка волокна красителем в красильной ванне. Первый метод обеспечивает устойчивую окраску волокна, но ассортимент красителей, способных выдержать высокую температуру обработки, ограничен. При втором способе краситель наносят лишь на поверхность волокна, что обуславливает недостаточно стойкую окраску.

Актуальной становится задача разработки способа крашения, при котором высокая стойкость окраски сочеталась бы с широким ассортиментом красителей. Этим условиям в наибольшей мере соответствует технология модифицирования волокон по механизму крейзинга, позволяющая вводить в содержащий крейзы поверхностный слой волокна практически любые виды модифицирующих добавок. В работах зарубежных и отечественных ученых Е. Дж. Крамера, Л. Л. Бергера, А. Л. Волынского, Н. Ф. Бакеева, А. П. Андроновой, Л. С. Пинчука и др. исследованы механизм крейзинга и возможности его применения для улучшения функциональных свойств полимерных волокон. Вместе с тем данные исследования не затрагивали проблему модифицирования волокон люминесцентными красителями и другими видами специальных индикаторных веществ, а также не преследовали цель достижения требуемого уровня потребительских свойств защитных волокон.

Диссертация посвящена изучению возможности улучшения потребительских свойств защищенной полиграфической продукции путем введения в нее полиэфирных волокон, модифицированных люминесцентными красителями и другими индикаторными веществами по механизму крейзинга.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами (проектами), темами. Работа выполнена в рамках Государственной программы научных исследований «Функциональные и машиностроительные материалы, наноматериалы» на 2011–2013 гг. № ГР 20113112 (задание 3.09 «Разработка флуоресцирующих полиэфирных волокон для защиты ценных бумаг»), а также договора № И-40/2011 от 01.04.2011 г. на разработку технологии прерывистого окрашивания полиэфирных волокон между ИММС НАН Беларуси и РУП «Криптотех» Гознака Республики Беларусь.

Тема диссертационного исследования соответствует Перечню приоритетных направлений фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 гг., утвержденному постановлением Совета Министров № 585 от 19.04.2010 г. (раздел 8 «Новые материалы для промышленности, медицины и строительства, наукоемкие технологии их производства»).

Цель и задачи исследования. *Цель* диссертационной работы заключается в формировании потребительских свойств полиэтилентерефталатных волокон для ценных бумаг модифицированием по механизму крейзинга люминесцентными красителями и другими видами индикаторных добавок.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие *задачи*:

- расширить номенклатуру показателей для оценки уровня конкурентоспособности защитных волокон, модифицированных по механизму крейзинга люминесцентными красителями;
- разработать технические приемы прерывистого окрашивания волокон люминесцентными красителями (чередование окрашенных и неокрашенных или окрашенных в разные цвета участков);
- разработать устройства и способы модифицирования волокон по механизму крейзинга ферромагнитными частицами и ароматизирующими веществами;
- исследовать структуру и физические свойства защитных полиэфирных волокон, модифицированных по механизму крейзинга разными видами индикаторных добавок.

Объект исследования — полиэтилентерефталатные (ПЭТ) волокна, модифицированные люминесцентными красителями и другими видами индикаторных веществ; *предмет исследования* — потребительские свойства ПЭТ-волокон, модифицированных по механизму крейзинга разными видами индикаторных веществ. Выбор объекта исследования обусловлен наличием на территории Беларуси развитого производства ПЭТ-волокон, хорошими физико-механическими показателями и более высокой устойчивостью к химическим реагентам ПЭТ-волокон по сравнению с другими волокнами.

Научная новизна. В целях формирования потребительских свойств ПЭТ-волокон для защиты документов от подделки: определены закономерности модифицирования волокон люминесцентными красителями и другими видами индикаторных добавок по механизму крейзинга; разработаны устройства и предложены способы введения модификаторов в поверхностный слой полимерного волокна по механизму крейзинга; показаны перспективы внедрения разработанных волокон в производство защищенной полиграфической продукции; стандартная номенклатура показателей качества волокон для защиты документов дополнена показателями цвета люминесценции волокна в УФ-свете, интенсивности люминесценции, равномерности распределения волокна в бумажной массе, стойкости люминесценции волокна к воздействию светопогоды и стойкости люминесценции волокна к воздействию водяного пара.

Положения, выносимые на защиту.

1. Показатели качества защитных волокон, дополняющие стандартный перечень: а) функциональными показателями (цвет люминесценции волокна в УФ-свете, интенсивность люминесценции, эффективность защиты от фальсификации); б) показателем технологичности волокна (равномерность распределения волокна в бумажной массе); в) показателями надежности (стойкость эффекта люминесценции волокна к воздействию светопогоды и водяного пара).

2. Способ модифицирования ПЭТ-волокон, включающий прерывистую с шагом 1–3 мм окраску волокон в процессе их вытяжки, позволяющий формировать потребительские свойства волокон, обеспечивающие высокую степень защиты ценных бумаг за счет специфической структуры их поверхности и эффекта люминесценции в УФ-свете.

3. Устройства для прерывистого модифицирования ПЭТ-волокон по механизму крейзинга люминесцентными красителями, ферромагнитными добавками и ароматизирующими веществами.

4. Экспериментально установленный комплекс потребительских свойств модифицированных ПЭТ-волокон, включающий структурные особенности, спектрально-люминесцентные и магнитные характеристики.

Личный вклад соискателя. Личный вклад соискателя состоит в анализе современных требований к свойствам защитных волокон [5, 18], документной бумаги [12, 16] и на этой основе в постановке задач исследования [9–11, 13, 20], экспериментальном изучении влияния модифицирующих добавок и условий модифицирования на структуру и свойства волокон [1–4, 7, 12, 14], оценке показателей качества и конкурентоспособности разработанных волокон [8, 17, 22], оптимизации люминесцентных растворов [6, 21], изготовлении и лабораторных испытаниях опытной партии люминесцентных волокон [19]. Исследования выполнены в сотрудничестве со специалистами Государственного науч-

ного учреждения «Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого (ИММС) НАН Беларуси» (г. Гомель). Автор принимал непосредственное участие в подготовке научных публикаций и патентовании разработок.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Результаты исследований, включенные в диссертацию, были доложены и опубликованы в материалах и тезисах докладов международных и республиканских научно-технических и научных конференций и форумов: «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности» (Витебск, 2011); «Полимерные композиты и трибология» (Гомель, 2011, 2013), «Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития» (Гродно, 2012); «Молодежь для науки: разработки и перспективы» (Гомель — Милоград, 2012); «Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства» (Гомель, 2012), «Современное состояние и тенденции развития финансово-кредитных систем в условиях глобализации экономики» (Гомель, 2012), «Качество товаров: теория и практика» (Витебск, 2012), «Кооперативная наука и образование на службе общества и государства: проблемы международного взаимодействия» (Ярославль — Москва, 2012), «Менеджмент, маркетинг и современные бизнес-коммуникации» (Гомель, 2013), «Формування і оцінювання асортименту, властивостей та якості непродовольчих товарів» (Львов, 2013), «Развитие инновационной экономики: результаты, проблемы, перспективы» (Гомель, 2014), «Формування механізмів управління якістю та підвищення конкурентоспроможності підприємств» (Днепропетровск, 2014); «Молодежь для науки и кооперации: разработки и перспективы» (Гомель — Милоград, 2015).

Основные результаты исследования, обобщенные и изложенные в публикациях, используются в учебном процессе УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» при изучении дисциплин «Основы материаловедения», «Теоретические основы товароведения», «Квалиметрия и управление качеством», «Товароведение культурно-хозяйственных товаров», «Товароведение и экспертиза культурно-хозяйственных товаров», а также при выполнении курсовых и дипломных работ студентами, изучающими данные учебные дисциплины.

Опубликование результатов диссертации. По результатам исследований опубликовано 26 научных работ, в том числе 8 статей в научных рецензируемых журналах, 11 — в сборниках материалов конференций, 3 — в сборниках тезисов докладов конференций, 4 патента на изобретение. Объем публикаций, соответствующих п. 18 Положения о присуждении ученых степеней и присвоения ученых званий в Республике Беларусь, составляет 3,9 авторского листа.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, библиографического списка и приложений. Работа изложена на 161 странице, включает 30 рисунков (11 страниц), 16 таблиц (8 страниц), 24 формулы (2 страницы), 13 приложений (41 страница), 149 библиографических источников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

В **первой главе** рассмотрены современные методы и средства защиты документов от подделки и обоснована актуальность темы исследования. Интерес специалистов к этой проблеме вызван тем, что ввод в обращение даже одного поддельного документа приводит к значительным невосполнимым убыткам.

Основой полиграфической продукции служит бумажное полотно, защита которого представляется наиболее важной мерой предотвращения фальсификации ценных бумаг. Надежным способом защиты бумажного носителя служит введение в состав бумажной массы окрашенных люминесцентными красителями химических волокон, особенно волокон с прерывистой окраской. Однако такие волокна вырабатывают только в России и США. Расширение научно-технической базы по разработке и производству ценных бумаг с необходимой степенью защиты путем внедрения в производство защитных полиэфирных волокон, модифицированных люминесцентными красителями, магнитными комплексами, ароматизирующими веществами, позволит освоить в Республике Беларусь выпуск импортозамещающих защитных волокон и защищенной ими полиграфической продукции. Анализ патентной и технической литературы показал, что традиционные способы крашения (наполнение расплава тонкодисперсными частицами красителя, выдержка в красильных ваннах, окрашивание парами красителя) не всегда обеспечивают достаточную надежность защиты.

Эффективным методом повышения защитной способности волокон является модифицирование их по механизму крейзинга люминесцентными красителями. Крейзинг реализуется в процессе ориентационной вытяжки волокон, осуществляемой в жидкой адсорбционно-активной среде (ААС), и позволяет ввести в структуру полимера практически любые малосовместимые с ним добавки (красители, антипирены, антистатики и др.), обеспечив их равномерное распределение в поверхностном слое волокон.

Вторая глава содержит характеристику объектов и методов исследования.

Объектом исследования являлись образцы ПЭТ-волокон, модифицированных по механизму крейзинга люминесцентными красителями и другими индикаторными жидкостями.

Использовали ПЭТ-волокно марки А номинальной линейной плотности 0,33 текс (ТУ 6-13-020477-92-88) производства ОАО «Могилевхимволокно». Для придания волокнам защитных свойств их модифицировали по механизму крейзинга растворами в 2-пропанолу люминесцентных красителей (феналемина 160, оксазина 17, родамина С, флуоресцеина и эозина Н), а также коллоидным раствором, содержащим частицы ферромагнитного сплава Fe–Ni–В.

Экспериментальные образцы гладкокрашеных люминесцентных волокон получали на лабораторном устройстве, моделирующем промышленные технологические процессы ориентационной вытяжки полимерных волокон, разработанном в ИММС НАН Беларуси. Кроме того, нами было разработано оригинальное устройство [24], обеспечивающее прерывистую с шагом 1–3 мм окраску волокна в процессе его вытяжки.

Структуру волокон для защиты ценных бумаг изучали методами оптической, атомно-силовой и растровой электронной микроскопии. Магнитные свойства волокон, обработанных коллоидным ферромагнитным раствором, исследовали индукционным методом с использованием высокополевой измерительной системы «Cryogenic» (Великобритания). Спектрально-люминесцентные характеристики волокон изучали методом спектрофотометрии на спектрометре. Стойкость люминесценции к светопогоде определяли стандартным методом (ГОСТ 28692-90). Для оценки возможности введения разработанных волокон в бумажную массу изготавливали лабораторные отливки бумаги на листоотливном аппарате (УП «Бумажная фабрика» Гознака, г. Борисов). Белизну отливок оценивали с помощью фотометра «Колір» производства фирмы «Тригла» (Украина), стойкость поверхности бумаги к выщипыванию — с использованием стандартов Деннисона. Уровень конкурентоспособности люминесцентных волокон оценивали экспертным методом путем сравнения показателей их качества с показателями базового образца. Для обработки экспериментальных данных применяли известные методы математической статистики с использованием компьютерной техники.

Третья глава посвящена разработке оптимальных составов люминесцентных растворов, а также исследованию структуры и свойств волокон, модифицированных люминесцентными красителями по механизму крейзинга.

При подборе ААС были опробованы трехпроцентный водный раствор синтанола, этиловый и изопропиловый спирты. Оптимальным вариантом ААС оказался 2-пропанол, при котором модифицирование волокон проходило более интенсивно.

Исследование спектров люминесценции растворов с разным содержанием красителя показало, что наиболее мощной люминесценцией (максимум люминесценции $I = 8796$ отн. ед. при длине волны $\lambda = 495$ нм) обладает раствор с концентрацией родамина С 0,1 г/л (спектр 2 на рисунке 1). При дальнейшем повышении содержания красителя начинает происходить концентрационное тушение. При концентрации красителя выше 1 г/л интенсивность люминесценции низкая ($I < 5500$ отн. ед.) и изменяется незначительно.

В таблице 1 приведены значения максимумов люминесценции растворов родамина С с различной концентрацией красителя, а также окрашенных ими волокон.

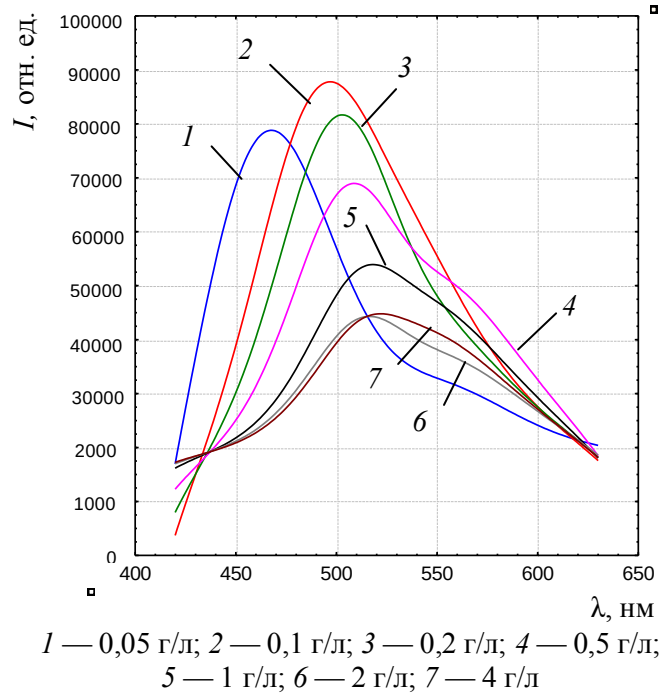


Рисунок 1. — Люминесценция растворов родамина С при разной концентрации красителя

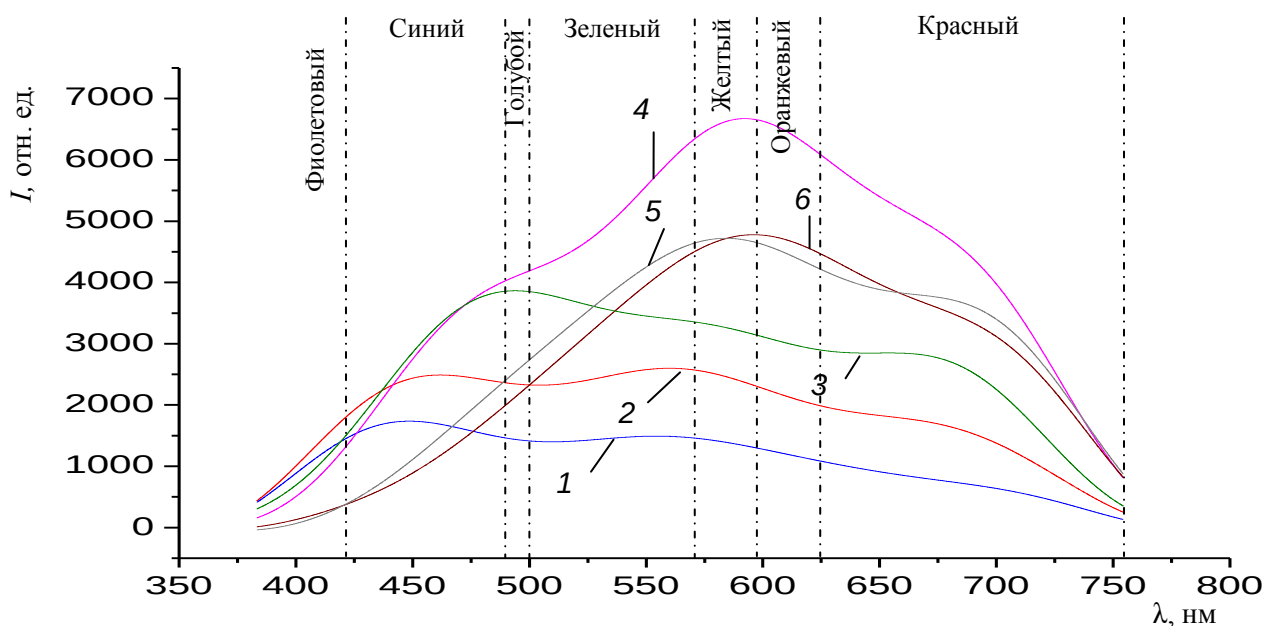
Таблица 1. — Максимумы люминесценции растворов родамина С с разной концентрацией красителя и окрашенных ими волокон

Концентрация красителя, C , г/л	Максимум люминесценции растворов, I , отн. ед.	Максимум люминесценции волокон, I , отн. ед.
0,05	8265±36	1807±15
0,10	8796±27	2737±20
0,20	8763±45	3950±37
0,50	7687±44	6714±33
1,00	6122±68	5242±36
2,00	4637±60	4833±41
4,00	4583±39	4715±16

С ростом концентрации красителя насыщенность цвета волокон увеличивается. Оттенок окрашенных волокон изменяется от светло-розового до розово-красного, а цвет их люминесценции — от розового до красно-оранжевого.

Спектры люминесценции окрашенных волокон (рисунок 2) отличаются от спектров люминесценции растворов (см. рисунок 1). Волокна люминесцируют в более широкой полосе спектра, что обусловлено разными коэффициентами светопреломления участков, содержащих добавки, а также наличием собственной люминесценции волокна. Максимальную интенсивность люминесценции ($I = 6714$ отн. ед. при $\lambda = 609$ нм) имеют волокна, обработанные раствором, содержащим 0,5 г красителя на 1 л раствора 2-пропанола (кривая 4 на рисунке 2).

ЦВЕТА СПЕКТРА, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ДИАПАЗОНУ ВОЛН



1 — 0,05 г/л; 2 — 0,1 г/л; 3 — 0,2 г/л; 4 — 0,5 г/л; 5 — 2 г/л; 6 — 4 г/л

Рисунок 2. — Люминесценция волокон, обработанных растворами РодС в 2-пропаноле при разной концентрации красителя

Зависимость интенсивности люминесценции растворов и обработанных ими волокон от концентрации красителя в растворе приведена на рисунке 3. Чем выше концентрация красителя, тем большее количество его молекул адсорбируется в поверхностном слое волокна (кривая 2). Концентрационное тушение люминесценции волокон начинает происходить при концентрации красителя более 0,5 г/л. Таким образом, экспериментально обоснован вывод о том, что оптимальной является концентрация красителя 0,4–0,5 г/л.

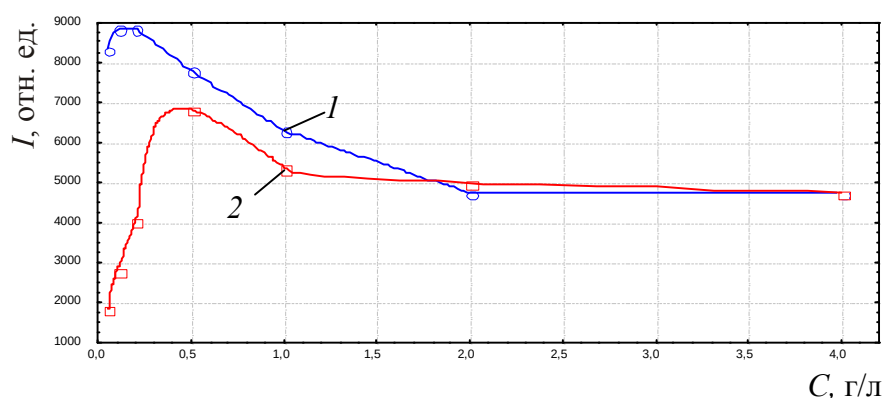
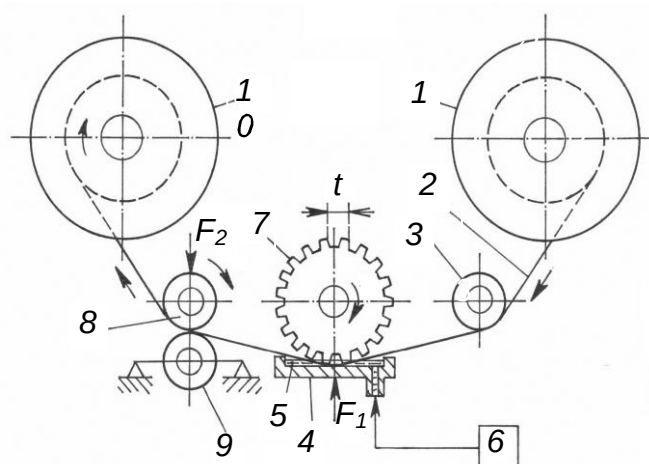


Рисунок 3. — Зависимость интенсивности люминесценции растворов (1) и окрашенных ими волокон (2) от концентрации красителя в растворе

Для модифицирования волокон люминесцентными красителями было разработано и изготовлено оригинальное устройство [24], обеспечивающее прерывистую с шагом 1–3 мм окраску волокна в процессе его вытяжки (рисунок 4).



1 — бобина; 2 — пучок волокон; 3 — направляющий ролик; 4 — ванна; 5 — модифицирующая жидкость; 6 — узел регулирования уровня жидкости; 7 — зубчатый валок; 8, 9 — пара гладких валков; 10 — приемная бобина

Рисунок 4. — Устройство для прерывистого окрашивания волокон

Устройство содержит зубчатый валок (шаг его зубьев определяет длину окрашенного участка волокна) и пару гладких валков для транспортирования и вытяжки волокон. Зона контакта зубчатого валка с контртелом, которым служит дно ванны, погружена в модифицирующую жидкость. Точка, в которой при соответствующей кратности вытяжки и смачивании волокна поверхностно-активной жидкостью начинается образование крейзов, находится на выходе волокна из контакта «зубчатый валок—контртел». Когда волокно прижато зубом к контртелу, степень вытяжки оптимальна для образования крейзов и участок волокна на выходе из контакта окрашивается. Если, скользя по контртелу, волокно находится в промежутке между зубьями, кратность вытяжки недостаточна для крейзообразования, и этот участок волокна остается неокрашенным. Произведена отладка устройства, экспериментально определено соотношение линейных скоростей вращения зубчатого валка и приема нити на бобину (от 1:1 до 1:3). Оптимальная линейная плотность жгутика при окрашивании на используемом устройстве составляет $31,3 \pm 1,6$ текс (90–100 филаментов). Оптимальная кратность вытяжки ϵ для крашения находится в диапазоне от 2 до 3.

Экспериментально установлено (рисунок 5), что наиболее надежную защиту документов обеспечивают волокна, обработанные оксазином 17 и родамином С, менее эффективны волокна, окрашенные феналеминном 160 (наиболее низкая интенсивность люминесценции в УФ-излучении).

Повысить защитные свойства волокон позволяет модифицирование их коллоидным составом, содержащим частицы ферромагнитного сплава Fe–Ni–В. На разработанном оригинальном устройстве получены опытные образцы волокон, исследованы их магнитные свойства. На рисунке 6 приведены зависимости

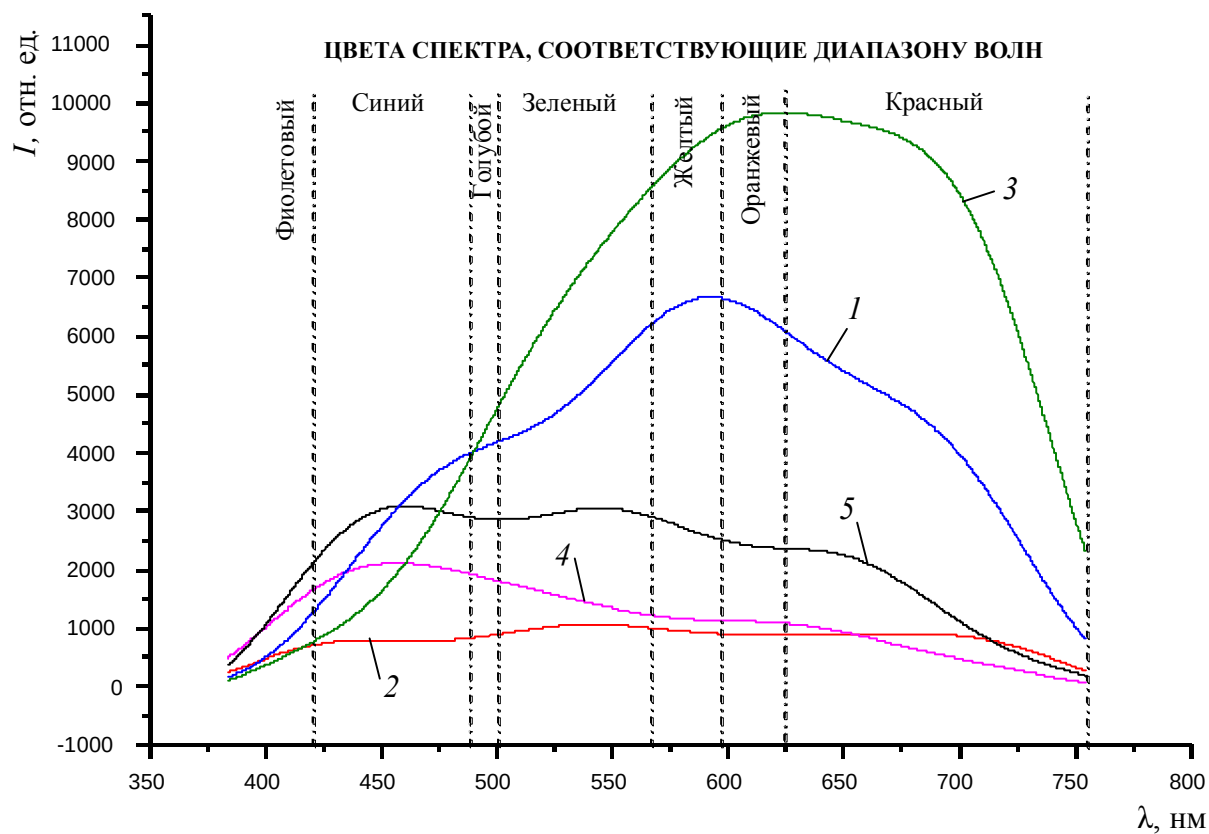


Рисунок 5. — Люминесценция волокон, обработанных растворами красителей в 2-пропанол при концентрации красителя 0,5 г/л

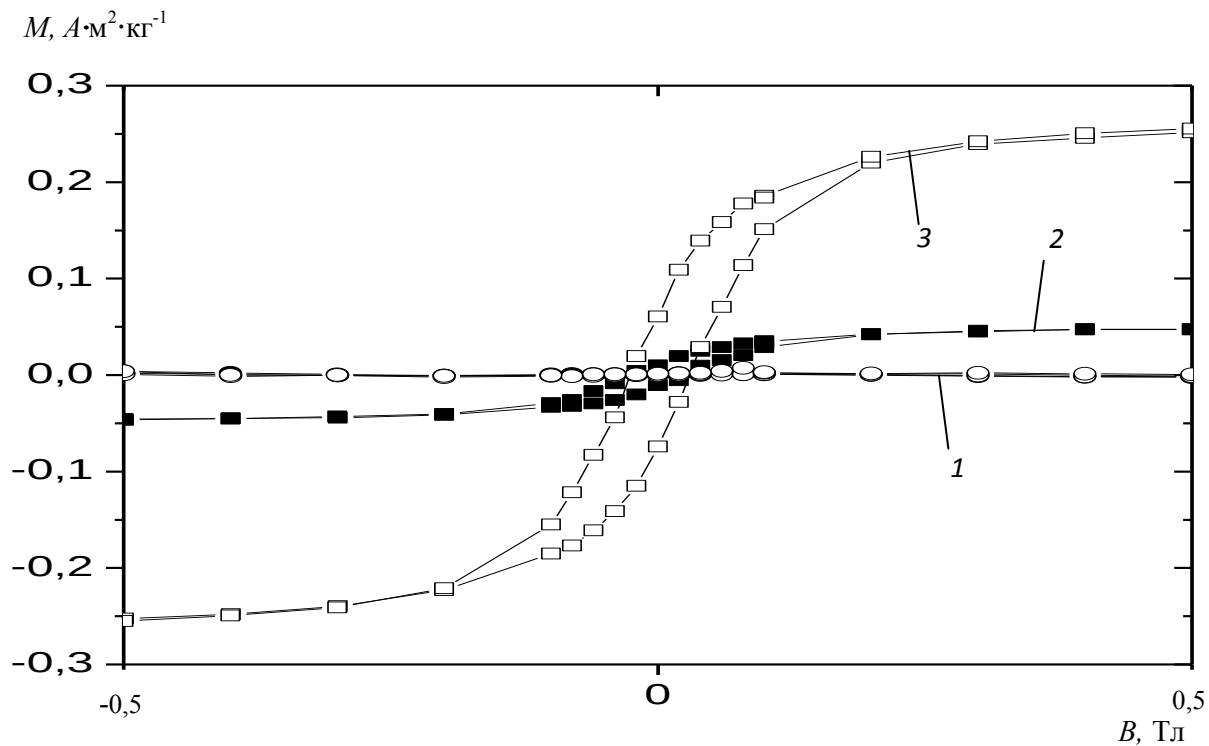


Рисунок 6. — Изменение удельного магнитного момента (М) волокон, модифицированных магнитным наполнителем по механизму крейзинга, от величины индукции (В)

удельного магнитного момента волокон от величины индукции внешнего магнитного поля. Волокно, не подвергавшееся модифицированию (кривая 1), не намагничивается ($M = 0$) и не реагирует на изменение магнитного поля. Сильнее всего реагируют на изменение магнитного поля волокна, полученные при кратности вытяжки $\varepsilon \sim 3$, поскольку более глубокое и интенсивное крейзообразование способствует захвату большего количества частиц модификатора.

Результаты оптической микроскопии показали, что волокна, модифицированные по механизму крейзинга, характеризуются высокой неоднородностью структуры поверхности. Это проявляется в виде образований разной формы и диаметра, чередующихся по всей длине волокон. Такая особенность волокон может служить дополнительным защитным признаком люминесцентных волокон, повышающим их эффективность защиты от фальсификации.

Методом атомной силовой микроскопии определены показатели средних глубины и ширины крейзов на поверхности модифицированных волокон. Для волокон, обработанных люминесцентными красителями, они составили 104 и 637 нм; для ферромагнитных волокон — 137 и 704 нм соответственно.

Стойкость эффекта люминесценции волокон к светопогоде определяли, помещая образцы волокон в испытательную камеру с искусственным источником света и подвергая их нескольким циклам испытаний (один цикл длился 30 мин и включал опрыскивание дистиллированной водой в течение 1 мин и сушку в течение 29 мин). Экспериментально установлено, что разработанные волокна выдерживают не менее 4 циклов испытаний стойкости эффекта люминесценции к светопогоде (2 ч) без уменьшения интенсивности люминесценции по сравнению с образцом, не подвергавшимся испытанию. Это позволяет предположить, что воздействие света и рост температуры инициировали некоторое повышение функциональной активности красителя. Максимумы люминесценции модифицированных волокон, которые подвергли испытаниям на устойчивость к воздействию светопогоды, приведены в таблице 2.

Таблица 2. — Максимумы люминесценции модифицированных волокон до и после проведения испытаний на устойчивость волокон к воздействию светопогоды

Время выдержки, t , мин	Максимум люминесценции, I , отн. ед.	Длина волны, λ , нм
0	11451±348	678
30	13235±104	691
60	13285±50	689
90	13309±23	684
120	12922±245	676

Максимальное значение интенсивности люминесценции (более 13 000 отн. ед.) имеют волокна, подвергнутые 3 циклам экспозиции (90 мин).

Разработанные люминесцентные волокна вводили в бумажную массу в исследовательской лаборатории УП «Бумажная фабрика» Гознака (г. Борисов). Установлено, что волокна, окрашенные родамином С, оксазином 17, флуоресцеином и эозином Н могут быть использованы в технологии защиты документов, например при производстве бумаги для печати ценных бумаг и документов, ограниченных сроком действия до трех лет (бланки проездных документов на разные виды транспорта и др.). Волокна достаточно равномерно распределяются в бумажной массе, миграция красителя с поверхности волокна в бумажную массу отсутствует.

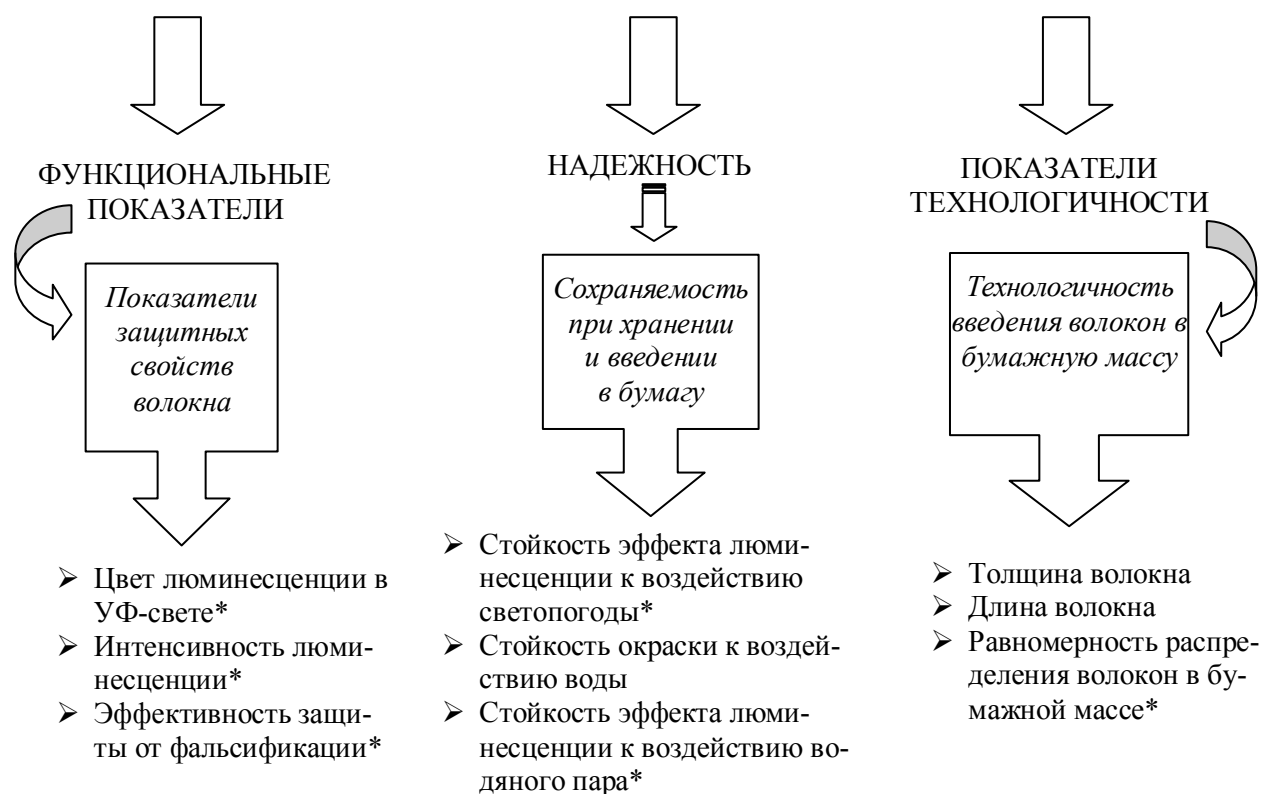
Показана возможность модифицирования волокон ароматизирующими веществами с целью обеспечения дополнительного уровня защиты ценных бумаг по ароматическому «образу», формируемому определенным сочетанием молекул модификатора, для распознавания которого предполагается использовать электронные газоанализаторы типа «электронный нос». Модифицирование ПЭТ-волокон по механизму крейзинга ароматизирующими добавками обеспечивает стойкий ароматизирующий эффект.

В четвертой главе адаптирована номенклатура показателей качества защитных волокон, приведены результаты оценки уровня конкурентоспособности и экономической эффективности люминесцентных волокон.

На основе анализа стандартных показателей качества защитных химических волокон, а также современных требований, предъявляемых к защитным волокнам, определена развернутая номенклатура показателей их качества в виде иерархической трехуровневой схемы (рисунок 7).

Стандартный перечень дополнен функциональными показателями (цвет люминесценции волокна в УФ-свете, интенсивность люминесценции, эффективность защиты от фальсификации), показателем технологичности (равномерность распределения волокна в бумажной массе), показателями надежности (стойкость эффекта люминесценции волокна к воздействию светопогоды и водяного пара). Цвет и интенсивность люминесценции волокна — важнейшие защитные свойства. Для оценки защитных свойств волокон нами также был предложен показатель эффективности защиты ценных бумаг от фальсификации, который оценивали по количеству защитных признаков волокна. Равномерность распределения определяет простоту или сложность введения волокон в бумажную массу. Выбор остальных свойств обусловлен тем, что при введении в бумажную массу и отливе бумаги волокна подвергаются кратковременному воздействию воды и водяного пара. Воздействие этих факторов не должно ухудшать защитные свойства волокон.

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ЗАЩИТНЫХ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ВОЛОКОН



Примечание — Дополнительные показатели качества отмечены звездочкой.

Рисунок 7. — Номенклатура показателей для оценки уровня конкурентоспособности защитных волокон

Для выбранных показателей качества люминесцентных волокон методом ранжирования были определены коэффициенты весомости.

Результаты оценки уровня конкурентоспособности новых видов защитных люминесцентных волокон (таблица 3) показали, что новые виды люминесцентных волокон по комплексу свойств отвечают уровню требований, предъявляемых к защитным волокнам.

Таблица 3. — Оценка уровня конкурентоспособности люминесцентных волокон для защиты документов

Показатель	Волокна, полученные традиционным методом (базовый образец)	Волокна, модифицированные по механизму крейзинга родамином С	Волокна, модифицированные по механизму крейзинга флуоресцеином	Волокна, модифицированные по механизму крейзинга эозином Н
1	2	3	4	5
Обобщенный комплексный показатель качества, Q	8,75	8,75	8,22	8,37
Себестоимость, C , дол. США/кг	6,02	4,59	4,48	4,88

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5
Интегральный показатель конкурентоспособности, <i>I</i>	1,45	1,91	1,83	1,72
Уровень конкурентоспособности, <i>K</i>	1,00	1,31	1,26	1,18

Основным преимуществом разработанных волокон по сравнению с волокнами традиционного способа крашения (крашение в массе) являются их более низкая себестоимость и дополнительные защитные признаки (прерывистой окраски волокон и чередования участков переменного сечения по длине волокна), повышающие эффективность защиты от фальсификации.

Расчеты показали, что экономия от внедрения новых видов волокон составит от 57 до 77 дол. США на 1 т выпускаемой защищенной бумаги. При условии выпуска 100 т в год бумаги, модифицированной разработанными люминесцентными волокнами, ожидаемый годовой экономический эффект составит $5,7 \div 7,7$ тыс. дол. США.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации.

1. Предложена номенклатура показателей качества люминесцентных волокон для защиты документов, дополненная показателями цвета и интенсивности люминесценции, эффективности защиты от фальсификации, равномерности распределения волокна в бумажной массе, стойкости эффекта люминесценции волокна к воздействию светопогоды и водяного пара [5, 8, 17, 18, 22].

2. Разработан способ модифицирования ПЭТ-волокон по механизму крейзинга, который обеспечивает прерывистую с шагом 1–3 мм окраску волокна в процессе его вытяжки, что позволяет улучшить защитные свойства люминесцентных волокон. Защитными признаками служат прерывистая окраска и люминесценция в УФ-свете, а также специфическая структура поверхности волокна [2, 12, 21, 24].

3. Определена зависимость люминесцентных свойств модифицированных волокон от концентрации красителя в растворе, проявляющаяся в повышении интенсивности люминесценции волокон при увеличении концентрации от 0,05 до 0,5 г/л и последующем гашении люминесценции при концентрации красителя свыше 0,5 г/л [4, 6, 21]. Оптимальная концентрация красителя в растворе 2-пропанола составляет 0,4–0,5 г/л.

4. Разработан способ прерывистого модифицирования защитных волокон коллоидным составом, содержащим ферромагнитные частицы, реализующий два элемента защиты (прерывистое крашение и наличие намагниченных участ-

ков). При исследовании магнитных свойств модифицированных ферромагнитным составом волокон выявлено, что наибольшая остаточная намагниченность наблюдается у волокон при трехкратной вытяжке, что обеспечивается захватом большего количества магнитных частиц модификатора поверхностным слоем волокна [4, 6, 7, 23, 24, 26].

Сформулирован метод защиты, основанный на модифицировании волокон ароматизирующими композициями, позволяющий идентифицировать защищаемые документы по их ароматическому образу с использованием электронных газоанализаторов типа «электронный нос».

Экспертным комплексным методом установлено, что волокна, модифицированные люминесцентными красителями по механизму крейзинга, конкурентоспособны, по качеству не уступают существующим аналогам, что позволяет расширить ассортимент защитных волокон, повысить надежность защиты ценных бумаг за счет дополнительных элементов защиты волокон [17].

Рекомендации по практическому использованию результатов.

Методом модифицирования по механизму крейзинга наработана опытно-экспериментальная партия люминесцентных волокон. В исследовательской лаборатории УП «Бумажная фабрика» Гознака (г. Борисов) разработанные волокна вводили в состав бумаги, не содержащей оптических отбеливателей. Лабораторные исследования позволили заключить, что волокна, модифицированные родамином С, оксазином 17, флуоресцеином и эозином Н, пригодны к использованию в качестве элемента защиты документов от подделки. Они могут быть использованы при производстве бумаги для печати ценных бумаг и документов, ограниченных сроком действия до трех лет (например, бланки проездных документов на разные виды транспорта).

Результаты диссертационного исследования использованы в учебном процессе УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации» при изучении дисциплин «Основы материаловедения», «Теоретические основы товароведения», «Квалиметрия и управление качеством», «Товароведение культурно-хозяйственных товаров», «Товароведение и экспертиза культурно-хозяйственных товаров».

К перспективам дальнейшего развития выбранного научного направления относится исследование возможности применения растительных красителей, в том числе люминесцентных, для окрашивания ПЭТ-волокон по механизму крейзинга. Натуральные (растительные) красители экологически безвредны, однако имеют низкое сродство к ПЭТ-волоконам, поэтому при традиционном методе крашения (в красильной ванне) для получения устойчивой окраски требуется применять сложные химические и технологические методы. Метод

окрашивания по механизму крейзинга позволит устранить этот недостаток и обеспечит надежное закрепление красителя в волокне.

Другим перспективным направлением развития темы является применение волокон, модифицированных ароматизирующими веществами, в текстильной промышленности и исследование их влияния на потребительские свойства готовых изделий. Так, волокна, модифицированные маслом лаванды, возможно применять для производства чулочно-носочных изделий, поскольку масло лаванды имеет антисептические свойства и способно заглушать неприятные запахи.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Статьи в научных рецензируемых журналах

1. Кузьменкова, Н. В. Технологии получения окрашенных химических волокон для защиты ценных бумаг / Н. В. Кузьменкова, В. Е. Сыцко, Е. А. Сементовская, Л. С. Пинчук // Материалы, технологии, инструменты. — 2012. — Т. 17, № 1. — С. 83–87.
2. Кузьменкова, Н. В. Окрашивание химических волокон для защиты ценных бумаг / Н. В. Кузьменкова, Е. А. Сементовская, В. Е. Сыцко, Л. С. Пинчук // Вестн. Витеб. гос. технол. ун-та. — 2012. — Вып. 22. — С. 130–137.
3. Кузьменкова, Н. В. Окрашивание химических волокон по механизму крейзинга / Н. В. Кузьменкова, В. Е. Сыцко, Е. С. Дрозд // Весн. Гродз. дзярж. ун-та імя Янкі Купалы. Сер. 6. Тэхніка. — 2012. — № 2 (133). — С. 98–102.
4. Кузьменкова, Н. В. Модифицирование полиэфирных волокон для защиты ценных бумаг / Л. С. Пинчук, В. А. Гольдаде, Н. В. Кузьменкова, В. Е. Сыцко, Л. С. Лобановский, Е. С. Дрозд // Химические волокна. — 2012. — № 5. — С. 13–19.
5. Кузьменкова, Н. В. Свойства и требования к качеству защитных волокон / В. Е. Сыцко, Н. В. Кузьменкова // Потребит. кооп. — 2012. — № 4. — С. 72–77.
6. Кузьменкова, Н. В. Окрашивание полиэфирных волокон для защиты ценных бумаг / В. А. Гольдаде, Н. В. Кузьменкова, В. В. Кравченко, В. Е. Сыцко // Проблемы физики, математики и техники. — 2014. — № 1 (18). — С. 90–97.
7. Kuzmenkova, N. V. Coloration of Polyester Fibers for Securities Protection from Counterfeit / V.A.Goldade, N.V. Kuzmenkova and V.E. Sytsko // J. of Research Updates in Polymer Science. — 2015. — Vol. 4, № 1. — P. 15–23.
8. Кузьменкова, Н. В. О номенклатуре показателей качества для оценки уровня конкурентоспособности защитных волокон / Н. В. Кузьменкова // Потребит. кооп. — 2015. — № 1 (48). — С. 63–67.

Материалы конференций

9. Кузьменкова, Н. В. Химические волокна для защиты ценных бумаг / Н. В. Кузьменкова, Е. А. Сементовская, В. Е. Сыцко // Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности : материалы междунар. науч. конф., Витебск, 15–16 нояб. 2011 г. : в 2 ч. / Витеб. гос. технол. ун-т ; редкол.: В. В. Пятов (гл. ред.) [и др.]. — Витебск, 2011. — Ч. 1. — С. 74–76.

10. Кузьменкова, Н. В. О методах защиты ценных бумаг / Н. В. Кузьменкова, В. Е. Сыцко // Молодежь для науки: разработки и перспективы : материалы междунар. молодеж. науч. форума, Милоград, 1–3 февр. 2012 г. / Белорус. торг.-экон. ун-т потребит. кооп. ; редкол.: Г. С. Митюрич [и др.]. — Гомель, 2012. — С. 350–353.

11. Кузьменкова, Н. В. Химические волокна как средство защиты ценных бумаг от фальсификации / Н. В. Кузьменкова, В. Е. Сыцко, Л. С. Пинчук // Промышленность региона: проблемы и перспективы инновационного развития : материалы II Респ. науч.-техн. конф., Гродно, 17–18 мая 2012 г. / Гродн. гос. ун-т им. Я. Купалы ; редкол.: В.А. Струк (гл. ред.) [и др.]. — Гродно, 2012. — С. 66–68.

12. Кузьменкова, Н. В. Технологии окрашивания химических волокон люминесцентными красителями / Н. В. Кузьменкова, В. Е. Сыцко, Л. С. Пинчук // Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства : сб. материалов X Междунар. науч.-практ. конф., Челябинск, 21–23 мая 2012 г. / Юж.-Урал. гос. ун-т ; редкол.: А. Л. Шестаков [и др.]. — Челябинск, 2012. — С. 179–181.

13. Кузьменкова, Н. В. О защите от подделки ценных бумаг и документов / Н. В. Кузьменкова, В. Е. Сыцко // Современное состояние и тенденции развития финансово-кредитных систем в условиях глобализации экономики : сб. науч. ст. междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 10–11 окт. 2012 г. / Белорус. торг.-экон. ун-т потребит. кооп. ; редкол.: А. П. Шевлюков [и др.]. — Гомель, 2012. — С. 207–210.

14. Кузьменкова, Н. В. Требования к качеству химических волокон для защиты ценных бумаг / Н. В. Кузьменкова, В. Е. Сыцко // Качество товаров: теория и практика : материалы докл. междунар. науч.-практ. конф., Витебск, 15–16 нояб. 2012 г. / Витеб. гос. технол. ун-т ; редкол.: А. Н. Буркин [и др.]. — Витебск, 2012. — С. 136–137.

15. Кузьменкова, Н. В. Требования к качеству бумажной основы для изготовления документов / Н. В. Кузьменкова, В. Е. Сыцко // Кооперативная наука и образование на службе общества и государства: проблемы международного взаимодействия : материалы междунар. науч.-практ. конф. проф.-преподават.

состава, сотрудников и аспирантов Рос. ун-та кооп., Москва, 22 нояб. 2012 г. / Рос. ун-т кооп. — Ярославль ; Москва, 2012. — С. 316–319.

16. Кузьменкова, Н. В. Модифицированные волокна для защиты документов от подделки / Н. В. Кузьменкова // *Формування і оцінювання асортименту, властивостей та якості непродовольчих товарів : матеріали 1 Міжнар. наук.-практ. конф., Львів, 22 лист. 2013 р. : тези доповідей : у 3 ч. / Львів. комерц. акад. ; ред. кол.: П. О. Куцик (відп. ред.) [та ін.]. — Львів, 2013. — Ч. I. — С. 26–29.*

17. Кузьменкова, Н. В. К вопросу классификации ассортимента бумаги для печати документов / В. Е. Сыцко, Н. В. Кузьменкова // *Менеджмент, маркетинг и современные бизнес-коммуникации : сб. науч. ст. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 35-летию кафедры менеджмента и 20-летию кафедры маркетинга, Гомель, 27–28 нояб. 2013 г. / Белорус. торг.-экон. ун-т потребит. кооп. ; редкол. : С. Н. Лебедева [и др.]. — Гомель, 2013. — С. 102–104.*

18. Кузьменкова, Н. В. Конкурентоспособность химических волокон для защиты документов от подделки / В. Е. Сыцко, Н. В. Кузьменкова, В. В. Садовский // *Развитие инновационной экономики: результаты, проблемы, перспективы : сб. науч. ст. междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию основания ун-та, Гомель, 9–10 окт. 2014 г. / Белорус. торг.-экон. ун-т потребит. кооп. ; редкол.: С. Н. Лебедева [и др.] ; под науч. ред. д-ра экон. наук, проф. С. Н. Лебедевой. — Гомель, 2014. — С. 245–248.*

19. Кузьменкова, Н. В. Введение люминесцентных полиэтилентерефталатных волокон в бумажную массу и их влияние на свойства бумаги / Н. В. Кузьменкова // *Молодежь для науки и кооперации: разработки и перспективы : сб. науч. ст. IV Междунар. форума молодых ученых, Милоград, 13–15 мая 2015 г. / Белорус. торг.-экон. ун-т потребит. кооп. ; редкол.: Н. А. Сныткова [и др.] ; под науч. ред. канд. экон. наук, доцента Н. А. Снытковой. — Гомель, 2015. — С. 279–282.*

Тезисы докладов

20. Кузьменкова, Н. В. Получение окрашенных химических волокон для защиты ценных бумаг / В. Е. Сыцко, Н. В. Кузьменкова // *Поликомтриб—2011 : тез. докл. междунар. науч.-техн. конф., Гомель, 27–30 июня 2011 г. / Ин-т механики металлополимерных систем им. В.А. Белого Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: В. Н. Адери́ха [и др.]. — Гомель, 2011. — С. 208.*

21. Кузьменкова, Н. В. Эффективность защиты ценных бумаг модифицированными волокнами / В. А. Гольдаде, Н. В. Кузьменкова, В. Е. Сыцко, Е. С. Гараева, М. А. Ковалевич // *Поликомтриб—2013 : тез. докл. междунар.*

науч.-техн. конф., Гомель, 24–27 июня 2013 г. / Ин-т механики металлополимерных систем им. В.А. Белого Нац. акад. наук Беларуси ; редкол.: В. Н. Адериха [и др.]. — Гомель, 2013. — С. 146.

22. Кузьменкова, Н. В. О номенклатуре показателей качества для оценки уровня конкурентоспособности защитных волокон / Н. В. Кузьменкова // Формування механізмів управління якістю та підвищення конкурентоспроможності підприємств : матеріали V Міжнар. наук.-практ. конф., Дніпропетровськ, 27 берез. 2014 р. : тези доповідей / Дніпропетров. ун-т імені Альфреда Нобеля ; ред. кол.: В. А. Павлова (відп. ред.) [та ін.]. — Дніпропетровськ, 2014. — С. 143–145.

Патенты на изобретение

23. Кузьменкова, Н. В. Устройство для контролируемого окрашивания химических волокон : пат. 18346 Респ. Беларусь : МПК D 06 В 1/02 / Л. С. Пинчук, Н. В. Кузьменкова, Е. А. Сементовская, В. А. Гольдаде, А. В. Рак, А. Я. Гореленко, С. П. Плиски, Е. Г. Губарева ; дата публ.: 30.06.2014.

24. Кузьменкова, Н. В. Устройство для прерывистого окрашивания химических волокон : пат. 18364 Респ. Беларусь : МПК D 06 В 1/02, 3/02 / Л. С. Пинчук, Н. В. Кузьменкова, Е. А. Сементовская, Е. М. Марков, В. А. Гольдаде, А. В. Рак, А. Я. Гореленко, С. П. Плиски, Е. Г. Губарева ; дата публ. 30.06.2014.

25. Кузьменкова, Н. В. Устройство для прерывистого окрашивания пучка химических волокон : пат. 18784 Респ. Беларусь : МПК D 06 В 1/02, 3/02 / Л. С. Пинчук, Н. В. Кузьменкова, Е. А. Сементовская, В. А. Гольдаде, А. В. Рак, А. Я. Гореленко, С. П. Плиски, Е. Г. Губарева ; дата публ. 30.12.2014.

26. Кузьменкова, Н. В. Волокно химическое для защиты бумаги от подделки : пат. 19313 Респ. Беларусь : МПК В 42 D 25/30, D 06 В 3/02, 11/00; D 06 М 11/83 / Л. С. Пинчук, В. А. Гольдаде, Н. В. Кузьменкова, В. Е. Сыцко, Л. С. Лобановский ; дата публ. 30.08.2015.

РЭЗІЮМЭ

Кузьмянкова Наталля Уладзіміраўна

Фарміраванне спажывецкіх уласцівасцяў поліэтылентэрэфталатных валокнаў для каштоўных папер

Ключавыя словы: ахова ад падробкі, крэйзінг палімераў, поліэтылентэрэфталатныя валокны, люмінесцэнтныя ўласцівасці, канкурэнтаздольнасць.

Мэта работы: фарміраванне спажывецкіх уласцівасцяў поліэтылентэрэфталатных валокнаў для каштоўных папер мадыфікаваннем па механізме крэйзінга люмінесцэнтнымі фарбавальнікамі і іншымі відамі індыкатарных дабавак.

Метады даследавання і выкарыстаная апаратура: структуру валокнаў вывучалі метадамі аптычнай, атамна-сілавой і растравай электроннай мікраскапіі; магнітныя ўласцівасці ацэньвалі індукцыйным метадам на вымяральной сістэме «Cryogenic» (Вялікабрытанія); люмінесцэнтныя характарыстыкі вывучалі метадам спектрафотаметрыі на спектрометры; устойлівасць люмінесцэнцыі да светанадвор'я вызначалі па ДАСТ 28692-90; белыню паперы вымяралі з дапамогай фатометра «Колір» (Украіна); устойлівасць паверхні паперы да выскубання вызначалі з выкарыстаннем стандартаў Дэнісана.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: распрацавана тэхналогія перарывістага мадыфікавання ПЭТ-валокнаў па механізме крэйзінга люмінесцэнтнымі фарбавальнікамі і іншымі індыкатарнымі рэчывамі; атрыманы доследныя ўзоры валокнаў, мадыфікаваных люмінесцэнтнымі фарбавальнікамі, з добрым узроўнем якасці і высокім узроўнем канкурэнтаздольнасці; паказана, што распрацаваныя валокны адрозніваюцца павышанымі ахоўнымі ўласцівасцямі, паколькі акрамя люмінесцэнцыі ва УФ-святле маюць дадатковыя ахоўныя прыкметы (перарывістая афарбоўка, спецыфічная структура паверхні).

Рэкамендацыі па выкарыстанні: распрацаваныя люмінесцэнтныя валокны могуць быць выкарыстаны ў тэхналогіі аховы дакументаў; метады мадыфікавання хімічных валокнаў люмінесцэнтнымі фарбавальнікамі і іншымі відамі індыкатарных рэчываў па механізме крэйзінга дазваляюць пашырыць асартымент сінтэтычных валокнаў з адмысловымі ўласцівасцямі, не ўносячы прынцыповых змен у стандартны тэхналагічны працэс вытворчасці валокнаў.

Вобласць ужывання: атрыманыя вынікі могуць быць рэалізаваны на прадпрыемствах цэлюлозна-папяровай прамысловасці, якія выпускаюць паперу для друку каштоўных папер з тэрмінам дзеяння да трох гадоў.

РЕЗЮМЕ

Кузьменкова Наталья Владимировна

Формирование потребительских свойств полиэтилентерефталатных волокон для ценных бумаг

Ключевые слова: защита от подделки, крейзинг полимеров, полиэтилентерефталатные волокна, люминесцентные свойства, конкурентоспособность.

Цель работы: формирование потребительских свойств полиэтилентерефталатных волокон для ценных бумаг модифицированием по механизму крейзинга люминесцентными красителями и другими видами индикаторных добавок.

Методы исследования и использованная аппаратура: структуру волокон изучали методами оптической, атомно-силовой и растровой электронной микроскопии; магнитные свойства оценивали индукционным методом на измерительной системе «Cryogenic» (Великобритания); люминесцентные характеристики изучали методом спектрофотометрии на спектрометре; стойкость люминесценции к светопогоде определяли по ГОСТ 28692-90; белизну бумаги измеряли с помощью фотометра «Колір» (Украина); стойкость поверхности бумаги к выщипыванию определяли с использованием стандартов Деннисона.

Полученные результаты и их новизна: разработана технология прерывистого модифицирования ПЭТ-волокон по механизму крейзинга люминесцентными красителями и другими индикаторными веществами; получены опытные образцы волокон, модифицированных люминесцентными красителями, с хорошим уровнем качества и высоким уровнем конкурентоспособности; показано, что разработанные волокна отличаются повышенными защитными свойствами, поскольку кроме люминесценции в УФ-свете обладают дополнительными защитными признаками (прерывистая окраска, специфическая структура поверхности).

Рекомендации по использованию: разработанные люминесцентные волокна могут быть использованы в технологии защиты документов; методы модифицирования химических волокон люминесцентными красителями и другими видами индикаторных веществ по механизму крейзинга позволяют расширить ассортимент синтетических волокон со специальными свойствами, не внося принципиальных изменений в стандартный технологический процесс производства волокон.

Область применения: полученные результаты могут быть реализованы на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности, выпускающих бумагу для печати ценных бумаг со сроком действия до трех лет.

SUMMARY

Natallia Kuzmiankova

The formation of consumer properties of polyethylene terephthalate fibers for securities

Keywords: Protection against forgery, crazing of polymers, polyethylene terephthalate fibers, luminescent properties, competitiveness.

Purpose of research: The formation of consumer properties of polyethylene terephthalate fibers for securities modified by fluorescent dyes and other tracer agents using mechanism crazing.

Methods of investigation and applied equipment: Fiber structure was studied by optical, atomic force and scanning electron microscopy; the magnetic properties were investigated by the induction method using the measuring system «Cryogenic» (UK); luminescent characteristics were studied by spectrophotometry at the spectrometer; luminescence resistance to light and weather was measured by the standard method in accordance with GOST 28692-90; laboratory castings whiteness was measured using a photometer «Kolor» (Ukraine); paper surface resistance to picking was determined using Dennison Standard.

The received results and their novelty: The technology of the intermittent modification of PET fibers on the crazing mechanism by fluorescent dyes and other indicator substances; obtained the experimental samples of fibers modified by fluorescent dyes with good quality and a high level of competitiveness; showed that developed fiber has more higher protective properties because has additional security features (dashed coloring specific, surface structure) in addition to the luminescence in UV light.

Recommendations about using: The developed fluorescent fibers can be used in the technology of documents security; methods for modification of chemical fibers by fluorescent dyes and other types of test substances on the crazing mechanism can extend the range of synthetic fibers with special properties without making fundamental changes to the standard manufacturing process of the fibers.

Fields of application: The results may be implemented within the pulp and paper industry producing a paper for the seal of securities with the term of action to three years.

Редактор *Е.Г. Сазончик*
Корректор *Т.В. Скрипко*
Технический редактор *О.В. Бордашева*
Компьютерный дизайн *О.Н. Белезяк*

Подписано в печать 21.12.2015. Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Офсетная печать. Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,3. Тираж 66 экз. Заказ

УО «Белорусский государственный экономический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/299 от 22.04.2014.

220070, Минск, просп. Партизанский, 26.

Отпечатано в УО «Белорусский государственный экономический университет».

Лицензия полиграфическая № 02330/210 от 14.04.2014.

220070, Минск, просп. Партизанский, 26.