

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Министерство промышленности и торговли Российской Федерации
Департамент экономического развития и торговли Ивановской области
Совет ректоров вузов Ивановской области**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«ИНСТИТУТ ХИМИИ РАСТВОРОВ им. Г.А. Крестова РАН»**

КОНЦЕРН «НАНОИНДУСТРИЯ»

XVIII международный научно-практический форум

**«ФИЗИКА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ: СТРУКТУРА, СВОЙСТВА,
НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ»
(SMARTEX-2015)**

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

26 – 29 мая 2015 года

Иваново 2015

УДК 677.1/5:5

Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2015) [Текст]: сборник материалов XVIII международного научно-практического форума (26-29 мая 2015 года). – Иваново: ИВГПУ, 2015. – 320 с.

Рецензенты:

Д-р техн. наук, проф. М.В. Шаблыгин (Московский государственный университет дизайна и технологии), д-р техн. наук, проф. Н.П. Пророкова (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН), д-р хим. наук, проф. Н.В. Усольцева (Ивановский государственный университет), д-р техн. наук, проф. А.К. Изгородин (Ивановский государственный политехнический университет), д-р техн. наук, проф. Е.Н. Калинин (Ивановский государственный политехнический университет), д-р техн. наук, проф. Е.С. Цобкалло (Санкт-Петербургский университет технологии и дизайна), д-р техн. наук, вед. науч. сотр. С.В. Алеева (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН), канд. техн. наук, доц. А.Н. Смирнов (Ивановский государственный политехнический университет), д-р техн. наук, проф. С.А. Кокшаров (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН), д-р техн. наук, проф. А.Г. Захаров (Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН)

Состав Программного комитета

Алоян Р.М.	чл.-корр. РААСН, д.т.н., профессор, ректор Ивановского государственного политехнического университета (г. Иваново, Россия)
Prof. Dr. Ibrahim Aman	вице-президент Kafr El-Sheikh University (г. Кафр-эль-Шейх, Египет)
Prof. Dominique Adolphe	Президент AUTEX (Universite de Haute, Эльзас, Франция)
Изгородин А.К.	д.т.н., профессор Ивановского государственного политехнического университета (г. Иваново, Россия)
Федорова Т.А.	д.т.н., руководитель дирекции ТП «Текстильная и легкая промышленность» (г. Казань, Россия)
Аврелькин В.А.	д.т.н., министр экономического развития и торговли Чувашской Республики (г. Чебоксары, Россия)
Prof. Dr. El Sayed El Nashar	профессор Kafr El-Sheikh University (г. Кафр-эль-Шейх, Египет)
Астахов М.В.	д.т.н., научный руководитель Информационно-аналитического центра «Нанотехнологии и наноматериалы» НИТУ «МИСиС» (г. Москва, Россия)
Усольцева Н.В.	д.х.н., профессор, директор НИИ Наноматериалов Ивановского государственного университета (г. Иваново, Россия)
Захаров А.Г.	д.т.н., профессор, директор Института химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (г. Иваново, Россия)
Беляев И.В.	д.т.н., профессор, руководитель научно-исследовательского Центра ОАО НПО «Магнетон» (г. Владимир, Россия)
Мизеровский Л.Н.	гл.н.с. Института химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (г. Иваново, Россия)
Богуслав Нечкар	профессор Технического университета г. Либерец (Чехия)
Патрушева Т.Н.	д.т.н., ст. н. сотр. Института химии и химической технологии Сибирского отделения РАН (г. Красноярск, Россия)
Пророкова Н.П.	д.т.н., вед.н.сотр. Института химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (г. Иваново, Россия)
Пономаренко А.Т.	д.т.н., гл.н.с. Института синтетических полимерных материалов им. Н.С.Ениколопова РАН (г. Москва, Россия)
Шаблыгин М.В.	д.х.н., профессор Московского государственного университета дизайна и технологий (г. Москва, Россия)
Кричевский Г.Е.	д.х.н., президент РСХТК, сопредседатель секции «Легкая промышленность» НОР, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (г. Москва, Россия)
Алеева С.В.	д.т.н., вед.н.с. Института химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (г. Иваново, Россия)
Федосов С.В.	акад. РААСН, д.т.н., профессор, президент Ивановского государственного политехнического университета (г. Иваново, Россия)
Чистобородов Г.И.	д.т.н., профессор Ивановского государственного политехнического университета (г. Иваново, Россия)
Петелин А.В.	исполнительный директор ООО «Ивановская текстильная компания» (г. Иваново, Россия)
Казаков М.Г.	к.э.н., начальник департамента экономического развития и торговли Ивановской области



Уважаемые участники Форума!

Рад возможности приветствовать вас на XVIII Международном научно-практическом форуме «SMARTEX».

Как известно, стабильное развитие текстильной и легкой промышленности России и, в частности, нашего текстильного края напрямую зависит от модернизации предприятий, внедрения самых современных технологических решений и повышения инвестиционной активности отраслевого бизнеса.

Сегодня перед всеми, кто заинтересован в развитии отечественной текстильной промышленности, повышении ее конкурентоспособности и в укреплении технологической независимости страны, огромное поле для продуктивной работы. Международный научно-практический форум «SMARTEX» на протяжении почти двух десятилетий служит цели: объединяя усилия ученых, специалистов и предпринимателей, способствует распространению передовых идей и технологий, создавая благоприятные условия для конструктивного диалога и обмена опытом, надежно укрепляет межрегиональное и международное взаимодействие.

Приветствую усилия организаторов Форума и столь важную работу в этом направлении коллектива сотрудников Текстильного института ИВГПУ – старейшего российского научно-образовательного центра, известного далеко за пределами области и страны. Отрадно, что инициатива создания именно текстильного инжинирингового центра поддержана на самом высоком правительственном уровне. Это, без сомнения, свидетельствует о признании высокого потенциала вуза и значимости его миссии, является лучшей гарантией дальнейшего повышения деловой активности наших ученых и реальной основой для возрождения несколько утраченного престижа профессии текстильщика.

Желаю успешной работы всем участникам Форума! Не сомневаюсь, что он пройдет в рабочей, конструктивной обстановке, а продуктивное общение специалистов в рамках программных мероприятий станет не только его закономерным итогом, но выльется в новые разработки и инвестиционные проекты, основанные на оптимальном сочетании большого научного опыта и интересов производства, направленные на благо социально-экономического развития России.

П.А. Коньков
Губернатор Ивановской области

**Участникам и гостям
XVIII МНПФ «SMARTEX»**

Дорогие друзья!

От имени правительства Чувашской Республики и от себя лично искренне рад приветствовать участников, организаторов и гостей Международного научно-практического форума «SMARTEX - 2015»!

Проведение в Иванове, в моей alma-mater, научного мероприятия, посвященного обсуждению достижений в разработке новых текстильных материалов и технологий, стало традицией, существующей уже 18 лет. А Иваново, традиционно считающееся столицей текстильного края, стало городом, где успешно реализуется модель отраслевого кластера и решаются важнейшие вопросы инновационного развития текстильной промышленности всей страны. Во многом со стороны руководства области это – проявление понимания того, что развитие любой отрасли, любой территории невозможно без создания новых современных производств, основанных на научных инновациях.

Потому не случайно и весьма символично, что Форум «SMARTEX» проходит в региональном вузе, третий год становясь местом встречи участников общенациональной текстильной технологической платформы. Ивановский государственный политехнический университет, развивая традицию Текстильной академии, стал своеобразным мостом, соединяющим столичные научные центры с промышленными районами Урала и Поволжья. Безусловно, это признание той роли, которую играет Ивановская область и ее вузы в развитии текстильной отрасли России, и результат большой работы по созданию благоприятного научно-инвестиционного климата.

Надеюсь, что нынешний Форум даст новый импульс процессам интеграции науки и производства, позволит активнее консолидировать усилия ученых, предпринимателей и представителей власти по поиску эффективных решений стоящих перед отраслью задач!

Желаю всем участникам Форума эффективной и интересной работы, полезных встреч, новых знаний! Всего вам самого доброго!

**Министр экономического развития,
промышленности и торговли
Чувашской Республики**

В.А. Аврелькин



РОЛЬ ТЕКСТИЛЬНОГО КРАЯ РОССИИ В СИСТЕМЕ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

ROLE TEXTILE TERRITORY OF RUSSIA IN LIFE SUPPORT SYSTEMS

А.К. Изгородин¹, А.В. Петелин², Д.Ю. Трусов³
A.K. Izgorodin¹, A.V. Petelin², D.Y. Trusov³

Ивановский государственный политехнический университет

ООО «Текстильная компания» (Иваново)

ООО «СолТэк» (Иваново)

Ivanovo State Polytechnic University

LTD «Weaving Factory» (Ivanovo)

LTD «SolTek» (Ivanovo)

E-mail: izgorodin@ivgpu.com, avpetelin@mail.ru, office@zoltek.ru

В настоящее время на Земле происходит переход к шестому технологическому укладу, реализации, технологии изготовления наноматериалов и нанокompозитов с использованием новых функциональных возможностей: самоорганизации, самоупорядочения, получая повышенные характеристики физических, прочностных, биомедицинских свойств, квантовых и синергетических эффектов. Наноструктурные образования возникли давно: при формировании Земли, в околоземном космическом пространстве, после выбросов вулканической пыли. Люди всегда использовали наноструктурированные волокна, изготавливали наноструктурированную дамасскую сталь, витражи из стекла, содержащего наночастицы серебра и золота. Детально рассмотрены углеродные наноструктуры: фуллерены, нанотрубки, графен и причины, обуславливающие особые свойства этих материалов: повышенное количество электронов, специфические квантово-механические состояния и т.д. Приведены данные по компонентному составу и физико-механическим свойствам нанокompозитов. Рассмотрены возможности использования Солнечной энергии, мощность которой на поверхности Земли достигает $7 \cdot 10^{14}$ кВт. Представлены данные о функциональных и многофункциональных нанокompозитах на волокнистой основе: их особенности и преимущества, компонентный состав, функциональное назначение, методики формирования и определения характеристик функциональных свойств нанокompозитов; методика активирования волокнистой основы в низкотемпературной плазме при атмосферном давлении.

Ключевые слова: нанокompозит, нанотехнология, нанотрубка, фуллерен, графен, жидкий кристалл, функциональный нанокompозит, волокнистая основа, магнитная ткань, спектроскопия, электромагнитные волны, защитная одежда, теплостойкость, магнитотерапия, системы организма человека, наномедицина, рентгеноструктурный анализ

Currently in the world there is a transition to a six technological structure, implementation, manufacturing technology of nanomaterials and nanocomposites with new features: self-organization, self-ordering, receiving increased physical characteristics, strength, biomedical properties of quantum and synergies. Nanostructure formation was a long time in the formation of the Earth, in the near-Earth space, after the emission of volcanic ash. People have always used nanostructured fibers produced nanostructured Damascus steel, stained glass, containing silver and gold nanoparticles. A detailed analysis of carbon nanostructures: fullerenes, nanotubes, graphene. Reasons for the special properties of these materials: increased number of electrons, specific quantum-mechanical state, etc. The data on the component composition and physico-mechanical properties of the nanocomposites. The possibilities of using solar energy, the power of which the Earth's surface up to $7 \cdot 10^{14}$ kW. The data on the functional and multifunctional nanocomposites fiber based: their features and benefits, the component structure, functionality, methodology for formation and characterization of functional properties of nanocomposites; method of activating fibrous substrate in a low-temperature plasma at atmospheric pressure.

Keywords: nanocomposite, nanotechnology, nanotubes, fullerenes, graphene, liquid crystal, functional fiber-based nanocomposite, magnetic tissue, spectroscopy, electromagnetic waves, protective clothing, heat, magnetic, systems of the human, nanomedicine, x-ray analysis.

Введение.

Социально-экономическое благополучие и интеллектуальное развитие человека сопряжено с научными и техническими достижениями, которые обуславливают возникновение новых технологических укладов.

В настоящее время происходит переход к шестому технологическому укладу, основой которого являются научные, технологические и технические достижения в области нанотехнологий, наноматериалов, наномедицины, нанобиологии. Приставка "нано" в данном случае – это не столько указание на размерный уровень объектов, соизмеримых с атомно-молекулярными, и, особенно, надмолекулярными образованиями, сколько констатация, ограниченности возможности исследования в трех измерениях таких объектов как фотоны, фононы и электроны, а также специфичности явлений, процессов, эффектов, способов реализации и исследования технологии изготовления наноструктурных образований, формирования наноматериалов и нанокомпозитов, эксплуатации изделий из этих материалов с использованием новых функциональных возможностей наноструктурированных объектов: самоупорядочение и самоорганизация, повышенные характеристики электрических, прочностных и магнитных свойств, биосовместимость, квантовые и синергетические эффекты, биомедицинские технологии, геновая инженерия.

1. Наноматериалы и нанотехнологии в природе.

Минералы в мантии Земли содержат углистые хондриты размером $10\div 150$ нм, т.е. планеты нашей – земной группы сформированы из наночастиц [1]. Наночастицы возникали в магме Земли и являлись зародышами крупных кристаллов в полезных ископаемых земной коры [1]. Кристаллические наночастицы обнаружены американскими астронавтами в протопланетной пыли, размер которых составляет $10\div 150$ нм, а по составу они представляют собой углистые хондриты. Распространенные на Земле минералы – глина, шунгит и цеолиты содержат наночастицы. Глина, после самодиспергирования в водной среде, представляет собой совокупность частиц размером $10\div 100$ нм. Шунгит в Карелии содержит углерод в виде фуллеренов. Цеолиты - алюмосиликаты щелочных металлов, обладающих нанопористой структурой с размером пор $(0,1\div 1)$ нм. Нанопористая структура цеолитов позволяет их использовать в качестве катализаторов и адсорбентов.

Значительное количество наночастиц возникают в атмосфере после выбросов вулканической пыли вулканами. Если выбросы вулканов совпадают с периодами высокой солнечной активности, то существенно активизируется процесс формирования наночастиц в атмосфере.

2. История нанотехнологий

С наноразмерными частицами и процессами, в которых были использованы эти частицы люди имели дело задолго до осознанного использования наночастиц и нанотехнологий. В течение нескольких тысячелетий до нашей эры люди использовали для изготовления одежды натуральные волокна хлопка, льна, пеньки, крапивы, шерсти, шелка, обеспечивая их окрашивание, поглощение ими выделяемого человеком пота, влаги из атмосферы, а также быстрое высыхание волокнистых изделий. Все указанные операции удавалось успешно реализовать потому, что волокна на молекулярном уровне, в определенной мере, и, особенно, на надмолекулярном представляют собой наноструктурные образования в виде пор, кристаллитов и аморфных зон. Для приготовления хлеба, сыра и, особенно, вина люди использовали нанотехнологические процессы брожения. Стёкла, в которые наши древние предки вводили $(0,5-1)\%$ золота, серебра и марганца размером $(50\div 100)$ нм., при различном освещении изменяют свой цвет. Этот эффект был использован для изготовления церковных витражей. Хорошо известны, используемые мусульманами, дамасские сверхпрочные клинки. Европейцы только в 19-20 веках выяснили, что дамасская сталь представляет собой анизотропные наноразмерные образования, получаемые посредством использования термомеханических обработок.

3. Углеродные наноструктуры

Разнообразие углеродных наноматериалов в результате полиморфных превращений углерода, специфичность их структуры и свойств обусловили способность этих наноструктурных образований взаимодействовать с другими веществами, образуя производные структуры углеродных и взаимодействующих с ними веществ. Особая химическая восприимчивость фуллеренов, нанотрубок, графена, подверженность их различным химическим преобразованиям обусловлена наличием в атомах указанных структурных образований валентных электронов, превышающих количество ковалентных связей, образуемых этими атомами: наблюдаются неполное ковалентное спаривание "лишних" электронов атомов, т.е. наличие у каждого атома "остаточной" плотности электронов [1-4]. Возникающие при этом повышенные донорные и акцепторные особенности углеродных материалов интенсифицируют взаимодействие этих материалов с матрицей нанокompозитов и формируют специфические свойства нанокompозитов в целом [9]: ферромагнетизм, обусловленный эффектом "кольцевого тока" с повышенной магнитной анизотропией; повышенную химическую активность; дисперсность длины С-С связей с превышением предельного значения длины этой связи равного от 1,395 Å до 1,42÷1,43Å, изменение квантово-механического состояния заряженных частиц с возникновением квантового эффекта Холла при воздействии магнитного поля. Функциональные возможности углеродных наноструктурных образований многогранны и эффективны: авторы работы [5] создавали массивы углеродных нанотрубок высотой до 100 мкм., позволяющие обеспечить ослабление электромагнитных волн до 35 Дб, и отражение их на (10÷45)%; авторы работы в источнике [2], стр.459, используя два монослоя графена в диэлектрической матрице, обеспечили сверхтекучесть электрон-дырочных пар экситонов; авторы [6] получили дисперсию: "жидкокристаллическая матрица- углеродные нанотрубки", в которых Ван-дер-ваальсовы силы притяжения формируют агрегаты на 2-3 порядка больше длины углеродных нанотрубок. Перколяция агрегатов обуславливает возрастание электропроводности на 1-2 порядка. В работе [6] показана возможность создания энергетически управляемых жидкокристаллических (ЖК) дисперсий с углеродными нанотрубками ориентированных упругими силами ЖК-матрицы; в работе [7] проведен анализ хемосорбции атомарного водорода на графене. Установлено, что при определенной концентрации водорода графен превращается в графон. При внедрении в графены атомов бора в несколько раз снижается энергия связи "графен-водород", что позволяет использовать графен для накопления и хранения водорода.

Силы связи между атомами углерода самые прочные и стабильные. Это обстоятельство А. Кларк предложил использовать для создания "космического лифта", представляющего из себя платформу, соединенную с Землей сверхпрочным тросом, изготовленным из углеродных сверхпрочных волокон. Космические корабли доставляются с Земли на платформу в лифте, а с платформы их можно запустить в космос. Возможность космических аппаратов, запущенных с платформы, существенно больше, чем аппаратов, запущенных с Земли.

Атомы углерода в углеродных нанотрубках находятся в вершинах шестиугольников, которые расположены в нанотрубке по спирали. При изменении угла наклона спиралей атомов углерода в нанотрубке она может переходить из состояния электропроводника в состояние диэлектрика. При введении в шестиугольники углеродных нанотрубок атомов других веществ они могут обладать различными свойствами, например выпрямителей и транзисторов [8].

4. Нанокompозиты

Нанокompозиты – это материал, состоящий из матрицы: металл, керамика, полимер, а также функциональных наноструктурных образований. Характеристики функциональных свойств матрицы существенно изменяются: свойства обычно возрастают, не только в связи с

повышенными характеристиками свойств вводимых наночастиц, но также посредством влияния наноструктурных образований на матрицу, например в полимерной матрице могут повыситься: степень кристалличности и плотность упаковки макромолекул в отдельных зонах; степень текстурированности на надмолекулярном уровне и образование модифицированных кристаллитов. Наноккомпозитам на полимерной основе характерны пониженная склонность к хрупкому разрушению по причине повышения их пластичности, повышенные характеристики их магнитных, каталитических и триботехнических свойств, а также характеристик защитных свойств при термических, химических и биологических воздействиях. Наноккомпозиты на металлической основе, в которую вводят наночастицы оксидов, боритов, карбидов, нитридов, нитевидные кристаллы и углеродные нановолокна способны работать при повышенных до 1600 °С температурах что позволяет использовать эти материалы в газотурбинных двигателях самолетов и соплах ракет.

Наиболее, распространенными наноккомпозитами являются углеродные наноккомпозиты: фуллерены C60 и C70 природного и искусственного происхождения, углеродные нанотрубки (УНТ) – однослойные (ОУНТ), двухслойные (ДУНТ), многослойные (МУНТ). Каждый из видов перечисленных углеродных нанотрубок имеет преимущество по отдельным показателям [8-11]: прочностным, электропроводности, термостойкости. Соответственно области преимущественного применения различного вида углеродных нанотрубок различны. Наноккомпозитам с использованием углеродных нанотрубок характерны повышенное значение следующих свойств: жесткости, упругости, прочности, термостойкости, защиты от вибраций, акустических и электромагнитных волн, относительной деформации (до 3200%) в ходе растяжений при повышенных температурах.

5. Нанотехнологии и использование солнечной энергии.

Известна фраза Мейера: "Луч Солнца – это жизнь". Многие миллиарды лет Солнце стабильно обеспечивает Землю энергией. Мощность энергии, поступающей на поверхность Земли, составляет 7·10¹⁴кВт. Энергия, излучаемая 1м² Солнце эквивалентна энергии, вырабатываемой электростанцией мощностью 60 тысяч кВт. Одна вспышка на Солнце – это энергия в 100 раз превосходящая энергию, которую можно получить, если сжечь на Земле все запасы газа, нефти и угля. Использование нанотехнологий позволяет реализовать как непосредственное преобразование солнечной энергии в электрическую и тепловую энергии, так и обеспечить накопление и хранение запасов энергии для последующего ее использования. С течением времени актуальность решения проблемы использования солнечной энергии возрастает, так как запасы топлива в Земле ограничены – это, во-первых, а во-вторых – при сгорании ископаемого топлива происходит загрязнение окружающей среды.

Среди методов преобразования солнечной энергии наиболее приемлемым является фотоэлектрический [12-14]. Достоинства указанного метода следующие [12]: бесступенчатое преобразование энергии световых квантов в электрическую, возможность использования различной элементной базы и интенсифицированного солнечного излучения, экологичность процесса преобразования солнечной энергии, возможность достижения КПД до 50% и более. Солнечные элементы представляли собой монокристаллы кремния. Более доступными с, повышенным значением КПД, являются тонкопленочные солнечные элементы, изготовленные с использованием нанотехнологий. В солнечных элементах используют такие наноструктурные образования, как квантовые ямы и точки, нановолокна, нанотрубки. Повышенное значение КПД характерно для полимер-фуллереновых солнечных элементов, в которых обеспечивается баланс в подвижности электронов и дырок в гетеропереходе [12]. По данным автора [12] нанотехнологии позволяют обеспечить надежность и экономическую эффективность использования солнечной энергии в условиях Земли и в космосе, во всех сферах деятельности человека.

6. Функциональные и многофункциональные наноккомпозиты на волокнистой основе

Функциональные композиты и нанокompозиты на полимерной основе, в том числе самоорганизующиеся, применяют в различных областях инженерной деятельности, биотехнологиях, медицине, электронике, микромеханике. Композитам и нанокompозитам на волокнистой основе, в сравнении с композитами, полученными путем реализации обычно используемых механо-термических технологий, характерны: повышенные гибкость, эластичность и трещиностойкость, биосовместимость с организмом человека, возможность приготовления из них изделий посредством швейной технологии. Указанные особенности композитов на волокнистой основе обуславливают возможность их использования как для решения неординарных инженерных задач, так и для создания изделий, защищающих человека от различных вредных воздействий, а также для реализации лечения и профилактики болезней, например путем использования магнитотерапии (табл.1).

Волокна, будучи в основе своей полимерами, отличаются от массивных полимеров структурной организацией как на молекулярном и надмолекулярном, так и микроструктурном уровнях. Наружный слой волокон, например кутикула у хлопка, «рубашка» у искусственных волокон по своему компонентному составу, физико-химическим свойствам и структуре отличается от внутреннего объема волокон не только количественно, но и качественно. Например, в кутикуле волокон хлопчатника обнаружены воск, пектин, атомы металлов.

Для формирования в волокнистых материалах наноструктурных образований необходимо активирование их поверхностных зон, а также капиллярно-пористой системы внутри волокон [22]. Обычно используемая для активации волокон низкотемпературная плазма низкого давления технически и технологически сложна, экономически не выгодна.

В работе представлены результаты разработки способа активирования волокнистой матрицы в плазме коронного разряда при атмосферном давлении: аналитически решена задача взаимодействия активных частиц в зоне коронного разряда с атомами и частицами среды, а также с материалом волокон; разработано устройство, позволяющее усилить в несколько раз естественный электрический ветер, снизить потенциал возникновения короны и вероятность выхода активных частиц из зоны расположения волокон, нейтрализовать отрицательное влияние электризации волокон на процессы их активирования.

Эффективность разработанных устройств и технологии показаны с использованием ИК-спектроскопии, термотропной мезофазы нематического типа – МБА, рентгеноструктурного анализа, а также путем определения изменения резистометрических, трениевых и прочностных свойств одиночных волокон [15-17].

Таблица 1

Функциональные и многофункциональные нанокompозиты на волокнистой основе

№ п/п	Функциональные и многофункциональные нанокompозиты на волокнистой основе	Функциональное назначение
1	2	3
1	Высококоэрцитивные магнитные ткани, создающие магнитное поле индукцией 5÷70 мТл у поверхности тела человека	1. Повышение адаптационно-регенерационных функций организма человека в экстремальных условиях. 2. Магнитотерапия. 3. Источник магнитного поля сложной конфигурации
2	Магнитомягкие магнитные ткани	Защита от электромагнитного излучения людей и техники
3	Серебросодержащие ткани	Повышенная электропроводность, бактерицидные свойства
4	Гидрофобные технические ткани	Повышенная водоупорность
5	Ткани с углеродными нанотрубками и пластичными металлическими наночастицами	Ткани защитные от вибрационных и акустических воздействий
6	Жидкокристаллические ткани с ферромагнитными наночастицами в суперпарамагнитном состоянии	Защита от высокоскоростного ин-дентирования (бронежилеты)
7	Медтекстиль: ткани и нетканые материалы	Имплантаты: сосуды, связки, сухожилия, нервные

		волокна, почки, печень, легкие и др.
8	Ткани и нетканые полотна для защитной одежды	Защита от повышенных температур, акустических и электромагнитных излучений, вибраций, действия химических и биологических факторов, а также комплексов вредных факторов
9	Ткани с жидкокристаллическими функциональными компонентами (ЖК-компоненты)	Сенсоры - ориентация парамагнитных ЖК-компонентов при воздействии даже слабых магнитных полей, переход из кристаллического в изотропное состояние, а также ориентационный Фредерикс-переход
10	Фильтрационные ткани	Поглощение или нейтрализация вредных для организма человека веществ, содержащихся в воздушной или жидкой среде
11	Солнечные батареи	Энергетика
12	Защитная многофункциональная одежда: силовые структуры 400 000 человек, работники МЧС – 150 000 человек, полярники, космонавты, спортсмены 50 000 человек, работники различных отраслей промышленности 250 000 человек	Повышение адаптационного резерва организма человека в экстремальных условиях, защита от вибрационного, акустического, электромагнитного, химического и биологического воздействий
13	Геотекстиль, магнитные ткани	Сельское хозяйство
14	Радиопоглощающие и гидроакустические покрытия	Защита надводных кораблей и подводных лодок
15	Покрытия для ослабления электромагнитных волн, солнечной радиации, теплового потока. Снижение отражения в видимой области спектра и, тем самым, снижение видимости на радарх	Самолеты МиГ, Су, МС, И-21, ТУ-160 Вертолеты Ка-62, "Ансат"
16	Ткани с регулируемыми характеристиками рассеяния, поглощения и излучения	Маскировка военной техники и личного состава
17	Ткани с повышенными значениями характеристик прочности, магнитных свойств, теплостойкости	Системы защиты от помех и доступа к линиям связи, приборным комплексам, системам навигации, космическим комплексам, боевым ракетам, атомным электростанциям
18	Конструктивные элементы пониженной массы и повышенной прочности с использованием углеродных нанотрубок и волокон	Ракетно-космический комплекс

Разработка защитных тканей в России весьма актуальна и обусловлена следующими причинами:

- в России 10 тысяч химических объектов из них 2,5 тысяч являются опасными;
- опасные объекты расположены в 146 городах, где проживают 44 млн. человек;
- в атмосферу ежегодно поступает 20 млн. тонн химических веществ;
- из-за рубежа и в связи с извержениями вулканов в Россию ежегодно поступает около 100 млн. тонн различного вида загрязнений;
- ежегодный рост химических и биологически опасных территорий составляет 2-2,5 тыс. км²;
- в различных зонах России необходима биозащита до сих пор периодически возникают такие инфекции как ящур, грипп, чума.

Функциональные и многофункциональные наноконпозиты на волокнистой основе можно использовать в качестве конструкционных, электропроводящих, диэлектрических, термо-огне-радиационно и хемистойких, шумо- и вибропоглощающих, триботехнических. Интеллектуальные, самоорганизующиеся самодиагностирующие волокнистые наноконпозиты способны адаптироваться к внешним условиям, изменять уровень своих функциональных свойств. Функциональные ткани являются одним из видов полимерных

композиционных материалов. Основные отличия функциональных тканей от полимерных функциональных композитов – это повышенное значение деформационно-релаксационных характеристик и гибкости, обеспечивающие способность функциональных тканей приобретать различную форму, например экранируемого от электромагнитного излучения объекта; биосовместимость с организмом человека, обеспечивающую контроль различных систем организма человека, передачу и прием информации для оценки состояния этих систем, а также для реализации действий по поддержанию их в рабочем состоянии.

Для изготовления функциональных тканей необходимы разработка компонентного состава и технологии получения тканей посредством введения в них частиц магнитных материалов, в том числе наноразмерных методами иммобилизации и импрегнирования, а также химического формирования. В отличие от трехмерных полимерных композитов для формирования функциональных материалов на волокнистой основе необходимы детальные исследования: структуры волокон на микроструктурном, надмолекулярном и молекулярном уровнях, особенности структурной организации волокон в нитях и нитей в ткани.

6.1. Функциональные магнитные нанокompозиты на волокнистой основе – магнитные ткани

Магнитные ткани – могут быть использованы в различных инженерных и биологических объектах.

6.1.1. Применение магнитных волокнистых нанокompозитов – магнитных тканей.

Эти ткани, разработанные на кафедре физики и нанотехнологий Ивановской государственной текстильной академии, могут нормализовать работу практически всех систем организма человека, особенно нервной и могут быть использованы для реализации магнитотерапии. Механизмы действия магнитного поля на организм человека проявляются на уровне электронов, атомов, диполей, молекул, мембран, и клеток, имеются экспериментальные данные по действию магнитного поля на различные системы организма человека. В соответствии с данными литературных источников, цитированных в предыдущих отчетах, установлены следующие механизмы воздействия магнитного поля на организм человека.

Под влиянием магнитных полей у макромолекул (ферменты, нуклеиновые кислоты, протеины и т.д.) происходит возникновение зарядов и изменение их магнитной восприимчивости. В связи с этим магнитная энергия макромолекул может превышать энергию теплового движения, и поэтому магнитные поля даже в терапевтических дозах вызывают ориентационные и концентрационные изменения биологически активных макромолекул, что отражается на кинетике биохимических процессов.

В механизме первичного действия магнитных полей большое значение имеет ориентационная перестройка жидких кристаллов, составляющих основу клеточной мембраны и многих внутриклеточных структур. Происходящие ориентация и деформация жидкокристаллических структур (мембраны, митохондрии и др.). Под влиянием магнитного поля изменяется проницаемость структур, играющей важную роль в регуляции биохимических процессов и выполнении ими биологических функций.

Воздействие магнитного поля на элементарные токи в атомах и молекулах вне- и внутриклеточной воды обуславливает изменение ее квазикристаллической структуры. Изменяются свойства воды: поверхностное натяжение, вязкость, электропроводность, диэлектрическая проницаемость, вследствие пространственной ориентации элементарных токов в атомах и в целом молекулах воды. Эти изменения способствуют выполнению специфических функций молекулами белков, нуклеиновыми кислотами, полисахаридами и другими макромолекулами, образующих с водой единую систему.

Одним из важных регуляторных механизмов в живых системах является активность ионов. Она определяется, прежде всего, их гидратацией и связью с макромолекулами. При действии магнитных полей различающиеся по своим магнитным и электрическим свойствам

компоненты системы (ион-вода, белок-ион-вода) совершают колебательные движения, параметры которых могут не совпадать. Последствием этого процесса будет освобождение части ионов из связи с макромолекулами и уменьшение их гидратации, и, следовательно, возрастание ионной активности. Увеличение под влиянием магнитного поля ионной активности в тканях, является предпосылкой к стимуляции клеточного метаболизма.

При воздействии на сосуды магнитное поле ориентирует не только биологически активные макромолекулы, но и надмолекулярные, а также клеточные структуры. Ярким примером такой ориентации является выстраивание цепочек эритроцитов под действием магнитного поля. Среди макроскопических эффектов магнитных полей следует отметить их пондеромоторное действие на нервные стволы и мышечные волокна, проявлением чего является изменение их электрофизической активности и функциональных свойств.

Особенно следует указать о специфическом действии переменного и импульсного магнитных полей. В нем кроме диамагнитного и парамагнитного взаимодействия происходит взаимодействие с переменным электрическим полем, которое возникает при любом изменении магнитного поля. Поскольку в тканях имеются свободные заряды, ионы или электроны, то индуцированное электрическое поле вызовет их движение.

Исходя из выше перечисленных механизмов действия, можно сказать, что постоянное магнитное поле влияет на ткани человека через диа- и парамагнитные эффекты, а переменное и импульсное, кроме этого, через генерируемые "электрические токи". При реализации действия на живые системы оказываются задействованными субмолекулярные, молекулярные и надмолекулярные структуры, что влечет за собой изменения на клеточном, системном и организменном уровнях.

Действие магнитного поля на организм характеризуется:

- различиями в индивидуальной чувствительности и неустойчивостью реакций организма и его систем на воздействие магнитного поля;
- корригирующим влиянием магнитного поля на организм и его функциональные системы;
- воздействие на фоне повышенной функции органа или системы, обуславливает ее снижение, применение магнитного поля в условиях угнетения функции сопровождается ее повышением;
- изменением направления фазности реакций организма под действием магнитного поля на противоположное;
- степенью выраженности терапевтического действия, на которую влияют физические характеристики магнитного поля. Эффект и изменения в органах более выражены при воздействии переменного и импульсного магнитных полей по сравнению с постоянным;
- многим реакциям организма присущ пороговый или резонансный характер, особенно при использовании импульсных магнитных полей;
- временным характером действия магнитного поля: после однократных воздействий реакции организма сохраняются в течение 1-6 суток, а после курсовых процедур в течение 30-45 дней;
- органы и системы человека по-разному реагируют на действие магнитного поля. Избирательность ответной реакции организма зависит от электрических и магнитных свойств тканей, различия микроциркуляции в них интенсивности метаболизма и состояния нейрогуморальной циркуляции. По убыванию степени чувствительности различных систем организма человека к магнитному полю их можно расположить в порядке: нервная, эндокринная, органы чувств, сердечнососудистая, кровь, мышечная, пищеварительная, выделительная, дыхательная и костная.

Действие магнитного поля на нервную систему характеризуется изменением поведения организма, его условно-рефлекторной деятельности, физиологических и

биологических процессов. Это возникает за счет стимуляции процессов торможения, что объясняет возникновение седативного эффекта и благоприятное действие магнитного поля на сон, и эмоциональное напряжение. Наиболее выраженная реакция со стороны ЦНС наблюдается в гипоталамусе, далее следует кора мозга, гиппокамп, ретикулярная формация среднего мозга. Это в какой-то степени объясняет сложный механизм реакции на воздействие магнитного поля и зависимость от исходного функционального состояния, в первую очередь нервной системы, а затем уже других органов.

Со стороны гипоталамуса, под действием магнитного поля, отмечается активизация и синхронизация работы секреторных клеток, усиление синтеза и выведение нейросекрета из его ядер. Одновременно происходит усиление функциональной активности всех долей гипофиза, т.е. активизация обменных процессов. Однако при длительных и мощных (более 70 мТл) воздействиях может возникнуть угнетение нейросекреторной функции и развитие продуктивно-дистрофических процессов в клетках ЦНС. Под влиянием магнитного поля с индукцией малой интенсивности снижается тонус церебральных сосудов, улучшается кровоснабжение мозга, происходит активация азотистого и углеводно-фосфорного обмена, что повышает устойчивость мозга к гипоксии. Воздействие магнитного поля на воротниковую область сопровождается улучшением гемодинамики и снижением как систолического, так и диастолического давления до нормального уровня.

Возбуждение гипоталамо-гипофизарной системы вызывает цепную реакцию активации периферических эндокринных желез - мишеней под влиянием релизинг-факторов, синтез которых стимулируется в гипоталамо-гипофизарной системе, а затем и многочисленных разветвленных метаболических реакций. В эндокринной системе при воздействии переменного магнитного поля индукцией до 30 мТл и частотой до 50 Гц с небольшой экспозицией, происходит развитие реакции тренировки и повышенной активности всех отделов эндокринной системы. Со стороны щитовидной железы отмечается стимуляция ее функции под действием магнитного поля в отличие от угнетающего эффекта многих других раздражителей, что дает предпосылки к использованию магнитных полей в комплексной терапии при ее гипофункции.

Отмечается снижение давления в системе глубоких и подкожных вен, артериях. Одновременно повышается тонус стенок сосудов, происходят изменения упруго-эластических свойств и биоэлектрического сопротивления стенок кровеносных сосудов. Изменения гемодинамики, а именно гипотензивный эффект, связан с развитием брадикардизирующего эффекта, а также за счет снижения сократительной функции миокарда. Этот эффект используется для снижения нагрузки на сердце.

Магнитное поле оказывает воздействие на развитие изменений в микроциркуляторном русле различных тканей. В начале воздействия магнитного поля происходит кратковременное (5-15 минут) замедление капиллярного кровотока, которое затем сменяется интенсификацией микроциркуляции. Во время и по окончании курса магнитотерапии происходит ускорение капиллярного кровотока, улучшение сократительной способности сосудистой стенки, и увеличение их кровенаполнения. Увеличивается просвет функционирующих компонентов микроциркуляторного русла, возникают условия, способствующие раскрытию предсуществующих капилляров, анастомозов и шунтов.

При влиянии магнитных полей возникает гипоагуляционный эффект за счет активации противосвертывающей системы, уменьшения внутрисосудистого пристеночного тромбообразования и снижение вязкости крови посредством влияния магнитных полей малой интенсивности на ферментативные процессы, электрические и магнитные свойства элементов крови, принимающих участие в гемокоагуляции.

Воздействие магнитного поля оказывает значительное влияние на обмен веществ в организме. В сыворотке крови увеличивается количество общего белка и глобулинов, повышается их концентрация в тканях за счет α - и γ -глобулиновых фракций. При этом происходит изменение структуры белков. При кратковременных ежедневных общих влияниях на организм магнитных полей снижается содержание пировиноградной и молочной

кислот не только в крови, но также в печени и мышцах. При этом наблюдается увеличение содержания гликогена в печени.

Под действием магнитного поля в тканях происходит снижение содержания ионов Na при одновременном повышении концентрации ионов K, что является свидетельством изменения проницаемости клеточных мембран. Отмечается снижение содержания Fe в мозге, сердце, крови, печени, мышцах, селезенке и повышение его в костной ткани. Это перераспределение Fe связано с изменением состояния органов кровотока. При этом повышается Si в мышцах сердца, селезенке, семенниках, что активизирует адаптационно-компенсаторные процессы организма. Содержание Co понижается во всех органах и происходит его перераспределение между кровью, отдельными органами и тканями. Под влиянием магнитного поля возрастает биологическая активность Mg. Это приводит к уменьшению развития патологических процессов в печени, сердце, мышцах.

Отмечено, что магнитные поля небольшой индукции стимулируют процессы тканевого дыхания, изменяя соотношение свободного и фосфорилирующего окисления в дыхательной цепи. Усиливается обмен нуклеиновых кислот и синтез белков, что влияет на пластические процессы. Воздействие на пролиферацию и регенерацию определяется увеличением перекисного окисления липидов.

Характерным проявлением действия магнитного поля на организм считается активация процессов метаболизма углеводов и липидов. О последнем свидетельствует увеличение неэстерифицированных жирных кислот и фосфолипидов в крови и внутренних органах, уменьшение холестерина крови.

Таким образом, магнитное поле обуславливает многообразные действия на организм, что способствует развитию индивидуальных обратимых благоприятных явлений.

Исходя из установленных принципиальных возможностей воздействия магнитного поля на организм человека магнитный костюм может быть использован участниками ликвидации чрезвычайных ситуаций, в том числе пожарными:

- в ходе ликвидации чрезвычайных ситуаций, в том числе при тушении пожара;
- после ликвидации чрезвычайных ситуаций для восстановления текущего функционального состояния организма;
- во время дежурства и в нерабочее время для реализации магнитотерапии;
- в процессе лечения работников МЧС использовать магнитный костюм как одну из составляющих при комплексном лечении заболевших.

Костюм может быть также использован: спортсменами в период подготовки к ответственным выступлениям и особенно, после выступлений для восстановления функциональных возможностей организма; работниками МЧС, находящимися на пенсии, для предотвращения появления сердечно-сосудистых патологий, негативных нервно-рефлекторных явлений поддержания оптимального баланса отделов вегетативной нервной системы.

7. Методики, используемые в исследованиях при разработке компонентного состава и технологии функциональных нанокompозитов на волокнистой основе.

7.1. Методики определения характеристик структуры волокон на молекулярном и надмолекулярном уровнях.

7.1.1. Методика определения параметров структуры волокон на молекулярном уровне.

Формирование функциональных нанокompозитов должно быть основано на понимании особенностей структуры волокон на всех уровнях и, что очень важно, на знании характеристик их капиллярно-пористой структуры, в которой желательнее формировать функциональные наноструктурные образования. Исследование структуры молекулярного уровня проведено методами инфракрасной спектроскопии [15-18].

Инфракрасная (ИК) спектроскопия)

ИК-спектроскопия проведена методом твердых иммерсионных сред, когда ИК-лучи проходят через весь объем волокна. В этом случае полученный спектр характеризует особенности молекулярного строения внутренних объемов целлюлозы, т.к. объем поверхностной зоны составляет примерно 1% от объема волокна. Спектры получены на прозрачных таблетках, изготовленных следующим образом: нарезка волокон длиной около 0,1 мм в количестве 2 мг, смешивание измельченных волокон с 300 мг КВг и растирание в агатовой ступке (КВг предварительно высушен при 290°C в течение 4 часов), прессование смеси в пресс-форме давлением 100 ат с выдержкой при этом давлении в течение 1 минуты. Растирание полученной мутной таблетки в агатовой ступке, вторичное прессование при тех же режимах с получением тонкой прозрачной таблетки. Полученную таблетку помещали в водонепроницаемую оболочку. ИК-спектры получены на спектрометре SPECORD M80/85/ при значении постоянной интегрирования 0,25с. На спектрах по оси ординат отложена доля, пропускания T в процентах, а по оси абсцисс - частота в см-1.

При съемке методом нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) ИК-лучи входят в волокно на глубину, составляющую десятки ангстрем, следовательно, спектры полученные методом НПВО, характеризуют особенности молекулярного строения в виде прядок волокон на спектрометре Avator FT-IR ESP. Оптическую плотность определяли по формуле:

$$D = \lg (I_0/I) \quad (1)$$

где: I_0 – интенсивность падающего луча, величина которой принимается равной 100%;

I – интенсивность луча, прошедшего через фрагменты волокон в таблетке, определенная методом базисной линии.

Особенности ИК-спектров характеризовали также положением пиков в спектре, и относительной их полушириной δ , которую определяли так: $\delta = \Delta/\Pi$, где Δ (см-1) – полуширина пика в спектре, характеризующая число неэквивалентных состояний соответствующих групп и зависящая от ближайшего окружения этих групп, а Π (%) - поглощение волокнами ИК-лучей. Рост Δ обусловлен снижением совершенства структурной организации волокна на молекулярном уровне, т.к. обусловлен увеличением числа неэквивалентных состояний функциональных групп в ближайшем окружении.

7.1.2. Методика определения параметров структуры волокон на надмолекулярном уровне посредством рентгеноструктурного анализа

Рентгеноструктурные исследования проведены на дифрактометре ДРОН-3, с использованием излучения $\text{SiK}\alpha$, выделенного сбалансированным Ni - Co фильтром. Съемку осуществляли по схеме «на просвет». Степень кристалличности целлюлозы (P) рассчитана по уравнению [19]:

$$P = \varphi [1 + K(w_{\text{ц}}^{-1})] \quad (2)$$

где: φ - определяемая рентгенографически доля рассеяния рентгеновских лучей от кристаллических областей целлюлозы в образце;

$K = \frac{F_{\text{м}}}{F_{\text{ц}}}$ - коэффициент, равный отношению рассеивающих способностей лигноуглеводной матрицы ($F_{\text{м}}$) и целлюлозы ($F_{\text{ц}}$);

$w_{\text{ц}}$ - содержание целлюлозы в образце. Значение коэффициента $K=0,3$ для смесей лигнина и гемицеллюлозы с целлюлозой различной степени кристалличности [75]. Величина φ найдена по уравнению:

$$\varphi = \frac{A_{\text{кр}}}{A_{\text{обр. R}}} \cdot 100\% \quad (3)$$

где $A_{кр} = A_{обр} - A_{диф}$ – интегральная интенсивность рассеяния кристаллическими областями целлюлозы, имп; $A_{обр}$ – интегральная интенсивность рассеяния образцом в интервале углов дифракции $2\Theta = 7,0 \dots 35,5^\circ$, имп; $A_{диф}$ – интегральное диффузное рассеяние, имп; R – коэффициент, учитывающий некогерентное (комптоновское) рассеяние рентгеновских лучей. Сферическая симметрия рассеяния рентгеновских лучей достигнута путем измельчения элементарных волокон (до 0,5 мм и менее) с последующим прессованием в таблетку под давлением 2 МПа, а также вращением образца при записи дифрактограмм. Волокна предварительно высушены при 60°C и помещены в герметичную ячейку, которую закрепляли в гониометрической приставке ГП-13. Размеры кристаллов рассчитаны по формуле Шеррера [20]:

$$L = \frac{0,9\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (4)$$

где λ – длина волны рентгеновского излучения, нм;

β – исправленная ширина анализируемого рефлекса, рад;

θ – угловое положение рефлекса, град. Исправленную ширину рефлексов находили по уравнению:

$$\beta = \sqrt{B^2 - b^2} \quad (5)$$

где B – экспериментальная ширина анализируемых рефлексов, рад;

b – ширина рефлекса эталонного образца, рад.

Величины B и b определены на уровне половины высоты максимума рефлекса после вычета фона и аморфного гало. Для расчета b использован рефлекс при $2\theta = 20,5^\circ$ от поликристаллического образца D-глюкозы.

7.2. Определение коэффициента тангенциального сдвига (КТС) волокон:

Для характеристики фрикционных свойств волокон использовано значение силы сопротивления движению одного волокна по другому – силы тангенциального сдвига T , определяемой силой трения Амонтона F_a и силой цепкости F_c между волокнами. При этом КТС волокон μ , вычислен по формуле:

$$\mu = \frac{F_a + F_c}{N} = \frac{\beta + \alpha \cdot S_{ф}}{N} \quad (6)$$

где: N – сила нормального давления;

β – коэффициент трения по закону Амонтона;

$S_{ф}$ – фактическая площадь контакта волокон;

α – коэффициент, учитывающий цепкость волокон.

Сила тангенциального сдвига одного волокна по другому определена на установке (рис.1), разработанной на кафедре физики и нанотехнологий. Волокно 4 закреплено и натянуто с помощью грузика, а другое (3) движется, прижимаясь к волокну 1 с силой N (рис. 1). Сила N измеряется торсионными весами с точностью $5\mu\text{H}$. Сила сопротивления движению одного волокна по другому смещает пластину 7 со стрелкой 8 и регистрировали фотодиодами. При движении волокон они зацепляются, нагрузка возрастает, а затем происходит страгивание подвижного волокна. Значение силы T в моменты страгивания волокна определяет статическое значение КТС волокон, а среднее значение T в ходе движения одного волокна по другому – динамическое значение КТС.

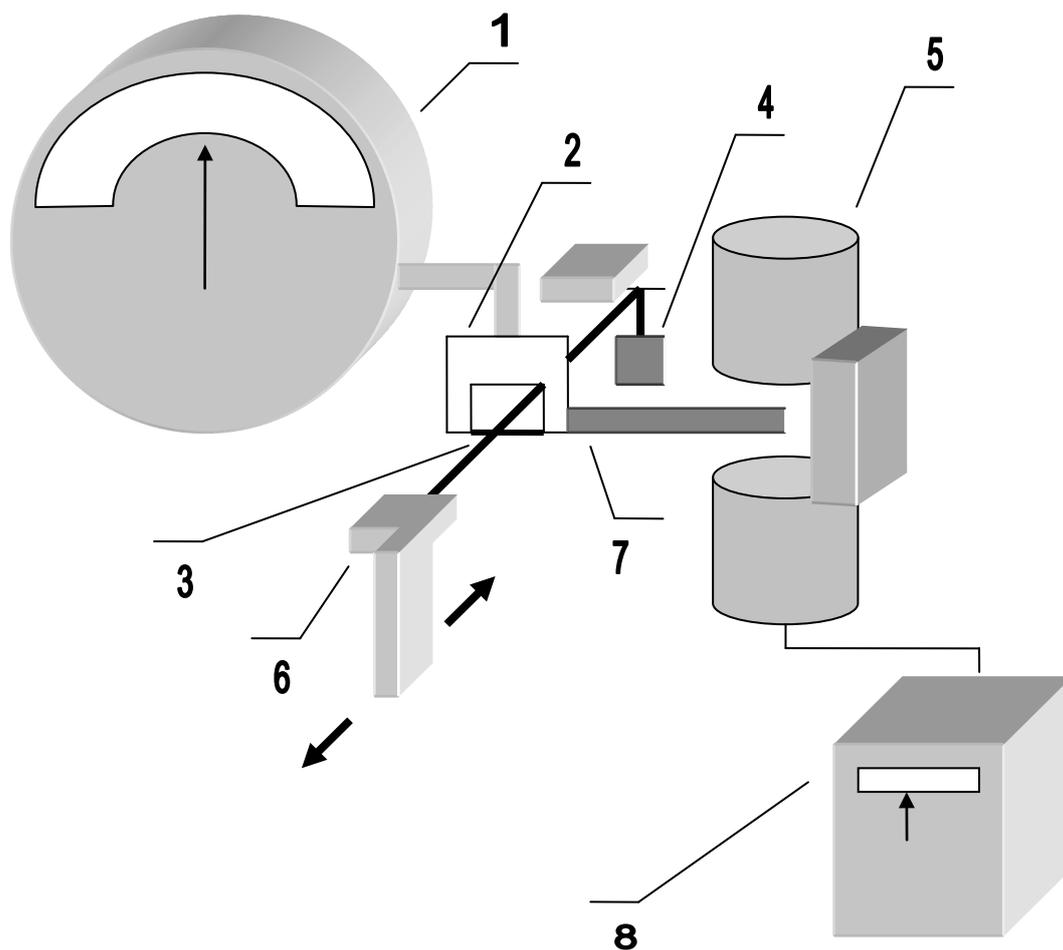


Рис.1 Схема установки для измерения коэффициента тангенциального сдвига волокон:
 1 – торсионные весы; 2 – рамка с наклеенным неподвижным волокном;
 3 – подвижное волокно; 4 – груз натяжения подвижного волокна;
 5 – фотодатчик; 6 – стойка крепления подвижного волокна, совершающая возвратно-поступательное движение; 7 – лепесток, изменяющий световой поток, падающий на фотодиоды, при колебаниях рамки с неподвижным волокном; 8 – самописец КСП-4.

таких случаях закон Гука: $\sigma = \frac{\sigma}{E}$ не справедлив и относительную деформацию волокна ε нужно находить по формуле вида:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} - \frac{\sigma}{E\alpha} (1 - L^{-\tau/\tau_0}) + \frac{\sigma\eta}{\eta} \tau \quad (7)$$

где: σ - приложенное напряжение;
 $E\alpha$ - модуль эластичности;
 τ_0 и τ – время релаксации и деформирования соответственно;
 η – коэффициент вязкости.

Таким образом, начальный прямолинейный участок деформирования волокна определяется упругоэластической деформацией. Определенный по формуле модуль:

$$E_d = \Delta\delta / \Delta E \quad (8)$$

представляет собой модуль деформирования.

Величина E_d по сути характеризует жесткость волокна при конкретных условиях нагружения его. Естественно, для одного и того же волокна при разных условиях нагружения он будет различным, т.е. E_d не является константой материала как и все другие характеристики прочности волокон. Однако его значение при реализации технологии или конкретных условиях эксплуатации волокон является характеристикой по их жесткости, что очень

важно знать как технологу, так и потребителю. Константой материала является модуль продольной упругости E , его значение позволяет судить о природе материала: особенностях межатомного взаимодействия, обуславливающих целостность волокна. Для определения значения E время нагружения, должно быть менее 10-2 с. Это условие с запасом достигается при нагружении волокна ультразвуком: время изменения σ от нуля до максимального значения в ультразвуковой волне составляет 5· 10-5с и менее.

В работе модуль упругости определен на установке с встроенным микрокомпьютером. Величина E на данной установке определяется соотношением:

$$E = \rho v^2; \quad v = \frac{\Delta L}{\Delta \tau}; \quad \Delta L = L_2 - L_1; \quad \Delta \tau = \tau_2 - \tau_1; \quad (9)$$

где: ρ - плотность волокна;

v - время прохождения ультразвука через участки волокна L_1 и L_2

Значения ρ , L_1 , L_2 – вводятся в компьютер, который в автоматическом режиме определяет значение $\Delta\tau$ и E . Число измерений также задает компьютер по введенному экспериментатором значению коэффициента, вариации величины E . Коэффициент вариации для выборки, состоящий из 30 волокон, определен стандартным методом.

7.4 Электрические свойства волокон

Основными технологическими и функционально значимыми электрическими характеристиками волокон являются удельные поверхностное ρ_S и объемное ρ_V электрические сопротивления.

Удельное поверхностное электрическое сопротивление определено в соответствии с ГОСТ 22227-88 на приборе ИЭСТВ-1М. Значение ρ_S вычислено по формуле:

$$\rho_S = \frac{K}{\gamma^2 \sqrt{T\gamma}} \cdot R \quad (10)$$

где: R - электрическое сопротивление волокон массой 3 г.

K – коэффициент, зависящий от массы пробы и конструкции прибора. В данном случае при m = 3г величина K=903,5

γ - плотность волокна

T — линейная плотность волокна

Величина ρ_V определена на установке кафедры физики и нанотехнологий ИВГПУ методом заряда и разряда конденсатора. В соответствии с определением ρ_V ее величина равна:

$$\rho_V = \frac{R \cdot S}{L} \quad (11)$$

где: R - электрическое сопротивление прядки волокон

S - сечение волокон;

L - длина прядки волокон

Для обеспечения электрического контакта волокон с подводящими проводниками на них в концевых зонах был нанесен токопроводящий клей. При пропускании тока в цепи с волокнами производили заряд конденсатора емкостью C. Величина заряда Q, накопленного в конденсаторе за время t, равна:

$$q = CU \left(1 - L^{\frac{t}{RC}} \right) \quad (12)$$

где: U - разность потенциалов на источнике. Время зарядки конденсатора было маленьким настолько что выполнялось соотношение: $t \ll RC$. С учетом этого

$$L^{\frac{t}{RC}} = 1 - \frac{t}{RC}, \text{ а } 1 - L^{\frac{t}{RC}} = \frac{t}{RC} \quad (13)$$

Подставляя 13 в 12 получаем:

$$q = \frac{CUt}{RC}, \text{ а } R = \frac{Ut}{q}, \text{ тогда } \rho_V = \frac{Ut \cdot 3}{QL} \quad (14)$$

Величины U, t, S и L известны, а значение Q определено цифровым гальванометром. В работе измерения проведены на 5 пробах по три измерения на каждой пробе. При таком количестве измерений погрешность значения ρ_V не превышала погрешность используемых приборов.

7.5. Оценка энергетического состояния поверхностных зон волокон

Визуализация полей разной природы около поверхности материала весьма эффективна при помощи мезоморфных фаз – жидких кристаллов. Наиболее часто используемой для исследования поверхности материала является термотропная мезофаза нематического типа. При температурах несущественно отличающихся от комнатной обычно применяют метоксибензилен - бутиланилин (МББА), который использовали и в данной работе. Химическая формула МББА такова:

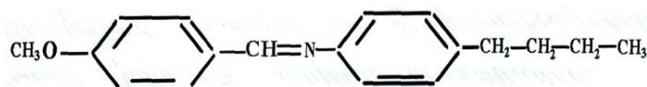


Рис. 2

Нематические (в виде нити) образования имеют высокую степень анизотропности. Молекулы нематика спонтанно выстраиваются своими длинными осями параллельно друг другу. При охлаждении мезофаза переходит в кристалл, а при нагревании она переходит в

изотропное состояние. Хорошо ориентированная структура в нематике позволяет обеспечить стабильный контакт ЖК с волокнами, а переход мезофазы в изотропное состояние при невысоких температурах может быть использовано в качестве характеристики энергетического состояния поверхности. При взаимодействии нематика с поверхностью последняя, воздействуя на нематик, обуславливает его сжатие (растяжение) изменяя толщину слоя H . Величина H , таким образом, характеризует упругую энергию деформирования ЖК, значение же энергии искажения ориентации молекул ЖК определяется их длиной L . Отношение энергии деформирования ЖК к энергии ориентации молекул равно $(H/L)^2 = 25 \cdot 10^{10}$. Незначительные сжимающие воздействия на ЖК обусловят существенные изменения ориентации его молекул и, следовательно, сильное изменение его оптических свойств.

В данной работе волокна помещали между двумя стеклами вместе с МББА. Стекла натирали шерстяной тканью и высушивали горячим паром изопропилового спирта. Такая подготовка поверхности стекол обеспечивала гомеотропную ориентацию молекул жидкого кристалла. При помещении в ЖК волокна возникает взаимодействие поверхности волокна с молекулами ЖК, характеризующее поверхностным натяжением между ними γ_{LC} равное:

$$\gamma_{s-LC} = \gamma_s + \gamma_{LC} - 2\Pi(\gamma_s \cdot \gamma_{LC})^{1/2} \quad (15)$$

где γ_s - поверхностное натяжение волокна

γ_{LC} - поверхностное натяжение жидкого кристалла;

Π - параметр учета совместного дипольного и дисперсионного взаимодействий.

Видно, что при значительной величине γ_{LC} исходная гомеотропная ориентация нематика может быть нарушена: произойдет перестройка ориентации молекул ЖК от гомеотропной до планарной. Ширина зоны с искаженной гомеотропной ориентацией будет характеризовать дальное действие сил поля около поверхности волокна, а изменение температуры перехода нематика в изотропное состояние будет характеристикой энергии этого взаимодействия. Возникшую текстуру в ЖК под действием помещенного в него волокна, ширину зоны искаженной гомеотропной ориентацией и температуру перехода МББА в изотропное состояние регистрировали в поляризационном микроскопе с измерительной ячейкой, которую нагревали. Точность измерения температуры составляла $0,1^\circ\text{C}$, а ширины зоны около волокна – $0,1\text{мкм}$.

7.6. Определение показателя двулучепреломления.

В данной работе показатель двулучепреломления использован в качестве интегральной характеристики степени кристалличности и анизотропности кристаллов, а также упорядоченности расположения оси волокна структурных образований молекулярного уровня, например гидроксильных групп.

Значение Δn , характеризующее степень кристалличности и анизотропности расположения структурных образований в поверхностной зоне, было определено иммерсионным методом. Величина Δn в этом случае, определена по смещению светлой полоски Бекке, возникновение которой обусловлено лучами претерпевшими полное внутреннее отражение на границе раздела "волокно-иммерсионная среда". Эти лучи проникают только в поверхностную зону волокон: примерно на $5 \cdot 10^{-4}$ мкм. В качестве иммерсионной среды выбрана смесь "а-бромнафталин-ксилон". Показатель преломления смеси изменяли с шагом $0,002$, контролируя его величину на рефрактометре с точностью $0,001$.

Значение Δn при наложении обыкновенного и необыкновенного лучей после прохождения ими через весь объем волокна находили по цвету возникающей интерференционной картины. Использованный поляризационный микроскоп позволял наблюдать эту картину в скрещенных и параллельных поляроидах. Измеряя величину поперечника волокна и, пользуясь стандартными таблицами определения разности хода

обыкновенного и необыкновенного лучей, по интерференционным картинам, определяли величину Δn по формуле:

$$\Delta = (\mathbf{n}_e - \mathbf{n}_0)\mathbf{d}, (\mathbf{n}_e - \mathbf{n}_0) = \Delta \mathbf{n} = \frac{\Delta}{\mathbf{d}} \quad (16)$$

Δ – разность хода необыкновенного и обыкновенного лучей;
 n_e и n_0 – показатели преломления необыкновенного и обыкновенного лучей;
 необыкновенного и обыкновенного лучей;
 d – поперечный размер волокон.

8. Активация волокнистой основы низкотемпературной плазмой коронного разряда.

Для формирования в волокнистых материалах наноструктурных образований необходимо активирование их поверхностных зон [23,24], а также капиллярно-пористой системы внутри волокон [21]. Обычно используемая для активации волокон низкотемпературная плазма низкого давления технически и технологически сложна, экономически не выгодна.

Нами разработана установка, позволяющая получить плазму коронного разряда, обеспечивающая активацию волокнистого материала при атмосферном давлении (рис.2), в которой для усиления естественного электрического ветра в 25 раз установлен вентилятор под перфорированным электродом, Для снижения потенциала возникновения коронного разряда и предотвращения выхода ионов из зоны расположения волокон установлены возмущающие электроды, закрепленные на небольшом расстоянии от перфорированного электрода. Параметры конструкции установки и режим ее работы были определены на основе аналитического описания модели коронного разряда под иглой.

По данным В.И. Попкова и И.П. Верещагина [18;20] плотность электрических зарядов во внешней зоне коронного разряда, в нашем случае зона А и Б (рис. 1), можно определить, используя уравнение:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + v \text{grad} \rho = D \Delta \rho - B \rho^2 \quad (17)$$

где: ρ – объемная плотность зарядов, v – скорость движения зарядов, D – коэффициент диффузии, Δ – оператор Лапласа, B – коэффициент, учитывающий особенность среды, t – время. С учетом граничных условий: $\varphi_{III} = 0, \varphi_{IV} = \text{const}, \varphi_u = \varphi_{\text{max}}$ и, располагая систему отсчета на движущемся ионе, уравнения (17) приняло вид:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -B \rho^2 \quad (18)$$

Значение коэффициента B в зонах А и Б (рис. 2) отличаются. В зоне А – коэффициент B_A , его величину определяет подвижность ионов в воздухе, а в зоне Б значение коэффициента B_B определяет подвижность ионов в смеси: воздух – волокна.

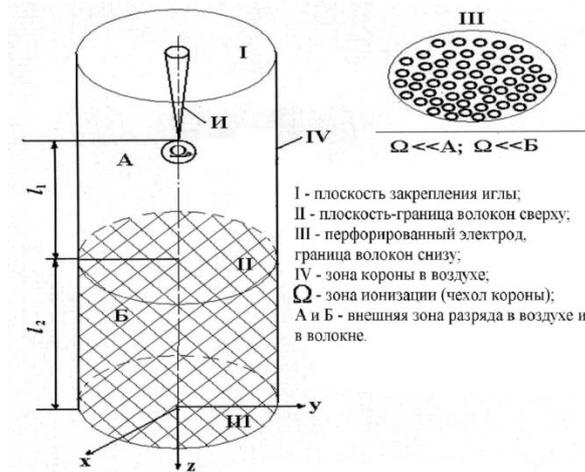


Рис. 3 Схема коронного разряда под иглой

После преобразования и интегрирования уравнения были получены формулы для вычисления объемной плотности зарядов ρ , напряженности электрического поля E и потенциала ϕ в зонах А и Б, а также на границе раздела этих зон А Б:

$$\frac{1}{\rho_A} = \frac{1}{\rho_0} + \frac{K}{\varepsilon_0 \varepsilon_A} t_1; \rho_{AB} = \frac{\rho_0}{1 + \rho_0 B_A \frac{\ell_1}{v_A}}; \beta_{AB} = \frac{\rho_0}{1 + \rho_0 B_A \frac{\ell_1}{v_A}}; \quad (19)$$

$$E_A = E_0 - \frac{4\pi v}{\varepsilon_0 \varepsilon_B A} \ln \left(1 + \frac{\rho_0 B_A Z}{v_A} \right)$$

$$E_B = E_{AB} - \frac{4\pi v_B}{\varepsilon_0 \varepsilon_B - B_B} \ln \left(1 + \frac{\rho_{AB} B_B (Z - \ell_1)}{v_B} \right) \quad (20)$$

$$E_{AB} = E_0 - \frac{4\pi v_A}{\varepsilon_0 \varepsilon_A B_A} \ln \left(1 + \frac{\rho_0 B_A \ell_1}{v_A} \right);$$

$$\phi_A = \phi_0 + E_0 Z - \frac{4\pi}{\varepsilon_0 \varepsilon_A} \frac{v_A^2}{B_A^2} \left\{ \left(1 + \frac{\rho_0 B_A Z}{v_A} \right) \left(\ln \left(1 + \frac{\rho_0 B_A Z}{v_A} \right) - 1 \right) + 1 \right\} \quad (21)$$

$$\phi_B = \phi_0 + E_{AB} (Z - \ell_1) - \frac{4\pi v_B^2}{\varepsilon_0 \varepsilon_B \rho_{AB} B_B^2} \left\{ 1 + \frac{\rho_{AB} B_B (Z - \ell_1)}{v_B} \times \ln \left(1 + \frac{\rho_{AB} B_B (Z - \ell_1)}{v_{AB}} \right) - 1 \right\}$$

Изменение плотности заряда, а значит активных частиц – ионов, активизирующих волокна, в зонах А и Б представлено на рисунке 3. Как видно, на пути от зоны А до зоны Б плотность зарядов снижается в 400 раз, если скорость электрического ветра равна естественной скорости – 0,2 м/с. Если вентилятором скорость ветра увеличена до 5,2 м/с, то плотность зарядов снижается только в 10 раз.

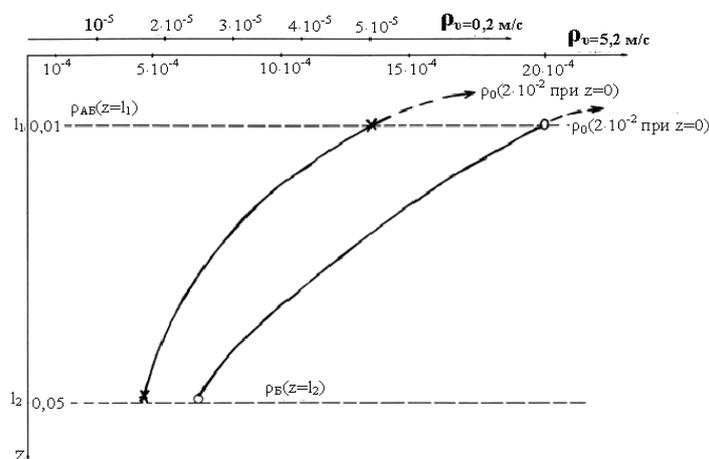


Рис. 4 Изменение плотности заряда во внешней зоне коронного разряда

После выдержки волокон в коронном разряде в течение 10 минут оптическая плотность полос в ИК-спектрах, соответствующих гидроксильным группам, кристаллитным и аморфным зонам уменьшается в 2-3 раза, а полуширина этих полос возрастает в 1,5-2 раза, что свидетельствует о существенном модификационном воздействии коронного разряда.

Заключение.

Нанотехнологии, наноматериалы, наномедицина, нанобиология, нанокогнитивные процессы с начала нашего столетия стали основой шестого технологического уклада на нашей планете. Использование нанотехнологий и наноматериалов уже в настоящее время определяют прогресс и успешность во всех сферах нашей деятельности: инженерной, биологической, медицинской, сельскохозяйственной, научной и т.д. Нанотехнологии в природе реализованы более миллиарда лет назад, их очень давно используют в животном и растительном мире. Наноструктурные образования участвовали в формировании Земли, образование структур наноуровня происходит в околоземном пространстве и в настоящее время.

Волокнистая основа - ткани, нетканые полотна, волокна и нити весьма удобна для формирования функциональных и многофункциональных нанокompозитов в связи с наличием в волокнистой основе капиллярно-пористых образований, поверхность которых достигает 100 и более квадратных метров в одном грамме волокон. Получаемые волокнистые композиты, кроме функциональности, обладают достаточно высокой прочностью и, одновременно, эластичностью, гибкостью, совместимостью с живыми организмами, в т.ч. человека. Эти нанокompозиты позволяют обеспечить защиту человека от различных вредных воздействий: вибраций, акустических и электромагнитных волн, повышенной и пониженной температуры, химических веществ; а также реализовать магнитотерапию, нормализовать работу всех систем организма человека, повысить адаптационный резерв организма человека в экстремальных условиях.

Ивановский регион был текстильным краем России, начиная с Петра Великого, который организовал первое в России текстильное предприятие в зоне расположения Кохмы [25]. С тех пор Ивановский регион был текстильным краем России и Советского Союза, в котором производили 1/3 хлопчатобумажных тканей Советского союза. В настоящее время наш регион из дотационного сможет стать самодостаточным и даже помогать другим регионам, если мы организуем крупномасштабное производство инновационного текстиля особенно функциональных и многофункциональных нанокompозитов на волокнистой основе - технических, защитных, медицинских тканей. Этот вид тканей составляет сейчас в мире 70-80% от производимого текстиля и позволяет зарабатывать сотни миллиардов долларов США. У нас есть традиции, многие текстильщики смогли бы освоить новые технологии. У нас есть некоторое количество действующих предприятий, есть предприятия с пока еще не

разрушенными зданиями и коммуникациями, в городе есть ученые способные обеспечить возрождение текстильного производства: Институт химии растворов РАН им. Г.А. Крестова, Текстильный институт ИВГПУ, химико-технологический университет, медицинская и сельскохозяйственная академии, центр наноматериалов в классическом университете, лаборатория магнитных жидкостей в энергоуниверситете, которые смогут обеспечить научно-технологическую основу по производству функциональных и многофункциональных нанокompозитов на волокнистой основе, защитного и медицинского текстиля, биотекстиля, текстиля для различных видов инженерной деятельности и оборонно-промышленного комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толочко, Н.К. История нанотехнологий. Нанонаука и нанотехнологии. М.: ЮНЕСКО, 2011, с.4-12.
2. Наноструктурные материалы-2010. Тезисы докладов II Международной конференции. Киев 19-22 октября 2010г., с.457-532.
3. K.Moon et al. Phys Rev B 51, 38, 1995
4. A Amo et al. Nature Phys. 5, 805, 2009.
5. Лабунов, В.А., Карпович, В.А. Резонансные свойства массивов магнитно-функционализированных углеродных нанотрубок в миллиметровом диапазоне. // Материалы конференции «Наноструктурные материалы». Киев: 2010. С.458.
6. Соскин, М.С., Поневчинский, В.В. Сингулярная оптика углеродных нанотрубок в жидкокристаллической матрице. // Материалы конференции «Наноструктурные материалы». Киев: 2010. С. 461.
7. K. Geim and Novoselov, K.S . Nature Mater, 6, №183 (2007)
8. Ф. Болл. Материалы будущего. Нанонаука и нанотехнологии. М.: ЮНЕСКО, 2011, С.409-435.
9. Шека Е.Ф. Химическая теория и расчеты наноуглеродов: фуллерены, нанотрубки и графен. Нанонаука и нанотехнологии. М.: ЮНЕСКО, 2011, С. 388-435.
10. Геллер М.Р. Квантовые явления в низкоразмерных системах. Нанонаука и нанотехнологии М.: ЮНЕСКО, 2011, с.177-193.
11. Степанищев, Н.А. Нанокompозиты. Нанонаука и нанотехнологии. М.: ЮНЕСКО, 2011, С.446-464.
12. Тюхов, И.И. Преобразование солнечной энергии в наноструктурированных материалах. Нанонаука и нанотехнологии. М.: ЮНЕСКО, 2011, С.517-530.
13. Green, M.A. Third Generation Photovoltaics: Ultra-High Efficiency at Low Cost. Berlin Springer-Verlag. 2003, 160p.
14. Андреев, В.М. Наногетеро-структурные фотоэлектрические преобразователи солнечной энергии // Альтернативная энергетика и экология, 2007, №2, с.93-98.
15. Жбанков, Г.Г., Марупов, Р.Н. Спектроскопия хлопка. М.: Наука, 1976, 248с.
16. Изгородин, А.К., Трусов, Д.Ю. Маврин, Р.В. Характеристики волокон хлопчатника разной зрелости и параметры жидкокристаллической зоны около поверхности этих волокон // Жидкие кристаллы и практическое использование. – 2015, Т.15, №2. □ Liq. Cryst. & Appl. Russ. J.
17. Изгородин А.К., Кумошенский, М.Ю. Особенности структуры молекулярного и надмолекулярного хлопка разной зрелости // Smartex 2007, с.29-31
18. Верещагин, И.П. Коронный разряд в аппаратах электронно-ионной технологии. М.: Энергоатомиздат, 1985, 160с.
19. Попков, В.И. Электрическое поле при переходной униполярной короне// Изв. АН СССР. отн.1954, №7, с.7-12
20. Велихов, Е.П., Ковалев А.С., Рахимов А.Т. Физические явления в газоразрядной плазме. М.: Наука, 1978, 160с.

21. Бизюк, А.Н., Жерносек С.В., Ольшанский В.И., Ясинская Н.И. Исследование влияния СВЧ-излучения на показатели качества тканых полотен// Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2014, №2, с.17-21.
22. Рымкевич, О.В., Цобкалло, Е.С., Москалюк, О.А. Исследование процесса термоусадки полиолефиновой модифицированной нити с эффектом памяти формы. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2014, №2, с.23-27.
23. Курденкова, А.В., Шустов, Ю.С., Федулова, Т.Н., Асланян, А.А. Исследование воздействия краски на ткани специального назначения. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2014, №1, с.18-21.
24. Алоян, Р.М., Петрухин, А.Б., Новикова, А.П. Реализация потенциала ивановской области на рынке текстильной и легкой промышленности за счет формирования инфраструктурной базы текстильно-промышленного кластера. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2014, №4, с.11-17.
25. Грузинцева, Н.А., Овчинников, А.А., Лысова М.А., Гусев Б.Н. Совершенствование номенклатуры показателей и оценки качества геотекстильных материалов. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - 2014, №3, с.11-17.

REFERENCES

1. N.K. Tolochka. History of nanotechnology. Nanoscience and Nanotechnology. M.: UNESCO, 2011, s.4-12.
2. Nanostructured Materials 2010. Abstracts II Mezhdunarodnoy conference. Kiev 19 + -22 October 2010., S.457-532.
3. K.Moon et al. Phys Rev B 51, 38, 1995
4. A Amo et al. Nature Phys. 5, 805, 2009.
5. Labunov, V. A., Karpovich, V. A. Resonant properties of the arrays of magnetically functionalized carbon nanotubes in the millimeter range. // Materials of the conference "Nanostructured materials". Kiev: 2010. S. 458.
6. Soskin, M. S., Policinski, V. V. Singular optics of carbon nanotubes in liquid crystal matrix. // Materials of the conference "Nanostructured materials". Kiev: 2010. S. 461.
7. K. Geim and K.S. Novoselov, Nature Mater, 6, №183 (2007)
8. F. Ball. The materials of the future. Nanoscience and Nanotechnology. M.: UNESCO, 2011, s. 409-435.
9. E.F. Shek. Chemical theory and calculations nanocarbon: fullerenes, and nanotubes gas-dryer. Nanoscience and Nanotechnology. UNESCO Publishing, Moscow, 2011 s.388-435.
10. M.R. Geller. Quantum phenomena in low-dimensional systems. Nano-nauka-ogy and nanotechnology. UNESCO Publishing, Moscow, 2011 s.177-193.
11. N.A. Stepanishev. Nanocomposites. Nanoscience and Nanotechnology. Izdatelstvo UNESCO, Moscow, 2011 s.446-464.
12. I.I. Tyuhov. Converting solar energy into nanostructured materials. Nanoscience and Nanotechnology. UNESCO Publishing, Moscow, 2011 s.517-530.
13. M.A.Green. Third Generation Photovoltaics: Ultra-High Efficiency at Low Cost. Berlin Springer-Verlag. 20003, 160p.
14. V.M. Andreev. Nanogetero-structural preobrazovateli photovoltaic solar energy // Alternative Energy and Ecology, 2007, №2, s.93-98.
15. Zhibankov G.G., Marupov R.N. Spectroscopy cotton. M.: Nauka, 1976, 248C.
16. A.K. Izgorodin, D.Y.Trusov, R.V. Mavrin. The characteristics of cotton fibers of different maturity zone and the parameters of the liquid crystal near the surface of the fibers // Vol. 15, Iss. 2.

17. Izgorodin A.K., Kumoshensky M.U. Features of the structure and molecular nadmole-lecular different maturity cotton // Smartex 2007 s.29-3
18. I.P. Vereshchagin. Corona discharge in apparath electron-ion technology. M.: Energoatomizdat, 1985, 160s.
19. V.I. Popkov. The electric field in the transition unipolar corona // Math. USSR Academy of Sciences. Otn.1954, №7, s.7-12
20. E.P. Velikhov, A.S. Kovalev, A.T. Rakhimov. Physical phenomena in gas-discharge plasma. M.: Nauka, 1978, 160s.
21. A.N. Bizuk, S.V. Zhernosek, V.I. Olshaskiy, N.N. Yasinskaya. The effect of microwave radiation on physical and mechanical properties of textile materials. Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. - 2014, №2, p. 17-21.
22. O.V.Rymkevich, E.S. Tsobkallo, O.A. Moskalyuk. The research and prognosis of shrinking process of the modified polyolefin filament with shape memory effect. Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. - 2014, №2, p. 23-27.
23. A.V. Kurdrenkova, Y.S. Shustov, T.N. Fedulova, A.A. Aslanian. Analysis of the effect of paints on special-purpose fabrics. // Proceedings of the higher education institutions. Textile industry technology. - 2014, №1, p.18-21.
24. R.M., Aloyan, A.B. Petrukhin, A.P. Novikova. Realizing the potential of the Ivanovo region on the market of textile and light industry at the expense of formation of infrastructure base of textile industrial cluster. // Proceedings of the higher education institutions. Textile industry technology. - 2014, №4, p.11-17.
25. N.A. Gruzintseva, A.A. Ovchinnikov, M.A. Lysova, B.N.Gusev. Improviement of the nomenclature of parametres indexes and quality assesementof geotextile materials// Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. - 2014, №23 p. 17-21.

УДК 677.074

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СМЕСИ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ПРЯЖИ ДЛЯ ОГНЕСТОЙКИХ ТКАНЕЙ

OPTIMIZATION OF THE FORMULATION MIXTURE YARN FOR FLAME RESISTANT FABRICS

Е.П. Лаврентьева
E.P. Lavrenteva

ОАО «ИНПЦ ТЛП» (Москва)
JSC «INPTS TLO» (Moscow)
E-mail: info@inpctlp.ru

В работе оптимизированы технология прядильного производства, компоненты и их соотношение для получения тканей с повышенной огнестойкостью. Критерием оптимизации выбран кислородный индекс, установлены минимальные значения характеристик прочности компонентов смеси. Получены следующие результаты:

- составлены программы для аналитического расчета прочности многокомпонентной пряжи, состоящей из разнородных компонентов с использованием известного в литературе [1] метода.
- проведена оптимизация состава пряжи средствами системы Mathcad с целью максимизации кислородного индекса пряжи, при этом применена аппроксимация зависимости прочности пряжи от состава смеси полиномами второго порядка.
- полученные оптимальные рецепты для некоторых смесей волокон можно использовать при их экспериментальной реализации.

Ключевые слова: объект оптимизации, огнезащитная ткань, свойства пряжи, прядение, ткачество, критерий, кислородный индекс, прочность, нагрузка, модель, жесткость, вектор, функция Эйлера, распределение Вейбулла, система Mathcad, Тварон

In the optimized technology of spinning components and their relationship to produce fabrics with improved flame resistance. The criterion selected to optimize the oxygen index, set minimum strength characteristics of components seems. We obtained the following results:

- **Compiled program for analytical calculation of strength multicomponent yarn consisting of heterogeneous components using methods known in the literature [1] technique.**

- **The optimization of the composition of the yarn by means of Mathcad to maximize oxygen index of yarn, with the approximation used depending on the strength of the yarn from the composition of the mixture of second-order polynomials.**

- **Obtain optimal formulations for certain mixtures of fibers can be used in their experimental implementation.**

Key words: object optimization, fireproof fabric, yarn properties, spinning, weaving, criterion, oxygen index, strength, load model, stiffness, vector, Euler function, Weibull rasperdelenie system Mathcad, Twaron

При планировании оптимизационной задачи в первую очередь необходимо очертить объект оптимизации [1]. Конечным продуктом в данном исследовании служит ткань с огнезащитными свойствами. Однако если в качестве объекта выбрать технологию ткани или ее свойства, то останутся в стороне от исследования технология и свойства пряжи, используемой для производства ткани. В принципе, в значительной мере в объект оптимизации входят все перечисленные компоненты, т. е. вопросы и прядения, и ткачества, а возможно и технология отделки ткани. Однако в этом случае объект оптимизации становится очень громоздким и трудно управляемым.

В данной работе при оптимизации решено ограничиться технологией прядильного производства и более узким, но важным вопросом – проектированием состава смесей. При проектировании состава смесей необходимо выбирать не только компоненты, но и соотношение их долей вложения.

Далее надо выбрать критерий оптимизации, который по определению должен легко вычисляться, достаточно полно характеризовать объект оптимизации и оценивать его эффективность [1]. Часто в качестве критерия оптимизации в технологических исследованиях используют показатели свойств продукта. В качестве критерия оптимизации принят кислородный индекс, который эффективно отражает объект оптимизации. Если принять гипотезу о влиянии кислородного индекса волокон на кислородный индекс пряжи из смеси этих волокон пропорционально доле их вложения, то такой критерий легко рассчитывается как средневзвешенное значение.

Важнейшим параметром оценки свойств пряжи служит разрывная нагрузка. Но так как разрывная нагрузка пряжи есть сложная функция многих факторов, например прочности волокон, входящих в смесь, и доли их вложения, а в то же время для возможности использования пряжи в ткачестве необходимо ограничить этот параметр со стороны минимально возможных значений. Таким образом, возникает необходимость использовать прочность пряжи в качестве ограничения.

Пряжа с огнезащитными свойствами состоит обычно из разнородных компонентов (по длине и тонине волокон, прочности и др.). Расчет прочности такой пряжи целесообразно проводить с использованием метода проф. В.П. Щербакова [1].

Так как описываемый метод [1] представляет набор большого количества формул и даже требует решения систем уравнений с использованием специальных функций, в данной работе для оптимизационного расчета использовался метод интерполяции рассчитанных значений прочности пряжи регрессионной моделью. Эта модель в виде неполного полинома второй степени использовалась в процедуре оптимизации в качестве функции ограничения.

Расчет прочности пряжи из многокомпонентной смеси.

В описываемом методе [1] учитывается, что физико-механические свойства волокон в смеси могут иметь большие различия. Есть волокна с меньшей и большей жесткостью при растяжении. Наибольшие усилия при растяжении пряжи возникают в наиболее жестком компоненте. Связь между натяжением и жесткостью описывается из условия равенства деформации волокон компонентов. В случае трех компонентов имеем:

$$\frac{T_1}{E_1 F_1} = \frac{T_2}{E_2 F_2} = \frac{T_3}{E_3 F_3} \quad (1)$$

где T – натяжение волокон компонента;

произведение $E \cdot F$ с соответствующими индексами представляет жесткость компонентов при растяжении.

Жесткость волокна при известных значениях разрывной нагрузки P_B и относительной деформации при разрыве $\varepsilon_B = \frac{\Delta l}{l_0}$ вычисляется по формуле:

$$(E_i F_i)_{l_0} = \frac{P_B}{\varepsilon_B}, \quad (2)$$

где l_0 – базовая длина при испытаниях волокон на прочность.

Жесткость всех волокон компонента пряжи равна жесткости одного волокна, умноженной на количество m_i волокон данного i -го компонента, доля по массе которого в смеси задана и обозначается β_i .

Средняя линейная плотность волокон в смеси вычисляется по формуле:

$$\bar{T} = \frac{1}{\sum_1^n \frac{\beta_i}{T_i}} \quad (3)$$

Разрыв в пряже наиболее вероятен в тонком ее сечении, в котором присутствует минимальное количество волокон. Используя правило «3-х сигм» можно предположить, что с вероятностью 0,997 минимальная линейная плотность пряжи составляет:

$$T_{min} = \bar{T}_{пр} - 3\sigma \quad (4)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение, связанное с коэффициентом вариации C :

$$C = \frac{\sigma}{\bar{T}_{пр}} \quad (5)$$

При этом значение C надо определять как значение градиента неровноты, соответствующее отрезкам длиной 500 мм, т.к. это есть зажимная длина при испытаниях прочности пряжи.

Число волокон в тонком сечении пряжи находится по равенству:

$$m = \frac{T_{min}}{\bar{T}}. \quad (6)$$

Затем в соответствии с долевым участием компонентов в смеси надо найти число волокон каждого из компонентов в этом сечении. При этом следует учесть, что от долей β_i компонентов по массе надо перейти к долям по числу волокон:

$$\alpha_i = \frac{\beta_i (\bar{l}_i \bar{T}_i)^{-1}}{\sum_1^n \frac{\beta_i}{\bar{l}_i \bar{T}_i}}, \quad (7)$$

где \bar{l}_i – средняя длина волокна i -го компонента.

Затем определяются соотношения e_i жесткости каждого компонента к наиболее жесткому:

$$e_i = \frac{E_i F_i}{(EF)_{max}}. \quad (8)$$

В результате получается вектор, содержащий число элементов, равное количеству компонентов, на месте номера по порядку самого жесткого компонента в векторе стоит 1, а

остальные элементы меньше 1. Полученный вектор включается в формулу прочности пряжи следующим образом:

$$P = T_*(e_1 + \dots + 1 + \dots + e_n) \cdot \overline{\cos \theta}, \quad (9)$$

где T_* – прочность самого жесткого компонента;

$\overline{\cos \theta}$ – среднее значение косинуса угла ориентации волокон в пряже относительно оси пряжи, определяемое по формуле:

$$\overline{\cos \theta} = \frac{2\cos\beta(1-\cos\beta)}{\sin^2\beta}, \quad (10)$$

где β – угол кручения (угла ориентации наружных волокон в пряже относительно оси пряжи).

Следующий элемент в модели [1] прочности пряжи – учет особенностей разрушения волокон наиболее жесткого компонента, который разрушается первым. Механизм разрушения представляет собой последовательный разрыв волокон, начиная с самого слабого волокна, дальнейшего перераспределения нагрузки на остальные волокна и т. д. Описанный механизм можно учесть коэффициентом реализации средней прочности волокон k по следующей формуле:

$$k = \frac{(\alpha e)^{\frac{1}{\alpha}}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)}, \quad (11)$$

где α – параметр распределения Вейбулла прочности волокон;

$\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)$ – гамма функция Эйлера.

Распределение Вейбулла имеет два параметра: α и p_w , которые находятся из системы уравнений, определяющих среднюю прочность волокон $\overline{p_B}$ и дисперсию прочности волокон D :

$$\begin{aligned} \overline{p_B} &= p_w \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right), \\ D &= p_w^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \right]. \end{aligned} \quad (12)$$

Среднюю прочность волокон в зависимости от их длины определяют из формулы:

$$\overline{p_B}(l) = p_w \left(\frac{l_0}{l}\right)^{\frac{1}{\alpha}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) \quad (13)$$

Далее учитывается тот факт, что часть волокон не разрывается при разрыве пряжи, а проскальзывает. Длина проскальзывающего участка волокна l_c определяется следующим выражением:

$$l_c = \sqrt{\frac{aQ}{2\mu(1-\cos^2\beta)}}, \quad (14)$$

где a – радиус волокна;

Q – длина волны миграции, которую можно принять равной четырем длинам волны крутки $K_{пр}$: $Q = 4 \cdot 1000/K_{пр}$;

μ – коэффициент трения волокна по волокну.

После определения длины проскальзывания l_c можно найти длину волокна l , воспринимающую и передающую нагрузку:

$$l = \overline{l_B} - 2l_c \quad (15)$$

Проскальзывание волокон характеризуется коэффициентом скольжения k_c :

$$k_c = 1 - \frac{2}{3\overline{l_B}} \sqrt{\frac{aQ}{2\mu(1-\cos^2\beta)}} \quad (16)$$

Окончательный результат расчета прочности пряжи P_R из многокомпонентной смеси получается по следующему выражению:

$$P_R = \overline{p}_B(l) \cdot m_* \cdot (e_1 + \dots + 1 + \dots + e_n) \cdot k \cdot k_c \overline{\cos \theta} \quad (17)$$

Сомножители в последней формуле определяются вышеприведенными выражениями (1 – 16), а m_* обозначает количество волокон самого жесткого компонента в пряже и определяется по формуле:

$$m_* = \alpha_1 \cdot m, \quad (18)$$

где α_1 – доля по количеству волокон самого жесткого компонента

m – количество волокон в тонком сечении пряжи.

Проведение оптимизации состава смеси.

Для оптимизации численными методами на ЭВМ, помимо критерия оптимизации, сформированного в виде функции цели, необходимо иметь функциональные ограничения. Одно из них получается из требования равенства единице суммы долей компонентов в смеси. Второе функциональное ограничение – требование прочности пряжи, не меньшей заданного значения.

Для получения функции прочности воспользуемся аналитическим методом [1], описанным выше, согласно которому составлены программы в системе Mathcad © фирмы РТС.

Поскольку планировалось получать пряжу из разного количества компонентов, составлены три варианта программ для 2-х, 3-х и 4-х компонентных смесей.

Программы включают 3 блока:

Компьютерный эксперимент по описанному методу расчета прочности пряжи из разнородных компонентов при варьировании долями компонентов.

Аппроксимация результатов компьютерного эксперимента полиномом 2-й степени.

Собственно процедура оптимизации состава смеси с использованием полученного полинома в качестве функции ограничения.

Для примера рассмотрим результаты работы программы оптимизации двухкомпонентной смеси НИТОКС/Тварон, распечатка программы дана в приложении.

Случай с двухкомпонентной смесью упрощается тем, что задача сводится к получению однофакторной модели благодаря связи долей первого компонента β и второго $\gamma = 1 - \beta$.

Программа составлена с учетом возможности ввода варьируемых долей компонентов в виде векторов или матриц, что позволяет за одно решение получить требуемую регрессионную модель.

Доли 1-го компонента (НИТОКС) введены как вектор:

$$\beta := (0.8 \ 0.7 \ 0.6 \ 0.5 \ 0.4 \ 0.3)$$

В результате работы 1-й части программы получен вектор значений прочности пряжи:

$$Pr = \begin{pmatrix} 506.353 \\ 712.947 \\ 919.54 \\ 1126.133 \\ 1332.726 \\ 1539.319 \end{pmatrix}$$

Поиск коэффициентов регрессионной модели для большей универсальности программы – в виде квадратичного полинома, дает следующий результат:

$$B = \begin{pmatrix} 2.159 \times 10^3 \\ -2.066 \times 10^3 \\ -3.638 \times 10^{-12} \end{pmatrix},$$

а элементы вектора B являются параметрами модели¹: $Pr1(\beta) := B_1 + B_2 \cdot \beta + B_3 \cdot \beta^2$, где $Pr1$ обозначает прочность пряжи, и эта модель используется дальше в качестве функционального ограничения.

Используя линейную модель расчетного кислородного индекса пряжи, получаем задачу оптимизации в следующей формулировке.

Найти максимум функции (кислородный индекс):

$$K_{ind}(\beta) = 25,2\beta + 28,5(1 - \beta)$$

При ограничениях: $P_R(\beta) = 2159 - 2066\beta \geq 550$
 $0,5 \leq \beta \leq 1$

Решение в среде Mathcad дает следующий результат:

$$\beta_{opt} = 0,5; \quad \gamma_{opt} = 0,5;$$

$$K_{ind}(\beta_{opt}) = 26,8 \%; \quad P_R(\beta_{opt}) = 1126 \text{ сН}$$

Следует отметить, что нижняя граница β соответствует требованиям удовлетворительного протекания процессов прядильного производства. В целом же для данной смеси изменение нижнего предела β определяет величину максимального значения параметра K_{ind} .

Дополнительно рассмотрим вопрос применимости использования регрессионной модели, аппроксимирующей результаты расчетов прочности пряжи как функции долей вложения компонентов.

Т.к. источники случайных воздействий в данном методе отсутствуют, то исходные значения прочности, соответствующие варьируемым значениям фактора β лишены случайных отклонений, и дисперсия воспроизводимости, необходимая для проверки адекватности модели, также отсутствует.

Здесь можно воспользоваться методикой, принятой в эконометрике [4]. Согласно основному положению дисперсионного анализа общая сумма квадратов разностей отклонений выходного параметра от его среднего значения может быть разложена на две части: первую - обусловленную регрессионной моделью и вторую - необъясненную уравнением. Из суммы квадратов, обусловленной влиянием модели, получают так называемую факторную дисперсию:

$$S^2_{\text{факт}} = \frac{\sum_1^N (y_p - \bar{y})^2}{k}, \quad (19)$$

где k – количество коэффициентов модели, y_p – расчетные значения, \bar{y} – общее среднее значение y .

Если сравнить факторную дисперсию с остаточной дисперсией (дисперсией адекватности) с помощью критерия Фишера, то можно судить о значимости влияния регрессионной модели на выходной параметр на фоне прочих влияний. Дисперсия адекватности:

$$S^2_{\text{ад}} = \frac{\sum_{j=1}^N (y_j - y_p)^2}{N - k - 1}. \quad (20)$$

Расчетное значение критерия Фишера определяется по:

$$F_P = \frac{S^2_{\text{факт}}}{S^2_{\text{ад}}} \quad (21)$$

и сравнивается с табличным значением:

$$F_T [P_D = 0,95; f_1 = k; f_2 = N - k - 1].$$

¹ Малое значение коэффициента B_3 позволяет исключить его из модели, что в данном случае на результат не повлияет.

Если $F_p > F_T$, то гипотеза о значимости влияния модели на выходной параметр не отвергается.

В рассматриваемом примере:

$$F_p = 1,061 \cdot 10^{28} > F_T[P_d = 0,95; f_1 = 3; f_2 = 2] = 19,164.$$

Следовательно, регрессионная модель значима и может быть использована в дальнейших расчетах.

Рассмотрим пример работы программы оптимизации 3-хкомпонентной смеси (для случая НИТОКС/Тварон/шерсть).

Для расчета прочности 3-хкомпонентной смеси целесообразно воспользоваться специальными планами, основанными на симплекс-решетчатых матрицах, например матрицах Шеффе [3]. Если ориентироваться на приведенный полином второй степени, то матрица планирования выглядит следующим образом (таблица 1). В таблице даны также столбцы аналитических значений Р и значений, рассчитанных по полиному Шеффе.

Таблица 1

$$YX = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 249.015 & 249.015 \\ 0 & 1 & 0 & 1.809 \times 10^3 & 1.809 \times 10^3 \\ 0 & 0 & 1 & 192.398 & 192.398 \\ 0.5 & 0.5 & 0 & 962.453 & 962.453 \\ 0.5 & 0 & 0.5 & 190.873 & 190.873 \\ 0 & 0.5 & 0.5 & 1.006 \times 10^3 & 1.006 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

Вектор коэффициентов регрессии дан ниже:

$$B = \begin{pmatrix} 249.015 \\ 1.809 \times 10^3 \\ 192.398 \\ -267.07 \\ -119.332 \\ 19.978 \end{pmatrix}$$

Сумма квадратов невязки практически равна нулю, что видно из таблицы 1, и это позволяет сделать вывод о возможности применения данного метода получения модели прочности пряжи в виде полинома 2-й степени. Проверка адекватности модели обычным методом невозможна в связи с тем, что матрица планирования – насыщенная.

Используя линейную модель расчетного кислородного индекса пряжи, значения которого для волокон взяты из таблицы 30, получаем задачу оптимизации в следующей формулировке.

Найти максимум функции:

$$K_{ind}(\beta_1, \beta_2, \beta_3) = 44\beta_1 + 28,5\beta_2 + 25,2\beta_3$$

При ограничениях:

$$0,2 \leq \beta_1 \leq 0,7; \quad 0,2 \leq \beta_2 \leq 0,8; \quad 0,2 \leq \beta_3 \leq 0,6;$$

$$P_R(\overline{\beta_{opt}}) = 249,0\beta_1 + 1809\beta_2 + 192,4\beta_3 - 267,1\beta_1\beta_2 - 119,3\beta_1\beta_3 + 20,0\beta_2\beta_3 \geq 850;$$

$$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1.$$

Решение в среде Mathcad дает следующий результат:

$$\beta_{1opt} = 0,376; \quad \beta_{2opt} = 0,424; \quad \beta_{3opt} = 0,20$$

$$K_{ind}(\overline{\beta_{opt}}) = 33,7 \%; \quad P_R(\overline{\beta_{opt}}) = 850 \text{ сН}$$

Если округлить доли компонентов, то можно рекомендовать следующий состав смеси: НИТОКС 40 %, Тварон 40%, шерсть 20 %.

Для визуальной проверки соответствия значений прочности пряжи в оптимальной точке сравним прочность, полученную посредством аппроксимирующего полинома, и аналитическое значение $P_{ан}(\overline{\beta_{opt}})$ в той же точке, рассчитанное посредством программы:

$$P_{ан}(\overline{\beta_{opt}}) = 937,5 \text{ сН.}$$

Абсолютная ошибка составляет $\Delta=87,5$ сН, относительная ошибка $\delta = 9,3\%$.

На оптимальное решение эта ошибка не влияет, т.к. в условиях ограничения было записано меньшее значение: $P_R(\overline{\beta_{opt}}) \geq 850$.

Приведем пример работы программы оптимизации 4-хкомпонентной смеси для случая НИТОКС/Русар/Арселон/шерсть.

Снова воспользуемся специальными планами, основанными на симплекс-решетчатых матрицах, матрицах Шеффе [3]. Снова используем приведенный полином второй степени, для которого матрица планирования в случае четырехкомпонентной смеси выглядит, как показано в таблице 2. В таблице дан также столбец аналитических значений P.

Таблица 2

	1	2	3	4	5
1	1	0	0	0	187.527
2	0	1	0	0	793.757
3	0	0	1	0	$1.301 \cdot 10^3$
4	0	0	0	1	119.018
XY = 5	0.5	0.5	0	0	433.757
6	0.5	0	0.5	0	935.919
7	0.5	0	0	0.5	143.035
8	0	0.5	0.5	0	434.992
9	0	0.5	0	0.5	438.991
10	0	0	0.5	0.5	776.435

Расчет коэффициентов полинома дал следующие результаты: $V =$

	1
1	187.527
2	793.757
3	$1.301 \cdot 10^3$
4	119.018
5	-227.538
6	767.163
7	-40.952
8	$-2.449 \cdot 10^3$
9	-69.586
10	266.248

Используя линейную модель расчетного кислородного индекса пряжи, получаем задачу оптимизации:

Найти максимум функции:

$$K_{ind}(\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4) = 44\beta_1 + 40,5\beta_2 + 26,0\beta_3 + 25,2\beta_4$$

При ограничениях:

$$0,2 \leq \beta_1 \leq 0,6; \quad 0,2 \leq \beta_2 \leq 0,8; \quad 0,2 \leq \beta_3 \leq 0,8; \quad 0,2 \leq \beta_4 \leq 0,6;$$

$$P_R(\overline{\beta}) = 187,53\beta_1 + 793,76\beta_2 + 1301,0\beta_3 + 119,02\beta_4 - 227,54\beta_1\beta_2 + 767,16\beta_1\beta_3 - 40,95\beta_1\beta_4 - 2449,0\beta_2\beta_3 - 69,59\beta_2\beta_4 + 266,25\beta_3\beta_4 \geq 450;$$

$$\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 1.$$

В результате оптимизации долевого состава данной смеси волокон в среде Mathcad получены следующие результаты (распечатка программы дана в приложении):

$$\beta_{1_{opt}} = 0,4; \quad \beta_{2_{opt}} = 0,2; \quad \beta_{3_{opt}} = 0,2; \quad \beta_{4_{opt}} = 0,2;$$

$$K_{ind}(\overline{\beta_{opt}}) = 35,9 \%; \quad P_R(\overline{\beta_{opt}}) = 470,3 \text{ сН}$$

Результаты оптимизации всех рассмотренных вариантов смесей даны в таблице 3.

Можно заметить, что расчетные значения кислородного индекса несколько отличаются от экспериментальных значений этого параметра для пряжи, причем чаще в большую сторону. Однако можно предположить, что на оптимальные составы смесей этот факт не влияет, и это может быть подтверждено экспериментально.

Таблица 3

№ п/п	Компоненты	Оптимизированный состав	Расчетное значение K_{ind} , %	Расчетная прочность P_R , сН
1	НИТОКС/Тварон	0,5/0,5	26,5	1126
2	Тварон/шерсть	0,6/0,4	26,5	614
3	Русар/тварон	0,6/0,4	26,5	1222
4	НИТОКС/Тварон/шерсть	0,376/0,424/0,20	33,7	850
5	Русар /Тварон/шерсть	0,4/0,4/0,2	34,0	1175
6	НИТОКС/ Русар / шерсть (аппаратная T=77,3 текс)	0,4/0,4/0,2	33,4	501
7	НИТОКС/ Русар /Арселон/ шерсть/	0,4/0,2 /0,2/0,2	35,9	470
8	НИТОКС/ Русар / шерсть/капрон	0,308/0,372/0,25/0,07	36,6	420
9	НИТОКС/ Русар / шерсть/капрон(аппаратная пряжа T=89,4 текс)	0,43/0,2/0,3/0,07	36,2	640

Выводы по разделу.

1. Составлены программы для аналитического расчета прочности многокомпонентной пряжи, состоящей из разнородных компонентов с использованием известного в литературе [1] метода.

2. Проведена оптимизация состава пряжи средствами системы Mathcad с целью максимизации кислородного индекса пряжи, при этом применена аппроксимация зависимости прочности пряжи от состава смеси полиномами второго порядка.

3. Полученные оптимальные рецептуры для некоторых смесей волокон можно использовать при их экспериментальной реализации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков В.П.. Прикладная и структурная механика волокнистых материалов: монография. М.: «Тисо Принт», 2013. 304 с.

2. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Оптимизация механико-технологических процессов текстильной промышленности. М.: Легпромбытиздат, 1991. 256 с.
3. Севостьянов А.Г. и др. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. М.: Легкая индустрия, 1980. 392 с.
4. Айвазян С.А., Иванова С.С. Эконометрика: учебное пособие. М.: МаркетДС, 2007. 112 с.

REFERENCES

1. Shcherbakov V.P. Applied Mechanics and structural fibrous materials: a monograph. М.: «Tissot Print», 2013. 304 pp.
2. Sevostyanov A.G., Sevostyanov P.A. Mechanics and Optimization processes the textile industry. М.: Legprombytizdat, 1991. 256 p.
3. Sevostyanov A.G. et al. Methods and tools for the study of Mechanics and processes of the textile industry. М.: Light Industry, 1980. 392 pp.
4. Ayvazyan S.A., Ivanov S.S. Econometrics: a tutorial. М.: MarketDS, 2007. 112 pp.

УДК 677.014:677.494.675

СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ П-АРАМИДНЫХ ВОЛОКОН ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

STRUCTURAL AND CHEMICAL PROPERTIES P-ARAMID FIBERS HOME AND FOREIGN MANUFACTURERS

М.В. Шаблыгин
M.V. Shablygin

Московский государственный университет дизайна и технологий
Moscow State University Design and Technology

Арамидные волокна обладают комплексом уникальных свойств. В работе рассмотрены механизмы сверхориентационной упорядоченности арамидных волокон разных типов. Показано, что при получении арамидов разные производители используют аналогичные исходные мономеры, но при реализации происходят различные структурно-химические перестройки, возникают различные фазовые составы и энергии межмолекулярных взаимодействий.

Ключевые слова: волокно, арамид, нить, упорядоченность, бензольное кольцо, водородная связь, фаза, синтез, формование, аморфное состояние, структура, жидкокристаллическое состояние, гополимер, кевлар, СВМ-волокно, ИК-спектроскопия

Aramid fibers have a unique set of properties. The paper discusses the mechanisms of superorientation ordering of aramid fibers of different types. It is shown that in the preparation of aramids, different manufacturers use similar starting monomers, but in the implementation there are various structural and chemical reconstructions, there are various phase compositions and intermolecular interaction energy.

Key words: fiber, aramid yarn, orderliness, a benzene ring, a hydrogen bond, the phase synthesis, molding, amorphous state structure, liquid-crystalline state copolymer, Kevlar, CBM-fiber, infrared spectroscopy

Хорошо известно, что арамидные волокна и нити на основе пара- мета чередования звеньев вдоль цепей макромолекул разных технологий получения обладают комплексом уникальных свойств, что определило их внедрение при изготовлении специальных изделий различного назначения [1].

В настоящем сообщении приведены результаты изучения механизма образования свёрхориентационной упорядоченности п-арамидных волокон двух типов.

Необходимым и достаточным условием, объединяющим характеристики макромолекул этих арамидных систем, является высокая упорядоченность чередования звеньев (тактичность), высокая ориентация между соседними макромолекулами и существование специфических межмолекулярных взаимодействий путем образования водородных и π - π электронных обменных связей между соседними бензольными кольцами [2,3].

В мире в производствах п-арамидных существуют два способа их получения: одностадийный синтез и с последующим формованием нитей [1], который является основным для нитей торговых марок Армос, Русар, Руслан, Арус, Артек (из сополимерной системы) и СВМ (из гомополимерной системы).

Другим способом является двух-стадийный синтез в апротонных растворителях с последующим формованием из сернокислотных растворов.

При этом образуется жидкокристаллическое (Ж-К) состояние в системе полипарафенилентерефаламида (ПФТА). Это технология разработана на фирме Du Pont.

Названные два различных способа получения п-арамидных волокон обеспечивают высокую молекулярную упорядоченность макромолекул на принципе самоупорядочения с образованием Ж-К состояния макромолекул.

Основное различие заключается в разном чередовании звеньев вдоль цепи макромолекулы в ПФТА-системе и наличии *бензамидных* группировок. (II тип).

В одностадийной технологии (I тип) высокая надмолекулярная упорядоченность определяется дополнительным введением в макромолекулу звеньев гетероциклического бензимидазола [1].

В таблице 1 приведены сравнительные характеристики волокон двух названных выше технологий.

Таблица 1

Структурно-химические свойства п-арамидных волокон различных производителей

№	Страна-производитель	Россия	Россия	США, Япония
1	Товарный знак	Гомополимер СВМ	Сополимер Руслан, Армос, Русар, Арус, Артек	Кевлар, Тварон
2	Диангидрид	Дихлорангидрид терефталевой кислоты	Дихлорангидрид терефталевой кислоты	Дихлорангидрид терефталевой кислоты
3	Диамин ароматической кислоты	5(6)амино-2(п-аминофенил)бензимидазол; 5(6)амино-2(п-иминохинон)диимид	5(6)амино-2(п-аминофенил)бензимидазол; 5(6)амино-2(п-иминохинон)диимид; п-фенилендиамин	п-фенилендиамин
4	Прядильный раствор	Изотропный раствор в амидо-солевой системе	Изотропный раствор в амидо-солевой системе	Анизотропный раствор (Ж-К) в серной кислоте
5	Характер чередования звеньев вдоль оси нити	Атактичный полимер «ГХГХ,ГГ,ХХ»	Атактично-тактичный полимер «ГХ-ГХ-ГХ»	Тактичный полимер «ГХ-ГХ-ГХ»
6	Фазовое состояние готовой нити	Аморфное	Аморфно-кристаллическое	Кристаллическое
7	Структурно-химические	Амидо-имидольные и	Амидо-имидольные и	Конформационные цис-транс

	превращения	хиноидно-диимидные	хиноидно-диимидные	переходы в бензамидной группировке
8	Ориентационный порядок	Средний угол разориентации (5-15) ^о	Средний угол разориентации (10-15) ^о	Средний угол разориентации (3-10) ^о

Анализ данных таблицы 1 показывает общность ряда позиций получения и свойств параамидных нитей различных производителей.

1. Общность мономерных систем заключается в использовании терефталоилхлорида и пара-фенилен терефтал-амида (кроме СВМ).

Все мономерные системы обладают кристаллическим состоянием.

2. Структурно-химические отличия заключаются в том, что для отечественных технологий несимметричный диамин (ДА) обладает свойством полиморфизма. Его низкоплавкая форма (5-6) амино-2(п-аминофенил) бензимидазол может быть в равновесии с высокоплавкой имин-аминной формой (5-6) амино-2(п-имино хинон) бенздиимид АИ).

Кроме этого, возможно наличие промежуточного кристалло- жидко кристаллического состояния. Направленная комбинация составов этих форм может быть регулятором тактичности чередования звеньев и молекулярный порядок вдоль цепей.

3. Общность ориентационной упорядоченности заключается в высоком уровне расположения цепей относительно оси нитей различных арамидных систем. Отличие двух технологий следует искать в способах использования явлений упорядочения при лиотропных переходах и при термотропных воздействиях.

Существенное отличие в молекулярной упорядоченности заключается в фазовом составе макромолекул в волокнах отечественных и зарубежных арамидов, где степень кристаллическости в гомополимерах выше.

4. Главное отличие двух видов арамидов заключается в межмолекулярных взаимодействиях посредством водородной связи между бензамидными и бензимидазольными группировками, которые отличаются по энергиям связи и их числу, что можно видеть, анализируя данные таблицы 2.

Таблица 2

Относительное количество содержания молекулярных группировок в волокнах различных технологий

Торговое название	СВМ (Россия)	Армос-Рус-лан (Россия)	Кевлар (США)
Тип полимера	гомополимер	сополимер	гомополимер
Соотношение числа амидных группировок к числу бензольных колец	2:3	4:5	1:1
Соотношение числа бензимидазольных колец к числу бензольных колец	1:3	1:5	0:1

Все виды мономеров характеризуются кристаллической формой.

Однако, в случае несимметричного диамина (Россия) по данным рентгенографии, ИК-спектрального анализа и ДСК кристаллическое состояние этого мономера имеет три формы существования [4].

При повышении температуры низкотемпературная форма 5(6)-амино-2(п-аминофенил) бензимидазола переходит в промежуточную форму жидкого кристалла с кристаллизацией 5(6)-имино-2(п-хинондиимида).

Из данных таблицы 1 также следует, что в прядильной композиции системы I не наблюдается Ж-К порядок макромолекул.

В этом волокне высокоориентированное состояние достигается подбором условий осаждения полимеров с промежуточными стадиями предориентации и постадийной термообработкой [5].

Проведенные исследования позволили предположить, что основное отличие в структурно-химических превращениях п-арамидных систем различных способов получения связано с существованием различных видов водородных связей [6].

Применение дополнительных квантово-механических расчетов в разных базисах [8] подтвердило существование различных новых видов межмолекулярных взаимодействий, обусловленных тремя видами структур.

В таблице 2 показано относительное содержание молекулярных группировок, участвующих в образовании Н-связей, в исследованных п-арамидах.

Данные свидетельствуют о том, что в случае наличия амидных и бензимидазольных группировок в полимере количество и качество (величина энергии) Н-связей явно выше, чем при их отсутствии [8].

Применение абсорбционной ИК - спектроскопии при анализе водородных связей показало, что для валентных N-H колебаний наблюдаются существенные отличия для нитей разных производств. В качестве примера приведен на рис. 1 участок ИК-спектра для нитей двух производств. Величина энергии может быть вычислена по положению и величине интенсивности поглощения [7]. Из данных рисунка можно заключить, что для отечественного образца (верхняя кривая) интенсивность поглощения во всей приведённой области спектра выше, чем для зарубежного образца. Применение квантово-химических расчётов подтвердило, что существует целый набор видов Н- связей с большой энергией связи.

На наш взгляд, именно различные значения энергий Н-связей для разных типов арамидов определяют повышенные значения механических свойств отечественных нитей по сравнению с зарубежными аналогами.

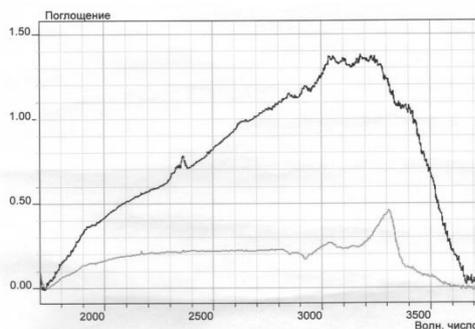


Рис.1. ИК-спектры нитей различных технологий

Выводы.

1. Показана общность технологий производства волокнообразующих п-арамидов различных производителей в части использования исходных мономеров.
2. Отличия технологий производства волокнообразующих п-арамидов различных производителей обусловили различия готового волокна по структурно-химическим перестройкам в цепях макромолекул, по фазовому составу, видам и энергиям межмолекулярных взаимодействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лакунин В.Ю., Шаблыгин М.В.// Химические волокна, 2010, №3, с 16-24
2. Шаблыгин М.В., Никитина О.А.//Высокомолекулярные соединения, 1983, 24А, №4, с 984-990
3. Шаблыгин М.В. // Химические волокна, 2006, №6, с 47-49

4. Шаблыгин М.В. // Химические волокна, 2012, №1, с 59-64
5. Прозорова Г.Е.//Сборник Термостойкие волокна, Мытищи,1974, вып.2, часть1, с 99-106
6. Шаблыгин М.В. Химические волокна 1992, №4,с. 3032.
7. К вопросу о молекулярной и надмолекулярной упорядоченности в волокнообразующих полиамидах / М.В. Шаблыгин // Материалы XVII международного научно-практического семинара SMARTEX-2014. Иваново: 2014. с.55-56
8. Модельные квантово-химические расчеты водородных связей между полимерными молекулами в волокнах типа армос/ И.А. Абронин // Материалы XVI международного научно-практического семинара SMARTEX-2013. Иваново, с 32-34

REFERENCES

1. Lakunin VY, Shablygin MV // Chemical fiber 2010, №3, with 16-24
2. Shablygin MV, Nikitin OA // Macromolecular compounds 1983,24A, №4, with 984-990
3. Shablygin MV // Chemical fiber 2006, №6, with 47-49
4. Shablygin MV // Chemical fiber 2012, №1, with 59-64
5. Prozorova G.E // Collection of heat-resistant fiber, Mytishchi, 1974, issue 2, Part 1, with 99-106
6. MV Shablygin Chemical fiber 1992, №4, p. 3032.
7. On the question of the molecular and supramolecular order in the voloknoobra-generators polyamides / MV Shablygin // Proceedings of the XVII International scientific-but-practical seminar SMARTEX-2014. Ivanovo 2014. s.55-56
8. Model of quantum-chemical calculations of the hydrogen bonds between the polymer molecules in the fibers type ARMOS / IA Abronin // Proceedings of XVI-foot international scientific and practical seminar SMARTEX-2013. Ivanovo, with 32-34

УДК 677.494.675

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АРАМИДНЫХ НИТЕЙ ТОРГОВЫХ МАРОК ТВАРОН И РУСЛАН

COMPARATIVE DATA ARAMIDNYH THREADS TRADEMARK TWARON AND RUSLAN

М.П.Михайлова, М.М.Шаблыгин
M.P.Mihaylova, M.M.Shablygin

**Инновационный научно-производственный центр текстильной и легкой
промышленности (Москва)**
Innovative Research and Production Center of textile and light industry (Moscow)
E-mail: info@inpctlp.ru

Сверхвысокопрочные арамидные нити, как правило, отличаются химическим составом структурно-химическими параметрами. В работе исследованы нити Руслан и ТВАРОН линейной плотности 58,8 и 55 текс. Испытаны по 500 вариантов указанных нитей в соответствии с ГОСТ РФ и требованиями Teijin Aramid GmbH. Выявлены следующие преимущества нитей РУсар в сравнении с нитями ТВАРОН:

1. По величине разрывной нагрузки на 22%.
2. Отклонения этой величины по К вариации в среднем квадратичного отклонению находятся в одном диапазоне для двух видов нитей.
3. По величине удельной разрывной нагрузки на 17.5 %.
4. Превышение по относительному удлинению составляет 11,5 %.

Ключевые слова: арамидная нить, сверхпрочность, Руслан, Тварон, плотность, модуль упругости, разрывная нагрузка, работа разрушения, линейная плотность, удлинение, нити, замасливатель, линейная плотность, ТВАРОН крученный, коэффициент вариации, число кручений.

Ultra aramid yarns are usually characterized by a chemical-becoming structural and chemical parameters. In the paper Ruslan and Twaron yarn linear density of 58.8 and 55 tex. Tested to 500 variants of these no-children In accordance with the requirements of Russian GOST and Teijin Aramid GmbH. Revealed the following benefits Rusar yarns compared to the yarns Twaron:

1. The magnitude of tensile load at 22%.
2. Deviations of this magnitude to variations in the mean square deviations b-pared are in the same range for the two types of filaments.
3. The magnitude of the specific breaking load by 17.5%.
4. The excess of elongation of 11.5%.

Keywords: aramid yarn, extremely robust, Ruslan, Twaron, density, elastic modulus, breaking load, the work of destruction, linear density, extending-set, a thread lubricant, linear density, Twaron torsion coefficient of variation, the number of twists.

Известны отличия сверхвысокопрочных П-арамидных нитей марок Руслан и Тварон по химическому составу и структурно-химическим характеристикам.

При использовании этих нитей в конструкционных изделиях, как правило, оперируют физико-механическими характеристиками (разрывная нагрузка, относительное удлинение, линейная плотность и их производные – удельная разрывная нагрузка, работа разрыва, модуль упругости и т.д.)

Для определения влияния названных структурных и химических отличий на физико – механические характеристики нитей этих торговых марок были проведены исследования и анализ следующих характеристик :

- линейная плотность;
- удельная разрывная нагрузка;
- удлинение нити при разрыве;
- массовая доля замасливателя.

В исследованиях были рассмотрены типичные представители нитей на основе этих классов полимеров, а именно Руслан линейной плотности 58,8 текс и Тварон линейной плотности 55 текс, без крутки и крученный.

Определение проведено как по методике ГОСТов РФ и в соответствии с требованиями производства Teijin Aramid GmbH , так и с получением большого массива данных по линейной плотности (750 испытаний) и по разрывной нагрузке с пересчетом на удельную нагрузку и относительному удлинению по 500 испытаний каждого варианта нитей. В испытаниях использованы по две партии каждого варианта.

В таблице 1 приведены нормируемые стандартными документами показатели нитей Руслан и Тварон.

Рассмотрение нормативных показателей свидетельствует о том, что нити должны иметь почти равнозначные значения по относительному удлинению и удельной разрывной нагрузке.

Следует обратить внимание на то, что по спецификации производства Teijin Aramid GmbH испытанию подвергается нить с круткой 140 кр/м, а в изделиях используется нить некрученная. Влияние крутки на измеряемые показатели известно.

Кроме того, в спецификации фирмы-производителя не нормируется величина колебаний измеряемых величин показателей в отличие от ГОСТов РФ, что очень важно при изготовлении СИБ

Результаты измерения величины линейной плотности по значительному массиву данных по бобинам представлены в таблице 2 .

Полученные данные свидетельствуют о том, что мощность выборки статистически значима. Столь низкие значения среднего квадратичного отклонения и коэффициента вариации свидетельствуют о высокой правдоподобности результатов измерений и статистически незначительном колебании самой величины.

Вычисленные по данному массиву показатели среднего квадратичного отклонения и коэффициента вариации свидетельствуют о том, что показатели линейной плотности имеют 100% достоверность, и далее они использовались при расчете удельной разрывной нагрузки.

Результаты измерения показателя разрывной нагрузки по большому массиву данных по бобинам и расчетные значения удельной разрывной нагрузки представлены в таблице 3, в таблице 4 - измерение относительного удлинения.

В таблице 5 представлены средние арифметические значения физико-механических показателей исследованных нитей.

При рассмотрении этих значений констатируем:

1. Величина линейной плотности нитей в обоих производствах внутри бобин и партий поддерживается на уровне статистически незначительного колебания.

2. Среднее арифметическое значение прочности нитей при разрыве для нити Рус-лан по партии составляет 140,1 Н, для некрученной нити Тварон 114,1 Н, для крученной нити Тварон 127,6 Н.

Среднее квадратичное отклонение по разрывной нагрузке по партии для нити Руслан изменяется в пределах от 0,5 до 17,3, для нити Тварон некрученный – от 0,8 до 13,7, для нити Тварон круч. от 1,20 до 19,9.

Коэффициент вариации показателя разрывной нагрузки по партии изменяется для нити Руслан от 0,35% до 13,73%, для нити Тварон от 0,78% до 12,59%, для нити Тварон крученный от 0,99% до 17,95%.

3. Удельная разрывная нагрузка нитей является производной величиной от величины разрывной нагрузки и составляет для нити Руслан 241,2 сН/текс, для некрученной нити Тварон – 204,8 сН/текс, для крученной нити Тварон – 234,0 сН/текс.

4. Среднее арифметическое значение относительного удлинения при разрыве нити Руслан по партии составляет 3,07%, для нити Тварон некрученный по партии – 2,68%, для нити Тварон круч. – 3,04%.

Величина среднего квадратичного отклонения по отрезкам для нити Руслан колеблется от 0,02% до 0,47%, для нити Тварон некрученный от 0,03% до 0,37%, для нити Тварон крученный от 0,03 до 0,47.

Коэффициент вариации по величине относительного удлинения для нити Руслан изменяется от 0,51% до 16,52%, для нити Тварон некрученный - от 1,25% до 14,37%, для Тварон круч. - от 0,88% до 18,1.

Представленные результаты исследований свидетельствуют о практически одинаковом влиянии технологических факторов производства волокон обоих типов на их прочностные свойства.

Проведенные исследования выявили следующие преимущества нитей Руслан в сравнении с нитью ТВАРОН:

1. По величине разрывной нагрузки на 22%. Отклонения этой величины по К вариации в среднем квадратичного отклонению находятся в одном диапазоне для двух видов нитей.

2. По величине удельной разрывной нагрузки на 17,5%.

3. Превышение по относительному удлинению составляет 11,5%.

При этом величины К вариации и среднего квадратичного отклонения свидетельствуют о высокой правдоподобности результатов измерений и статистически незначительном колебании линейной плотности обоих видов нитей.

Таблица 1

Физико-механические свойства нитей на соответствие стандартным показателем

Показатель	Руслан		Тварон	
	Факт.	ТУ 2272036-51605609-2010	Факт.	Спецификация на нить Тварон
Линейная плотность	58,96 (п.1390) 58,76 (п.649)	-	56,0 (п.521712) 55,3 (п.520252)	min 53,6 max 60.0
Прочность на разрыв (Н)		-	129,2 (п.521712) 124,9 (п.520252)	min 131
Удлинение при разрыве (%)	3,01 (п.1390) 3,11 (п.649)	Не менее 3,0	3,04 (п.521712) 3,06 (п.520252)	min 3,19
Удельная разрывная нагрузка (сН/текс)	244,5 (п.1390) 240,9 (п.649)	Не менее 235	231,7 (п.521712) 233,3 (п.520252)	min 243,9
Относительное отклонение факт. линейной плотности от номинальной (%)	+0,27 (п.1390) -0,07 (п.649)	Не более ± 2,0	+1,85 (п.521712) +0,49 (п.520252)	-
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке (%)	2,96 (п.1390) 10,16 (п.649)	Не более 10,0	5,08 (п.521712) 8,88 (п.520252)	-
Массовая доля замасливателя, %	0,80	0,8-1,5	1,0	0,5-0,9
Число кручений, кр/м	52	55±10	136	140

Таблица 2

Изменение линейной плотности нитей по бобинам

Показатели	Руслан S52 кр/м					Тварон некрученный					Тварон Z 136 кр/м				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Номер бобины															
Линейная плотность, текс.	59,66	58,59	59,27	57,97	57,42	56,30	56,42	55,96	54,80	54,92	56,01	56,30	55,69	54,90	54,82
Среднее квадратичное отклонение	0,289	0,136	0,325	1,157	0,124	0,038	0,028	0,031	0,029	0,020	0,125	0,017	0,279	0,619	0,659
К вариации, %	0,484	0,232	0,548	1,996	0,216	0,068	0,050	0,056	0,054	0,038	0,223	0,031ε	0,501	1,127	1,202

Таблица 3

Изменение разрывной нагрузки нити по бобинам

Показатели	Руслан S52 кр/м					Тварон некрученный					Тварон Z 136 кр/м				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Разрывная нагрузка, Н	145,18	141,20	151,38	137,91	128,46	116,36	113,33	113,04	115,30	112,47	129,06	121,19	132,07	134,90	126,81
Среднее	3,64	2,00	2,41	2,59	14,49	3,69	4,09	3,82	3,96	6,30	6,18	2,43	7,53	4,35	3,98

квадратичное отклонение															
К вариации, %	3,40	1,70	1,58	1,82	12,99	3,19	3,62	3,38	3,55	5,72	5,24	2,07	5,83	2,61	3,15
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	247,8	243,6	259,2	235,4	220,2	209,0	204,8	203,0	207,1	197,0	239,3	219,5	237,7	245,4	228,0

Таблица 4

Изменение относительного удлинения нити по бобинам

Показатели	Руслан S52 кр/м					Тварон некрученный					Тварон Z 136 кр/м				
Номер бобины	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Относительное удлинение, %	3,0	3,07	3,35	3,06	2,88	2,70	2,68	2,69	2,72	2,62	3,07	2,28	3,20	3,19	3,06
Среднее квадратичное отклонение	0,15	0,07	0,16	0,06	0,29	0,10	0,11	0,10	0,10	0,17	0,14	0,05	0,19	0,08	0,41
К вариации, %	3,8	2,29	2,01	1,87	10,21	4,16	4,37	3,78	3,90	6,77	2,16	2,02	4,45	2,63	2,98

Таблица 5

Средние значения физико-механических свойств нитей

Образец	Линейная плотность, текс	К вариации, %	Разрывная нагрузка, Н	К вариации, %	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	К вариации, %
Руслан	58,6	1,69	140,08	4,3	241,2	3,97
Тварон	55,7	1,23	114,10	3,89	204,2	3,89
Тварон кр.	55,5	1,057	127,58	3,81	234,0	3,66

УДК 677.014 - 615.468

«УМНЫЕ» КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЛЕЧЕБНЫЕ ДЕПО - МАТЕРИАЛЫ

«SMART» THERAPEUTIC COMPOSITE DEPOT-MATERIALS

Н.Д. Олтаржевская, М.А. Коровина, Г.Е. Кричевский, Т.С. Хлыстова
N.D. Oltarzhevskaya, M.A. Korovina, G.E. Krichevsky, T.S. Khlystova

ООО «КОЛТЕКС» (Москва)

МГУТУ им. К.Г.Разумовского

«Koletex» LLC (Moscow)

MSUTM named after K.G. Razumovsky

E-mail: koletex@list.ru

Статья посвящена применению текстильных технологий для создания новых видов лечебных материалов на текстильной и гидрогелевой основе с лекарственными препаратами, обеспечивающих их направленную контролируруемую и пролонгированную доставку к очагу поражения. Обосновано применение технологии текстильной печати, изучена роль текстильного носителя – матрицы для полимера и лекарственного препарата, доказано влияние сырьевого состава текстильного носителя и

полимера-загустителя на лечебные свойства аппликационного материала, определены реологические характеристики полимеров-загустителей, исследован массоперенос лекарственных препаратов во внешнюю среду. Указаны принципы создания композиционных материалов на текстильной и гидрогелевой основе, определяющие распределение используемого лекарства в структуре композиционного материала и действия этого фактора на физико-химические закономерности его массопереноса во внешнюю среду.

Ключевые слова: текстильные материалы, текстильная печать, салфетки колетекс, гидрогели колегель, направленное подведение лекарства

Arphysico-chemical article is devoted to the application of textile technologies for creation the new types of therapeutic textile-based materials and hydrogels with drugs, which secure their controlled and prolonged delivery to the site of lesions. The application of textile printing technology was substantiated as well as the role of textile carrier - the matrix for the polymer and drugs. An impact of the raw material components, contained in the textile carrier and a polymer-thickener, on therapeutic properties of the materials was proved, therewith were defined rheological characteristics of the polymers-thickeners and was studied a mass transfer of drugs into the environment. The article reveals principles of creation composite materials on textile and hydrogel basis, which determine the role of drugs in the structure of the composite materials and its influence on physico-chemical regularities of the mass-transfer into environment.

Keywords: textile materials, textile printing, koletex bandages, hydrogels colegel, directed delivery of drugs

Текстильные материалы с давних времен успешно применяются в медицине для закрытия ран. В последние десятилетия текстиль стали использовать не только для закрытия, но и для лечения ран, ожогов, пролежней, вводя в него по различным технологиям лекарственные препараты и получая лечебные салфетки, пластыри для доставки (в т.ч. направленной) введенных лекарств в очаг поражения.

Каждая область использования лечебных материалов, специфика заболевания выставляют к ним свои требования, что влечет трансформацию технологии получения, определяет особенность использования сырья и материалов, в т.ч. текстильных.

Во всех случаях лечебный материал (далее – аппликация) является композиционным и каждый его слой несет определенную нагрузку, выполняет специальные функции. В ООО «КОЛТЕКС» разработаны различные способы получения композиционных лечебных материалов в зависимости от области применения. В основе – использование технологии плоскошаблонной текстильной печати, при которой на текстильный материал различного строения (нетканый, трикотажный), развеса ($140 - 230 \text{ г/м}^2$) и волокнистого состава (хлопковое, вискозное, льняное, полиэфирное, полиамидное волокна) наносится через сетчатый шаблон вязкая (печатная) композиция – загустка, состоящая из пленкообразующего полимера-загустителя (в этих случаях природного биологически активного полимера с комплексом важных для лечения свойств и разрешенного для применения в медицине) и лекарства, распределенного в загустке (по аналогии с пигментным или дисперсным красителями). Композиция после печати распределяется по текстильному материалу определенным образом: на его поверхности, в пленке полимера, в текстильном материале, заполняя на $1/2 - 1/3$ его объем. В результате образуется композиционный материал, в котором лекарственный препарат (ЛП) распределен по его толщине неоднородно, что при использовании приводит к пролонгированному (и дозированному) массопереносу лекарства во внешнюю среду – рану. Диффузию лекарственного препарата из композиционного материала во внешнюю среду следует рассматривать и описывать как «модель с уносом [1]. Сначала в рану поступает лекарство с поверхности аппликации, затем, по мере уноса его кровотоком и набухания полимерной композиции, распределенной на поверхности текстильного материала, высвобождается следующая порция лекарства, и затем по мере изменения концентрации лекарственного препарата на границе рана – аппликация, оно высвобождается из объема текстильного материала. Композиционный материал, исходя из специфики распределения в нем лекарственного препарата и его массопереноса, следует рассматривать как «депо – материал» для лекарства. Если область применения аппликации

выставляет к лечебному материалу кроме пролонгации действия, снижения количества перевязок больного другие требования, например, высокую атравматичность, необходимую при лечении ожогов, то композиционный материал может менять свой состав, а способ его получения – варьироваться. Например, накладывая на поверхность текстильного материала слой из полиэфирной сетки и закрепляя его при печати через сетчатый шаблон с помощью загустителя с лекарством, удастся получить композиционный материал, сохраняющих свойства «депо» по отношению к лекарству, но существенно меньше травмирующий рану при наложении и снятии с 70 % до 20 %. Меняется и скорость поступления лекарства в рану, снижаясь на 25% и пролонгируя лечебный эффект, что важно для сокращения числа перевязок.

Очевидно, что свойства самого текстильного материала (ТМ) будут существенно влиять на свойства аппликации. Текстильный материал, в зависимости от области применения, должен быть максимально гигроскопичным и влагоемким (для использования в хирургии, в неотложной помощи при остановке кровотечений, в косметологии и т.д.), максимально прилегать к сложной поверхности тела (травматология, ревматология, комбустиология), иметь большой внутренний объем для его использования как «депо» для высоких концентраций лекарств (онкология).

Выбор загустителей для плоскошаблонной «медицинской» печати проводится исходя из требований, выставляемых технологией, наличием медицинского разрешения у применяемых биополимеров и их биологической активности. Полимеры – загустители подбираются так же исходя из области применения аппликаций: альгинат влияет на гемостатические свойства аппликаций, способствует регенерации тканей, гиалуронат натрия в качестве «пролекарства» используется в ревматологии и урологии, усиливает действие введенных в него цитостатиков при лечении онкологических заболеваний (как и сукцинат хитозана), пектины обладают регенерирующими и сорбционными свойствами. С учетом вышесказанного, в ООО «КОЛТЕКС» разработан ряд аппликационных материалов различного текстильного и полимерного составов для использования в различных областях медицины (Таблица 1).

Таблица 1

Технологические аспекты получения лечебных материалов в зависимости от области применения

Область применения	Текстильная основа (способ получения, состав, развес г/м ²)	Состав полимерной композиции*, %	Технологические показатели		Форма выпуска
			Вязкость печатной композиции, Па·с	Доза γ-облучения при стерилизации, кГр	
Комбустиология	Полотно нетканое, вискозное волокно 100% 240,0 г/м ²	АН 5-6% ГН 1%	30 - 35	15	Аппликация
		АН 2,5 ГН 2,5%	30 - 33	15	Аппликация
	Полотно нетканое, вискозное волокно 100% 240,0 г/м ² + сетка из 100% полиэфирной нити	АН 4% ГН 1% Пектин 1%	30-33	15	Аппликация
		АН 5-6% ГН 1%	30 - 35	15	Аппликация
Трикотажное полотно ПФ-2, полиэфирная нить 35%, хлопко-вискозная пряжа 65%, 180,0 -200,0 г/м ²	АН 2,51% ГН 2,5%	30 - 33	15	Аппликация	
	АН 5-6% ГН 1%	30 - 35	15	Аппликация	
Хирургия	Полотно нетканое, вискозное волокно 100% 240,0 г/м ²	АН 5-6% ГН 1%	30 - 35	15	Аппликация

	Полотно нетканое, вискозное волокно 100% 240,0 г/м ² + сетка из 100% полиэфирной нити	АН 2,5% ГН 2,5%	30 - 33	15	Аппликация
Ревматология	Полотно нетканое, вискозное волокно 100% 240,0 г/м ²	АН 2,5% ГН 2,5%	30 - 33	-	Аппликация
Онкология	Трикотажное полотно ПФ-2, полиэфирная нить 35%, хлопко-вискозная пряжа 65%, 180,0 -200,0 г/м ² М	АН 2,5% ГН 2,5%	30 - 33	15	Аппликация
		АН 5-6% ГН 1%	30 - 35	15	Аппликация
Косметология	Полотно нетканое гигроскопическое медицинское, вискозное волокно 100%, 150,0 ± 10,0	АН 5-6% ГН 1%	20-22	15	Косметические маски
		Пектин 5% ГН 1%	20 - 22	15	Косметические маски
Урология	-	АН 1,5- 2,5% ГН 1,0- 2,0%	4-6	6	Шприцы

* АН – альгинат натрия, ГН – гиалуронат натрия, Пектин – яблочный пектин со степенью метаксилирования 68-70%

Исследования показали, что применение смесей из биополимеров как загустителей позволяет достичь синергизма биологической активности композиции. Кроме лечебных свойств очень важны печатно-технические и реологические свойства, которых можно достигнуть при использовании указанных природных биополимеров в качестве загустителей. Эти свойства должны соответствовать требуемым для осуществления технологии плоскошаблонной печати (вязкость, тиксотропность и т.д.) и в ряде случаев достижимы только при использовании смесей из указанных биополимеров. Скорость массопереноса лекарств, импрегнированных в полимерной загущающей композиции, и, соответственно, эффект «депо-материалов», пролонгация поступления лекарств в рану и эффективность лечения, связаны со скоростью набухания полимеров, которые относятся к неограниченно набухаемым. По мере их набухания (и растворения) во внешней среде (при смачивании аппликации, контакте с кровью и т.д.) лекарство высвобождается из биополимера и поступает во внешнюю среду в соответствии с его растворимостью, молекулярной массой и другими ему присущими свойствами.

Технолог, создающий лечебный материал, должен на основании изучения физико-химических закономерностей массопереноса ЛП во внешнюю среду и свойств этой среды (вязкость, рН, объем) точно рассчитать концентрацию лекарства в композиции, чтобы затем при его использовании обеспечить в очаге поражения у больного необходимую по клиническим показаниям концентрацию ЛП в определенной промежуток времени, т.е. создать композиционный материал с заранее заданными свойствами.

Гидрогелевая печатная композиция из биополимера-загустителя с лекарством позволяет получать материал еще одного назначения – для доставки используемого ЛП к очагу поражения, расположенному не на поверхности, а в полости больного (ректально, вагинально, орофарингеально). Подводя вязкую гидрогелевую композицию (с помощью шприца, клизмы и т.д.) в полость максимально приближено к ране (опухоли, поврежденной слизистой и т.д.) и апплицируя и удерживая ее за счет специально подобранных вязкостных характеристик на поврежденной поверхности, удается достичь эффективного пролонгированного лечения. Наилучший результат был достигнут при использовании гидрогелей на основе альгината и гиалуроната натрия. Степень структурированности

гидрогелей может варьироваться по требованию клиницистов, меняя состав композиции (вводя сшивающие агенты) и технологию изготовления.

Таким образом, возможно получение еще одного вида «умных» композиционных лечебных полимерных материалов пролонгированного действия с требуемыми клиницистами свойствами для использования в различных областях медицины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Олтаржевская, Н.Д., Коровина, М.А. [2011] Лечебные текстильные и гидрогелевые материалы для направленной доставки лекарств в онкологической практике // Российский химический журнал. Т. LV, N. 3, с. 97-106.

REFERENCES

1. Oltarzhenskaya, N. D., Korovina, M. A. [2011] Medical Textile and Hydrogel Materials for Targeted Delivery of Drugs in Oncological Practice// Rossiiskii Khimicheski Zhurnal. Vol. 55, No. 3, pp. 97-106.

УДК 677:620.3

СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В КНР

MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF NANOTECHNOLOGY IN CHINA

Т.А. Меркулова, Джан Шан Юонг
T.A. Merkulova, Zhang Shangyong

**Ивановский государственный политехнический университет
Юханьский текстильный университет (Китай)
Ivanovo State Polytechnic University
Wuhan Textile University (China)**

E-mail: merkta@mail.ru, shangyoung.zhang@wtu.edu.cn

В статье приведены основные направления развития нанотехнологий в Китае. Авторами проанализированы материалы 89-ой международной текстильной конференции, состоявшейся в Ухане 6-14 ноября 2014 года на базе Уханьского текстильного университета КНР. В статье приводятся данные мирового производства нановолокон по данным фирмы “Nafigate”. Авторы использовали материалы ведущих Китайских производителей наноматериалов и ссылаются на законодательство России в области нанотехнологий и данные компании «Роснано»

Ключевые слова: 3d печать, нанотехнологии, наноматериалы, графен, синтез, частички, спектроскопия, сверхтонкая фильтрация, пористые композитные нановолокна

The paper presents the main directions in the development of the Chinese nanotechnologies. The authors analyzed materials of the 89-th International Textile Conference, held on 6-14 November 2014 at the Wuhan Textile University in China. The article provides data on the world production of Nanofibers by the firm Nafigate. The authors used materials of the leading Chinese manufacturers of nanomaterials and refer to the Russian legislation in the field of nanotechnology and information from the “Rosnano” company.

Keywords: 3d printing, nanotechnology, nanomaterials, graphene, synthesis, spectroscopy, superfine particles filtering, porous composite nanofibers

Развитие нанотехнологий является одним из приоритетных направлений деятельности Минобрнауки России в сфере высоких технологий [1, с. 3]. Межведомственный научно-технический совет по вопросам нанотехнологий и наноматериалов призван объединить

усилия Российского государства, ученых и предпринимателей, определить и поддержать важнейшие направления развития в этой области.

13 октября 2014 в рамках официального визита китайской делегации в офис РОСНАНО состоялась встреча Министра науки и технологии Китайской Народной Республики Вань Гана и Председателя правления ООО «УК «РОСНАНО» Анатолия Чубайса. Анатолий Чубайс высказал предложение о создании совместного российско-китайского фонда в сфере нанотехнологий для инвестирования в высокотехнологичные проекты двух стран. Предполагается, что его общий объем может составить от \$325 млн до \$1,6 млрд при равном участии обеих сторон.

По данным одной из крупнейших в мире корпорации Nafigate (Чехия) [4, с. 35] развитие нанотехнологий за последние годы проходило согласно следующим прогнозам (табл.1).

Таблица 1

Анализ прогнозов развития рынка нанотехнологий

Рынок	Знаки/годы	2010	2011	2012	2013	2014
Мировое развитие нанотехнологий	[USD млн]	2 273	2 792	3 434	4 230	5 117
Мировой рост нанотехнологий	[%]	23%	23%	23%	23%	21%
Производство нановолокон	[USD млн]	102	136	183	246	330
Рост производства нановолокон	[%]	26%	34%	34%	34%	34%
Доля нановолокон в нанотехнологиях	[%]	4.5%	4.9%	5.3%	5.8%	6.5%

К 2017 году инвестиционные вложения в мировые нанотехнологии планируется увеличить на 18.7% по сравнению с 2011 годом, в то время как инвестиции на развитие наноинструментов поднимутся на 19.1%, а на развитие наноматериалов на 18.6%.

Основными направлениями развития рынка наноматериалов на 2015 год являются:

- Энергетика
- Литиевые ионные аккумуляторы
- Производство дисплеев
- Здравоохранение
- 3D печать
- Фильтры.



Рынок покрытий из наноматериалов планируется развивать в следующих направлениях:

- медицина
- гигиена и санитария
- нефтегазовая отрасль
- автомобильная промышленность
- аэрокосмическая и авиационная промышленность
- морская отрасль промышленности
- строительство и отделка помещений

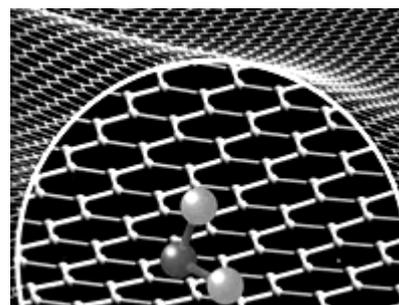


- потребительская электроника
- водонепроницаемые поверхности
- поверхности без отпечатков пальцев
- текстильная промышленность.

В Китае исследования в области нанотехнологий входят в четвёрку мегапроектов, которые позволят ему к 2020 году обогнать США по всем показателям [3, с.21]. По полученным сведениям, в период 11-й пятилетки Китай выделил около 800 млн. долларов на исследования в области нанотехнологий, что более чем в 4 раза превышает аналогичную цифру 10-й пятилетки. В годы 11-й пятилетки в Китае были созданы три центра нанотехнологических исследований - Пекинский национальный центр по изучению нанотехнологий, Тяньцзиньский национальный научно-исследовательский институт нанотехнологий и инженерии и Шанхайский национальный инженерный центр нанотехнологий. Всего насчитывается более 30 предприятий занятых в наноиндустрии.

В настоящее время продукция нанотехнологий в Китае применяется во всех отраслях пищевой и фармацевтической промышленности, для производства лекарственных препаратов, медицинских приборов, косметики, пищевых добавок и продуктов питания. Корпорация Shengda Tech Inc. является ведущей компанией по производству кальциевых нанопроductов в Китае. Shandong Haize Nanomaterials Co., Ltd and Shanxi Haize Nanomaterials Co., Ltd - это два производственных филиала компании. Мембранная дисперсная технология (Патент Номер.:1769180) позволяет производить высококачественный наноосаждённый карбонат кальция (NPCC), а также продуктов на основе угля (PRC) со средним размером нано частиц: 50 нм. Использование NPCC в полиэтиленовых изделиях позволяет улучшить их механические свойства, повысить теплостойкость, снизить объём теплоты сгорания и вторичного загрязнения. Компания Beijing ChamGo Nano-Tech Co., Ltd. занимается разработкой антибактериальных реагентов для продукции из полимерных материалов (PP, PE, ABS, HIPS, GPPS, PVC, TPE, PA, PBT, каучука), для производства химических волокон ((PET, PA, PBT, PP, PE, акрилатов, вискозы) и для красок. Для покрытия и отделки текстильных тканей из хлопка, шёлка, шерсти и их смесей с химическими волокнами эта корпорация выпускает различные антибактериальные препараты. Кроме этого они производят полимерные нанокомпозиты (PET, PA, PBT) для бутылок высокого давления, технической пластмассы, волокон и плёнки. Корпорация Tianjin Luodakang Technology Co., Ltd. в основном производит функциональные материалы на основе турмалина, наноматериалы для магнитной терапии и инфракрасной обработки, текстильные изделия на основе бамбукового древесного угля. Турмалин относится к группе твердых полезных ископаемых. Эта группа состоит из боросиликатов алюминия с содержанием определённого количества лития, натрия, кальция, калия, железа и магния. Турмалиновые наноматериалы широко используются в оптическом и электрическом оборудовании и производстве драгоценностей.

Константин Новоселов и Андрей Гейм, получившие нобелевскую премию за создание графена, и не представляли, как быстро Китай применит эту технологию для создания скоростных компьютеров, качественных и дешёвых плоскопанельных экранов. В 2013 Корпорация “The Sixth Element (Changzhou) Materials Technology Co., Ltd.” запустила первую крупнейшую по масштабам полностью автоматизированную графеновую порошковую поточную линию в Китае. А уже в мае 2013 “The 2D Carbon Graphene Material Co., Ltd стала производить прозрачную графеновую плёнку на поточной линии для сенсорных экранов. Планируется, что к 2015 компания ежегодно будет производить 3 000 000 квадратных метров прозрачной графеновой плёнки. А Ningbo Morsh Technology в конце 2013 приступила к реальному выпуску многослойных



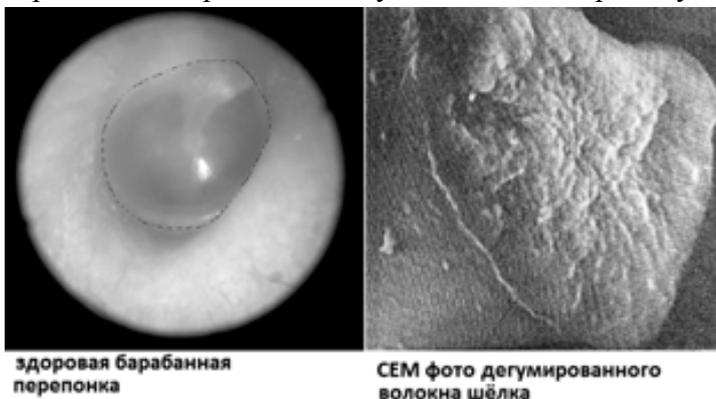
графеновых пластин. При добавлении к графену атомов кислорода получается прочный графеноксид. Сфера его применения - производство запчастей для автомобилей и самолетов, прочных лопастей ветровых турбин, легких автозаправочных станций.

89-ая международная текстильная конференция, проведенная в Ухане 6-14 ноября 2014 года на базе текстильного университета, при поддержке департамента по образованию, ассоциации науки и технологии, текстильного инженерного сообщества провинции Хубей, собрала ведущих учёных и специалистов в области текстиля со всего мира [4, с 1021].

В Уханьском текстильном университете (WTU) проводятся работы по модификации и изучению свойств графена и его окиси. Например, окись графена (GO), полученная усовершенствованным методом Хаммера и графен (G), произведённый методом химического восстановления, подвергали воздействию катионоактивным сурфактантом цетилтриметилбромидом аммония (СТАВ) в условиях ультразвукового воздействия.

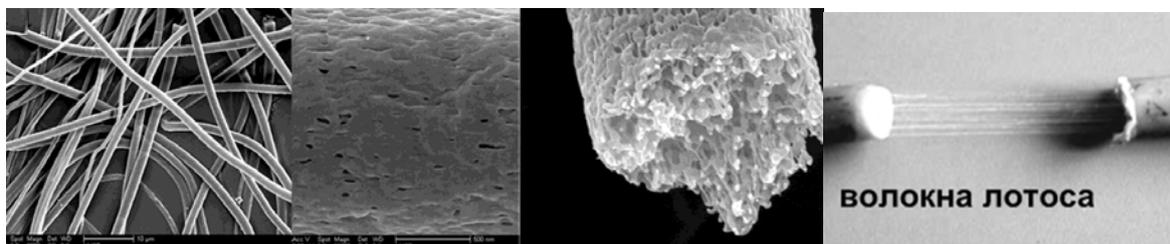
Учёные WTU проводят работы по синтезу и исследованию серебряных наночастиц (AgNPs) восстановлением нитрата серебра из NaBH_4 с последующим покрытием их β -циклодекстрином. Покрытые частички, как показала UV-Vis спектроскопия, имеют высокую поглощающую способность и фотостабильность. Хлопок, обработанный (AgNPs) обладает повышенной антимикробной защитой.

Разработкой материалов на основе натурального шёлка для реставрации барабанных перепонки занимается большая группа учёных университетов Австралии и Китая. Значительные повреждения перфорации барабанной перепонки могут вызвать потерю слуха и нанести серьёзный вред здоровью. Текущие методы реставрации заключаются обычно в прививке к перепонке хрящевого материала с другого участка тела. Однако возможные инфекции и затруднения в оценке инфекции в пределах среднего уха привели к необходимости разработать доступный, прочный, прозрачный материал. Фиброин и серицин шёлка рассматриваются в WTU как материалы, позволяющие минимизировать агрессивную хирургию и восстановить слух. С этой целью ведётся разработка и исследование мембран сверхтонкой фильтрации на основе порошка фиброина шёлка и полисульфона.



Интересные исследования проводятся в WTU для производства гидрогелей глубокого проникновения (IPN) на основе хитозана и желатина, связанного генипином для применения в биомедицине и в качестве альтернативных адсорбентов.

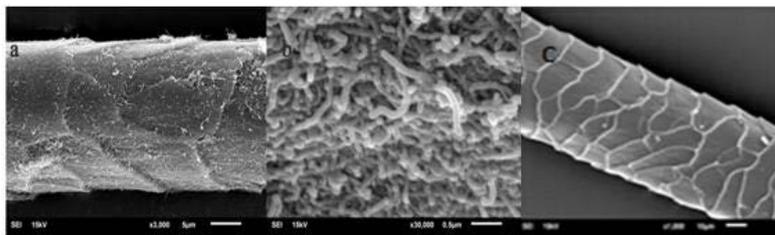
Получение пористых композитных волокон на основе полистирена (PS) и полиэтиленгликоля (PEG) методом электропрядения является одним из направлений Уханьского текстильного университета при подготовке материалов с высокой поглощающей способностью для ликвидации разливов нефти. Чем тоньше результирующее волокно PS после удаления PEG тем эффективнее материал впитывает продукты нефти и других жидкостей.



Мембранные технологии не остаются без внимания учёных WTU. Группы ученых занимаются получением амфионов повышенной гидрофильности из полисульфоновой мембраны методами радикальной полимеризации с переносом атома и методами клик-химии, а также подготовкой и исследованием композитных мембран на основе кератина шерсти и гидроксиапатита.

Заслуженный интерес вызывают работы WTU:

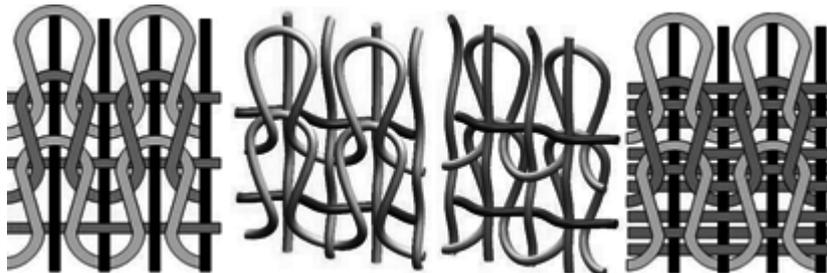
- исследование свойств нановолокон растения лотоса,
- подготовка и исследование активированного углерода из стебля рами активацией H_2PO_4 , KOH или ZnCl_2 ,
- обработка хлопковых волокон наночастичками диоксида Титана TiO_2 для одежды с функциями ультрафиолетовой защиты,
- увеличение проводимости волокон шерсти покрытием их углеродными наночастичками,
- разработка фазоизменяющихся в зависимости от изменений погоды композитных волокон на основе полиэтиленгликоля и поливинилового спирта при выработке их методом мокрого прядения для изготовления одежды,
- кинетическое исследование твердой фазы полимеризации термотропного жидкокристаллинового волокна полиакрилата (TLCP).



Исследования в области «умного текстиля» не ограничиваются нанотехнологиями. Технологический факультет WTU занимается разработкой новых структур тканей для различных условий жизнедеятельности человека.

Интересные работы по созданию нового совмещённого вязально-тканого метода и изучения свойств

выработанных тканей из волокон шерсти и полиэстера и исследования по абсорбции основовязанных тканей, изготовленных из смесовой пряжи льна с полиэстером при отделке их методом



быстрого высушивания. Наряду с созданием современных структур 3D тканей в WTU разрабатываются структуры основовязанной ткани для защиты от порезов, исследуются ткани полотняного переплетения со вставками перевивочного переплетения для баллистической защиты, а также изучаются свойства смесовых тканей с различным процентным содержанием волокон хлопка и карбоксиметил полиэстера. Большое внимание уделяется синтезу различных наночастиц для различных целей, например, синтезу серебряных наночастиц на основе натриевого альгината и исследованиям антипиреновых свойств бариево альгинатных плёнок.

Совершенствование методов отделки тканей для придания им специфических свойств постоянно находится в центре внимания учёных Китая. Ещё издревле Китай славился стойкими красочными расцветками тканей. В настоящее время в университете проводятся исследования влияния pH фактора на поглощение красителей на основе наночастиц и изучение свойств шерстяной пряжи и тканей с лазерной обработкой поверхностей с поиском неорганического поглотителя ультрафиолетовых лучей для защиты шерсти от желтизны. В лабораториях университета создаются новые виды антибактериальной отделки хлопчатобумажных тканей с изучением влияния антимикробной обработки тканей на микроэкологию кожи, проводятся исследования влияния пигментных красителей в отделке смесовой ткани из номекса и нейлона на защиту от ультрафиолетовых лучей.

Правительство Китая оказывает всестороннюю помощь в оснащении университетов самым современным оборудованием для проведения исследований. Например, морфологические свойства композитных нановолокон изучаются на эмиссионном сканирующем электронном микроскопе FESEM, S-4800, а тепловые свойства волокон и материалов исследуются на калориметре (DSC). Структурный анализ выполняется на X-дифрактометре D8 Bruker AXS. Широко используют при проведении исследований сканирующие электронные микроскопы (SEM), трансмиссионные электронные микроскопы (TEM), трансформирующие инфракрасные спектрометры Фурье (FTIR), спектрометр NEXUS 470 и многие другие современные лабораторные приборы и устройства.

РОСНАНО по итогам 2014 года вышло на чистую прибыль в размере 8 млрд рублей с увеличением дохода на 16% и ростом стоимости портфеля на 36%.

В Ивановском регионе - где работают Инжиниринговый центр текстильной и лёгкой промышленности, созданный на базе Ивановского государственного политехнического университета, Ивановский химико-технологический университет, Институт химии растворов РАН им. Г.А. Крестова, химические заводы - имеются все условия для развития нанотехнологий. Очень хотелось бы, чтобы проект строительства комбината ПЭТФ в Ивановской области, вошедший в Стратегию развития лёгкой промышленности России на период до 2020 и в Государственную программу Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение её конкурентоспособности» успешно воплотился в жизнь.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Минобрнауки РФ от 30.05.2005 N 162. О межведомственном научно-техническом совете по проблеме нанотехнологий и наноматериалов. Законодательство России.
2. Китай вырвался в лидеры по нанотехнологиям. Новости IT-индустрии от IPbel.ru. Январь 2011. Материалы заседания Межведомственного научно-технического совета по проблеме нанотехнологий и наноматериалов.
3. Материалы 89-ой международной текстильной конференции, Ухань 6-14 ноября 2014. КНР. – С. 1351
4. www.nafigatechina.com

REFERENCES

1. Memorandum of the Ministry of education and science of the Russian Federation dated 30.05.2005 N 162. Interdepartmental scientific and technical Council on nanotechnologies and nanomaterials. Legislation of the Russian Federation.
2. China broke into the lead on nanotechnologies. IT industry news from IPbel.ru. January 2011. Materials meeting of interdepartmental scientific and technical Council on nanotechnologies and nanomaterials.
3. Articles of the 89-th international textile Conference, Wuhan 6-14 November 2014. People's Republic of China. -P. 1351
4. www.nafigatechina.com

**МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ
ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫЕ ВОЛОКНА: ПРОГРЕССИВНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ,
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА**

**MULTIFUNCTIONAL POLYMER COMPOSITE FILLED FIBERS: NOVEL DRAW
METHOD, ELECTROMAGNETIC PROPERTIES**

А.Т. Пономаренко, В.Г. Шевченко
A.T. Ponomarenko, V.G. Shevchenko

**Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН (Москва)
N.S.Enikolopov Institute of Synthetic Polymer Materials RAS (Moscow)
E-mail: anapon@ispm.ru**

Разработаны подходы создания высоконаполненных полимерных материалов с магнитными и электропроводящими наполнителями и в широком диапазоне концентраций изучены их электрофизические свойства. Установлено, что особенностью структуры после формования является высокая пористость и ориентация анизометричного наполнителя. Эти факторы, определяющие уровень электрофизических свойств волокон с магнитными наполнителями, регулируются условиями формования и последующей обработки. Анизотропия структуры волокон с магнитными наполнителями проявляется в анизотропии их функциональных свойств. Волокна, содержащие гексаферрит с плоскостью легкого намагничивания, обладают в 1,2÷2 раза более высокими магнитными потерями по сравнению с пленками того же состава. Этот эффект объясняется ориентацией анизометричного наполнителя и увеличением числа частиц, для которых выполняется условие естественного ферромагнитного резонанса. Снижение пористости и увеличение степени магнитной текстуры позволяет получить композитные волокна с максимумом магнитных потерь ~2 в области ЕФМР.

Ключевые слова: полимерные волокна, наполненные полимеры, ферриты, магнитные свойства, свч-диапазон.

Approaches to creating highly filled polymer materials with magnetic and electrically conductive fillers in a wide range of concentrations were developed and their electromagnetic properties investigated. It is found that the feature of the structure after forming is high porosity and orientation of anisometric filler. These factors determine the level of electrophysical properties of the fibers with magnetic fillers, governed by drawing and subsequent processing. Anisotropy of fiber structure with magnetic anisotropic fillers is manifested in their functional properties. Fibers containing hexaferrite with plane of easy magnetization possess 1.2-2 times higher magnetic losses compared with films of the same composition. This effect is due to the orientation of anisometric filler and increase in the number of particles, for which the condition of the natural ferromagnetic resonance is valid. Reduced porosity and increased degree of magnetic texture provides a composite fiber with high magnetic losses.

Keywords: Polymer Fibers, Filled Polymers, Ferrites, Magnetic Properties, Microwave Properties.

Интерес к высоконаполненным полимерным материалам, полимерным композитам, как гибридным материалам, сохраняющим свойства полимерной среды и приобретающим новые свойства благодаря наполнителю, появился много лет назад. При этом долгое время ограничивались плоскостными структурами композитов, а волоконные формы появились лишь благодаря разработкам специальных технологий, в частности т.наз. мокрой технологии формования волокон. При этом было преодолено ряд технических трудностей, связанных с высокой удельной плотностью наполнителя путем проб и ошибок при варьировании условий формования. Волоконные композиты с ферромагнитными частицами актуальны и в настоящее время, поскольку задачи, связанные с созданием ряда материалов в полном объеме еще не решены [1].

Получение наполненных волокон.

Процесс получения наполненных волокон включает основные стадии: 1 - приготовление формовочной композиции; 2 - формование по мокрому способу; 3 - пластификационное и/или термоориентационное вытягивание; 4 - термофиксация; 5 - вальцевание при повышенной температуре.

Формование волокон осуществляли по мокрому способу на установке МУЛ-2 на малых скоростях (1-9 м/мин) через фильеры с отверстиями диаметром 130 и 800 мкм и капилляры диаметром 0,8, 1,0 и 1,8 мм, с отношением L/D соответственно 4,0, 4,0 и 15 (и заходным углом 90°) в водно-ацетоновую осадительную ванну (~5 % ацетона) длиной 80 см при комнатной температуре. Небольшая фильерная вытяжка в пределах $0,2 \div 0,9$ необходима для сохранения фильерной ориентации полимера и анизотропных частиц наполнителя и уменьшения дезориентирующего действия эффекта расширения струи на выходе из канала. Концентрация фторопласта-42В в растворе составляла $8 \div 14$ %, а содержание наполнителя в волокне варьировалось от 0 до 80 % об. Узел формования дополнительно содержал специально разработанное устройство, позволяющее создавать в зоне формования постоянное магнитное поле напряженностью до $H=0,4$ кЭ, направленное по оси волокна. Устройство представляет собой соленоид с внутренним диаметром 0,9 см, внешним диаметром 5,5 см, длиной 9 см, числом витков $n=1100$, и питается стабилизированным постоянным током до 4 А.

Влияние постоянного магнитного поля.

В связи с полученными данными представляло интерес исследование влияния постоянного магнитного поля, прикладываемого по оси канала формования, на магнитные потери μ'' волокон с различными типами магнитных наполнителей. По данным рис. 1 при увеличении напряженности поля до $H=0,43$ кЭ происходит повышение значений мнимой части магнитной проницаемости волокон как с гексаферритом Co_2Z , так и с карбонильным железом. Наблюдаемые закономерности отражают изменение структуры волокон. В результате выстраивания сферических частиц железа в протяженные нитевидные агрегаты по силовым линиям магнитного поля уменьшается фактор размагничивания, что вытекает из граничных условий электромагнитного поля на поверхности электропроводящего ферромагнитного тела [2,3,5].

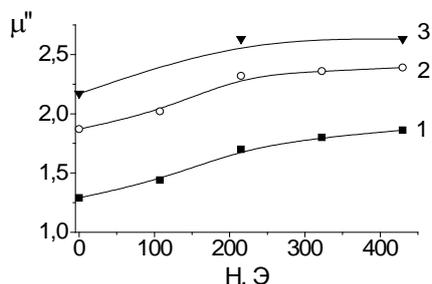


Рис.1 Влияние напряженности постоянного магнитного поля на магнитные потери наполненных волокон на основе фторопласта-42В на частоте 4,8 ГГц: 1 - 50 % об. Co_2Z ; 2 - 64 % об. Co_2Z ; 3 - 69 % об. карбонильного железа Р-20 без учета объема пор.

При отсутствии контактов между частицами усиление магнитных взаимодействий частиц (образующих ансамбль ферромагнитных частиц) вызывает сдвиг ЕФМР в область более высоких частот с одновременным повышением уровня μ' и μ'' [2]. Для α -железа поле магнитной анизотропии кристаллитов составляет всего $H_A = 0,3$ кЭ [2], поэтому разворот сферической частицы карбонильного железа, которая по структуре и магнитным свойствам близка к α -железу и также обладает слабой магнитной анизотропией, в условиях опыта не представляет трудностей.

При формировании волокон с ферритом Co_2Z , частицы которого имеют форму чешуек, а вектор намагниченности расположен в их плоскости, действие магнитного поля совпадает с направлением касательных напряжений сдвига и способствует усилению фильерной ориентации частиц в потоке. Известны методы повышения магнитной проницаемости и потерь ферромагнитных материалов за счет создания магнитной текстуры действием магнитных полей высокой напряженности - $\geq 0,7\text{НА}$ при получении материала. В наших опытах заметное возрастание μ'' наблюдается при действии магнитных полей, напряженность которых в десятки раз меньше НА гексаферритов - до $0,4\text{ кЭ}$ вместо 11 кЭ .

Изучено влияние дисперсности феррита и диаметра формовочного канала на способность феррита Co_2Z к ориентации при формировании. Количественным выражением ориентации наполнителя является степень магнитной текстуры ϕ - доля кристаллитов, ориентированных одинаковым образом относительно выбранного направления. Эту характеристику определяли по данным рентгенографического анализа. По данным таблицы 1 наблюдается рост степени магнитной текстуры ВПК при снижении отношения диаметра канала формирования D к размеру частиц наполнителя d .

Таблица 1

Влияние отношения диаметра формовочного канала к максимальному размеру частиц наполнителя на ϕ и V_p волокон. Наполнитель Co_2Z , $V_f = 0,6$; $\lambda=1$

№ п/п	D, мм	d, мкм	D/d _{max}	ϕ , %	V_p , %
1	1,8	3÷5	360	10	19
2	0,8	3÷5	160	16	-
3	1,0	3÷40	25	28	-
4	1,8	3÷60	30	-	24
5	1,8	60÷100	18	46	28

Эти данные объясняются тем, что при продавливании через канал композиции с более крупными частицами требуются более высокие давления, что вызывает большие сдвиговые напряжения в канале формования, к тому же возникающий при этом крутящий момент в случае крупных частиц также больше. Все перечисленные факторы приводят к тому, что волокна с низкодисперсным анизотричным наполнителем обладают более высокой степенью магнитной текстуры. Однако пористость таких волокон также выше (таблица 1).

По-видимому, именно ориентацией наполнителя объясняются значительные различия, которые были нами обнаружены при сравнении концентрационных зависимостей действительной μ' и мнимой μ'' частей магнитной проницаемости волокон и пленок [5], содержащих высокодисперсный гексаферрит Co_2Z (рис. 2).

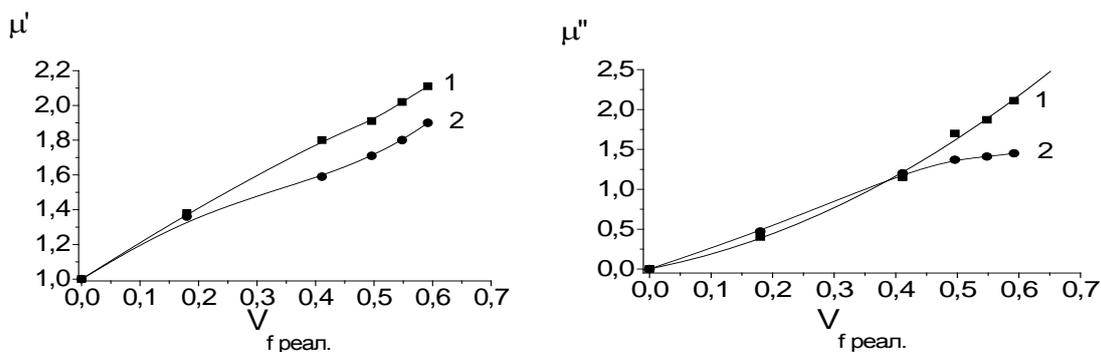


Рис. 2 Концентрационные зависимости действительной μ' и мнимой μ'' частей магнитной проницаемости волокон (1) и пленок (2) на основе фторопласта-42В и феррита Co_2Z с дисперсностью $3\div 5\text{ мкм}$.

Наблюдаемый в волокнах эффект возрастания магнитной проницаемости является следствием фильерной ориентации анизометричных частиц гексаферрита (микрофотографии наполнителей даны на рис. 3, волокон - на рис. 4) и увеличения доли частиц, для которых выполняется условие естественного ферромагнитного резонанса [3,4,5]. При использовании же в качестве наполнителя сферических частиц карбонильного железа концентрационные зависимости магнитной проницаемости волокон и пленок практически совпадают, что объясняется отсутствием ориентации наполнителя.

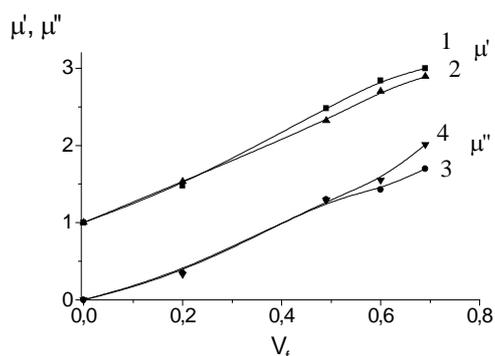


Рис. 3 Концентрационные зависимости мнимой и действительной частей магнитной проницаемости волокон (1,3) и пленок (2,4) на основе фторопласта-42В и железа Р-20 на частоте 4,8 ГГц.

Влияние кратности вытягивания.

Исследовано влияние вытягивания на морфологию наполненных волокон. Взаимодействие полимера с поверхностью наполнителя, хорошо заметное на микрофотографиях неориентированных волокон, с увеличением кратности λ пластификационного и термоориентационного вытягивания ослабляется, происходит отрыв полимера от поверхности частиц и увеличение пористости (рис. 3). Поры распространяются в осевом направлении волокна и приводят к быстрой его фибриллизации. Одновременно происходит ориентация анизометричных частиц наполнителя. Зависимости пористости и степени магнитной текстуры волокон, содержащих 60 об.% гексаферрита Co_2Z от кратности вытягивания показаны на рис. 4. Зависимости имеют сходный характер. Основной рост пористости и степени магнитной текстуры наблюдается до кратности вытягивания ~ 2 . В этой области происходит разворот анизометричных частиц большими осями вдоль оси волокна [4]. Далее наблюдается небольшое снижение пористости и степени магнитной текстуры, вызванное сменой “соседей”, а затем медленный рост, который объясняется увеличением напряжений и степени ориентации полимера и фибриллизацией волокна.

Зависимости действительной и мнимой частей магнитной проницаемости от кратности термоориентационного вытягивания для этих же волокон приведены на рис. 5. Их сложный характер объясняется одновременным влиянием пористости и степени магнитной текстуры, действие которых противоположно. Симбатностью изменения этих двух параметров структуры объясняется, почему увеличение степени магнитной текстуры при высокой кратности вытягивания не приводит к росту магнитной проницаемости волокон.

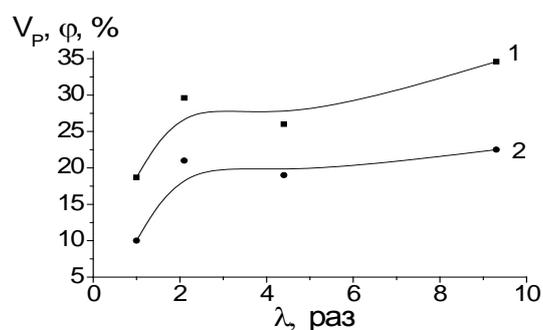


Рис. 4 Зависимость пористости V_p (1) и степени магнитной текстуры ϕ (2) от кратности термоориентационного вытягивания λ . Наполнитель Co_2Z , 3-5 мкм, $V_f = 0,6$.

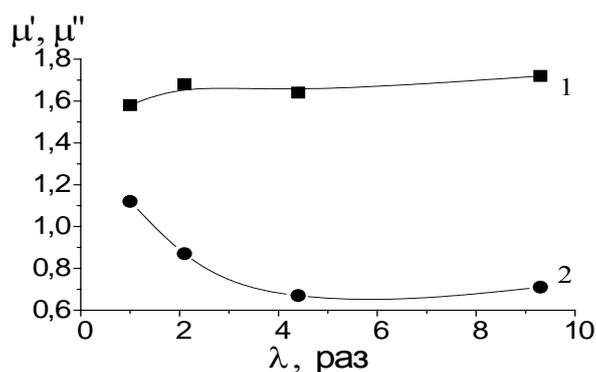


Рис. 5. Зависимость действительной (μ' , кривая 1) и мнимой (μ'' , кривая 2) частей магнитной проницаемости волокон с 60%об. Co_2Z с размерами частиц 3÷5 мкм от кратности термоориентационного вытягивания λ .

В заключение укажем, что прядение тканей из такого рода волокон требует применения специальных методов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимин Б.Ф., Современные разработки поглотителей электромагнитных волн и радиопоглощающих материалов, Зарубежная радиоэлектроника, N 2, 1989, с. 75-82.
2. Вонсовский С.В. Магнетизм. - М.: Наука, - 1978. - 1032 с.
3. Беспятых Ю.И., Тарасенко В.В., Харитонов В.Д. Эффективная диэлектрическая и магнитная проницаемости ансамбля ферромагнитных частиц. // Радиотехника и электроника. - 1988. - Т.33. - Вып.4. - С.872-876.
4. Папков С.П. Физико-химические основы производства искусственных и синтетических волокон. - М.: Химия, - 1972. - 312 с.
5. Гуревич А.Г. Магнитный резонанс в ферритах и антиферромагнетиках. - М.: Наука, - 1973. - 591 с.

REFERENCES

1. Alimin B.F. Zarubezhnaya Radioelektronika, N 2, 1989, p. 75-82.
2. Vonsovskiy S.V. Magnetism. - M.: Nauka, - 1978. - 1032 p.
3. Bespyatykh Yu.I. et al. Radiotekhnika I Elektronika. - 1988. - v.33. - N4. - p.872-876.
4. Papkov S.P. Physical Chemistry of natural and Synthetic Fibers Production. - M.: Khimiya, - 1972. - p. 312.

5. Gurevich A.G. Magnetic Resonance in Ferrites and Antiferromagnetics. - М.: Nauka, - 1973. - 591 p.

УДК 530.145

**ОСОБЕННОСТИ ВОДОРОДНЫХ СВЯЗЕЙ В АРОМАТИЧЕСКИХ ПОЛИАМИДАХ,
СОДЕРЖАЩИХ БЕНЗИМИДАЗОЛЬНЫЕ ГРУППИРОВКИ ПО ДАННЫМ
НЕИМПЕРИЧЕСКИХ КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ**

**FEATURES OF HYDROGEN BONDS IN AROMATIC POLYAMIDES CONTAINING
BENZIMIDAZOLE GROUPS ACCORDING TO NEEMPIRICHESKII QUANTUM
CHEMICAL CALCULATIONS**

И.А. Абронин, А.В. Бандуркин, Л.В. Волкова, М.В. Шаблыгин
I.A. Abanin, A.V. Bandurin, L.V. Volkova, M.V. Chablygin

**Московский государственный машиностроительный университет «МАМИ»
Московский государственный университет дизайна и технологии
Moscow state engineering University "MAMU"
Moscow state University of design and technology**

Приведены результаты анализа влияния водородных связей в ароматических полиамидах на примере сверхпрочных арамидных нитей СВМ, Русар, Руслан. Применение квантово-химических расчётов модельных фрагментов в сочетании с данными колебательных спектров в ИК-диапазоне показали, что в зависимости от Н-связей между бензимидазольными фрагментами возникают «самоориентационные» процессы, вызванные повышением энергии Н-связей в арамидных нитях и волокнах, что объясняет уникально высокие значения механических свойств нитей и их эксплуатационные характеристики в тканях, пластиках и намоточных изделиях.

Ключевые слова: водородные связи, ароматические полиамиды, арамидные нити СВМ, Русар и Руслан, механические свойства нитей, «самоориентационные процессы»

The results of the analysis of the influence of hydrogen bonds in aromatic polyamides by the example of ultra-strong aramid fibers SVM, ruser, Ruslan. The use of quantum chemical calculations of model fragments in combination with the data of the vibrational spectrum of the moat in the infrared range have shown that depending on the H-bonds between benzimidazolanyl fragments arise "sooryanarayana" processes caused by rising energy of H-bonds in the aramid yarns and fibers, which explains the uniquely high values of the mechanical properties of the yarns and their performance characteristics in fabrics, plastics and winding products.

Keywords: hydrogen bonds, aromatic polyamides, aramid, SWM, ruser and Ruslan, mechanical properties of the filaments, "sooryanarayana processes"

Арамидные нити, волокна, пленки товарных знаков Русар, СВМ, Руслан [1] обладают уникальными физико-механическими свойствами, обусловленными специфическим строением макромолекулярных агрегатов.

Решающим фактором их строения является высокий ориентационный порядок макромолекул и существование специфического межмолекулярного взаимодействия посредством систем водородных связей [2], а также π - π взаимодействием электронных систем бензольных колец соседних макромолекул [3].

Для полипарафенилентерефталамидов (ПФТА) межмолекулярные взаимодействия осуществляются водородными связями бензамидных систем, плоскости которых повернуты относительно бензольных колец [4].

Энтальпия межмолекулярного взаимодействия бензамидов не превышает (3-3,5)ккал/моль [5].

Для модельных бензамидов и п-фенилентерэфталамидов в спектральных интервалах 3300 см^{-1} и 1650 см^{-1} проявляются хорошо изученные полосы поглощения, отвечающие валентным колебаниям NH- и C=O группировок с полуширинами полос поглощения, не превышающими $(30-50)\text{ см}^{-1}$.

Волокна Русар и СВМ на молекулярном уровне представляют собой гетероциклический пара-сополиамид (нерегулярный сополимер), имеющий полярные группы: $-\text{CONH}-$; $=\text{N}-$. Статистический сегмент составляет 20-40 нм (структура I, рис.1)

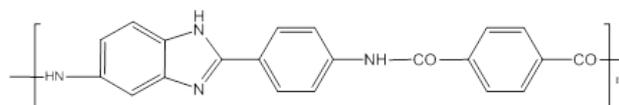


Рис. 1

Для арамидов, содержащих в цепях макромолекул бензимидазольные группировки, появляется ряд полос поглощения в более широком спектральном диапазоне с полуширинами выше $(150-1000)\text{ см}^{-1}$. [1,6]

Существование межмолекулярных Н-связей в ароматических полиазидах согласно работам [7,8] является причиной возникновения «самоориентационных» процессов при температурных обработках арамидных нитей Русар, Руслан, СВМ.

Результаты термохимических исследований и дифференциально-термического анализа мономерных соединений подтвердили опубликованные данные о существовании полимерных форм 5(6)-амино-2(п-амино) фениленимидазола с двумя температурами их плавления и нескольких видов кристаллов.

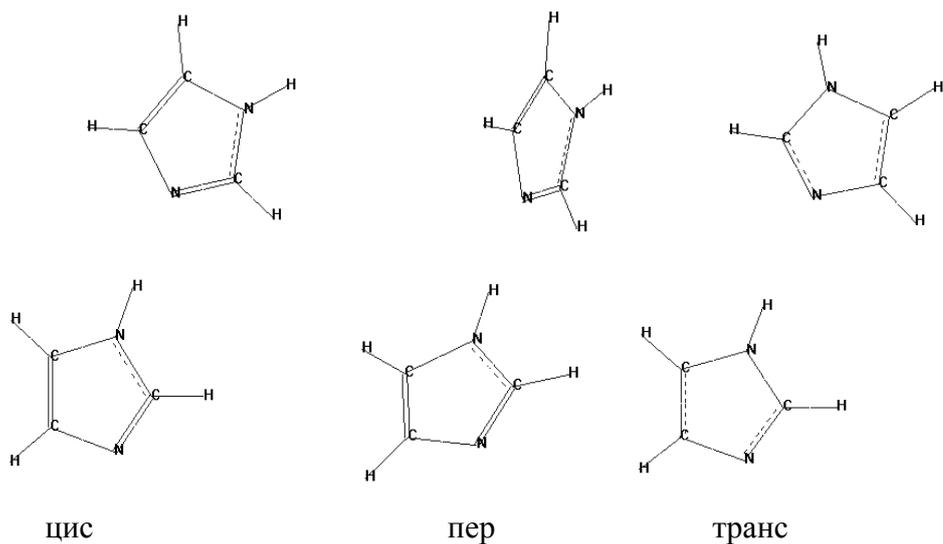
Измеренные тепловые эффекты плавления этих форм [9] показали, что существуют более сильные водородные связи между бензимидазольными группировками, величины которые должны иметь значения, превышающие $(16-25)\text{ кДж/моль}$. В предыдущих сообщениях [10-11] были представлены результаты квантово-химических расчётов по энергиям межмолекулярных водородных связей в полиамидбензимидазольных волокнах типа Армос.

В настоящей работе неэмпирическими квантово-химическими методами с полной оптимизацией геометрических параметров в базе 3-21 с уточнением энергетических характеристик E_{tot} в базе 6-311**/MP2(3-21/6-311**/MP2) проведены расчеты энергий водородных связей димеров и мономеров (*цис*, *транс*, *пер*), которые отличаются углом поворота молекулярных плоскостей в них на 0° , 90° , и на 180° соответственно.

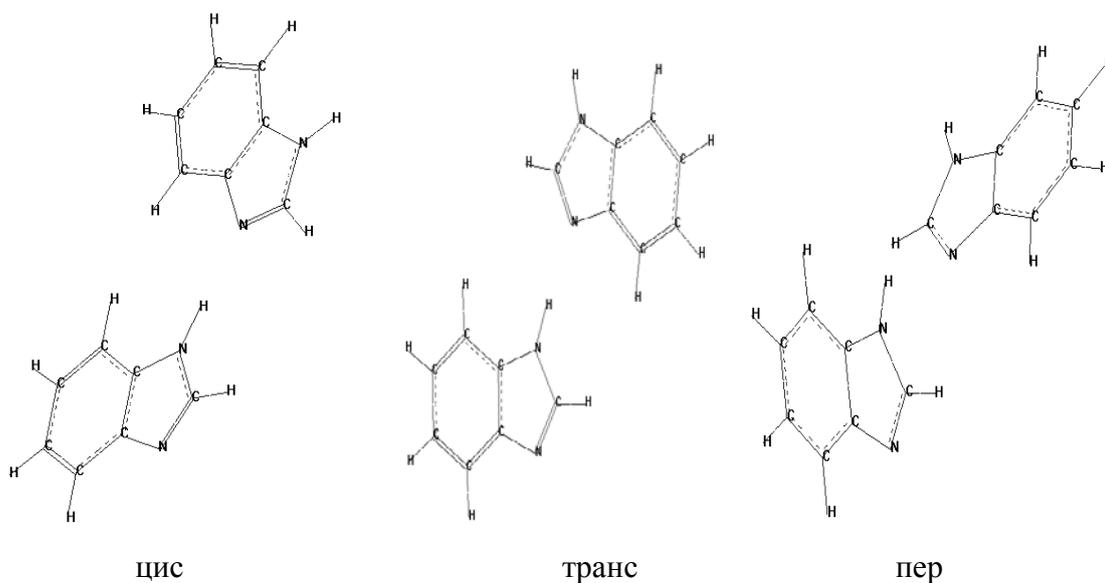
Энергии водородных связей рассчитывались как $E_{\text{H}} = E_{\text{tot}}(\text{димера}) - 2E_{\text{tot}}(\text{момера})$. Отрицательное значение E_{H} соответствует образованию водородных связей. Чем больше $|E_{\text{H}}|$, тем более прочна связь.

Результаты расчетов по энергиям водородных связей для различного взаимоположения имидазольных фрагментов приведены в таблице 1.

Структура II представляет собой плоские кольца Н-бензимидазола, а структура III отвечает двум кольцам фенил-бензимидазола (Рис. 2).



Структуры II



Структуры III

Рис.2

Таблица 1

Энергия водородных связей между имидазольными фрагментами в структурах II-III в зависимости от их положения (кДж/моль звена)

Структура		Базис		
		3-21	6-311**	+MP2
II	<i>транс-</i>	95,51	27,96	35,91
	<i>пер-</i>	98,31	93,55	60,11
	<i>цис-</i>	95,64	27,21	35,15
III	<i>транс-</i>	43,97	25,08	42,80
	<i>пер-</i>	48,45	31,89	51,54
	<i>цис-</i>	47,32	25,54	46,52

Из полученных результатов следует, что водородные связи между имидазольными фрагментами полимерных волокон СВМ, Русар, Руслан могут вносить существенный вклад в их стабильность и механическую прочность за счет повышенных значений энергии межмолекулярных водородных связей.

Известно, что надмолекулярный уровень характеризуется фибриллярной структурой с вытянутыми цепями. При этом возможно появление водородных связей между имидазольными и амидными группировками. Связи более прочного типа образуются между имидазольными фрагментами.

В литературе этому вопросу не уделялось должного внимания. Колебательная спектроскопия в ИК-диапазоне позволила получить дополнительные данные, характеризующие типы водородных связей и уточняющие термодинамические значения их энергетики.

В основу измерений заложены частотные сдвиги протоно-донорных группировок N-H, связей OH – групп в области спектра порядка 3 мкм. Кроме того, при образовании N-связей резко возрастает интенсивность полос поглощения в низкочастотном диапазоне.

Известная зависимость «правило интенсивностей» для ряда низкомолекулярных и мономерных систем хорошо описывается частотным сдвигом до 1000см^{-1} и подчиняется уравнению $-\Delta H - 1.25(\Delta\omega)^{0.5}$.

Однако, для более сложных систем, включая высокомолекулярные, например, полиамиды и поликарбоновые кислоты, правило сдвига и увеличение интенсивности не выполняется.

Так, для циклических аминокислот (лактамы) возникают несимметричные контуры полос поглощения, и требуется введение дополнительных методов исследования (термохимия, дифференциальный сканирующий анализ и т.д.).

Для получения надежных данных энтальпий N-связей были предприняты попытки введения поправочных коэффициентов для описания N-связей в ароматических полиамидах на примере макромолекул, содержащих бензимидазольные группировки.

Предположили, что относительные значения энтальпии N-связей могут быть вычислены по формуле:

$$\Delta H_{\sigma_1-\sigma_2} = K \int D_{\sigma} (3600 - \sigma_x)^m d\sigma,$$

где коэффициент K определяет тип несимметричности широкой полосы поглощения в низкочастотной области поглощения; σ_x – текущее значение частоты; D_{σ} – значение оптической плотности на частоте $\sigma \text{ см}^{-1}$; величина m находится в пределах от 0.5 до 1.

Можно отметить, что для жесткоцепных полимеров отсутствуют полосы поглощения для N-H связей, которые являлись свободными от действия электронно-донорных групп, например, карбонильных или азот-содержащих, присутствующих в бензимидазольных фрагментах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лакунин В.Ю., Шаблыгин М.В., Склярова Г.Б., Ткачева Л.В.. Номенклатура и свойства арамидных нитей, производимых ОАО «Каменскоеволокно», Хим. Волокна, 2010, №3, С. 16-24.
2. Шаблыгин М.В.. Межмолекулярные взаимодействия в химии и технологии волокон. Хим. Волокна, 2006, №6, С. 47-49.
3. Абронин И.А., Ракитина В.А., Грибанов В.А. Квантово-химический расчет водородных связей. Хим. Волокна, 2005, №6, С. 81-85.
4. Абронин И.А., Ракитина В.А., Слугин И.В., Шаблыгин М.В.. Квантово-химические исследования структуры фенилбензимидазола. Хим. Волокна, 2004, №4, С.42-26.
5. Шаблыгин М.В., Пахомов П.М. Спектроскопическое излучение водородной связи в ароматических полиамидах. Высокомолекулярные соединения, 1979, Т. 21Б, №8, С. 612-616.

6. Платонова И.В., Сидоров О.В., Щетинин А.М.. Расчет и отнесение полос поглощения в ИК-спектремономерных и полимерных звеньев полибензимидазолов, Хим. Волокна, 1998, №6, С. 33-34.
7. Шаблыгин М.В., Никитина О.А., Белоусова Т.А., Кудрявцев Г.И. Влияние водородной связи на процессы «самоупорядочения» при воздействии температуры на ароматические полиамиды. Высокомолекулярные соединения, 1982, 24А, №4, С. 984-990.
8. Шаблыгин М.В., Слугин И.В., Мамонова Т.С., Новикова Л.А., Водородная связь в процессах термоупорядочения арамидных систем, содержащих полиамидбензимидазольные фрагменты. Хим.волокна, 1009, №4, С. 30-32.
9. Шаблыгин М.В., Склярова Г.Б., Новикова Л.А., Комиссаров С.В.. Термографический анализ мономеров в производстве нитей из ароматических полиамидов. Хим. Волокна, 2012, №1, С. 59-64.
10. Абронин И.А. Модельные квантово-механические расчёты водородных связей в волокнах Армос . 16 Международный семинар, Иваново ,с.32
11. Шаблыгин М.В. К вопросу о молекулярной упорядоченности полиамидов. 17 международный семинар, Иваново 2014.с.55-56

REFERENCES

1. Lakunin V. Y., Shalygin M. V. Sklyarov, G. B., Tkachev L. V.. the Nomenclature and properties of aramid filaments produced by JSC Kamenskoe", Chem. Fiber, 2010, No. 3, Pp. 16-24.
2. Chaplygin mV. Intermolecular interactions in chemistry and technology of fibers. Chem. Fiber, 2006, No. 6, Pp. 47-49.
3. Aronin I. A., Rakitin, V. A., Gribanov, V. A., Quantum chemical calculation of hydrogen bonds. Chem. Fiber, 2005, No. 6, Pp. 81-85.
4. Aronin I. A., Rakitin, V. A., slovin I. V., Chaplygin M.. Quantum chemical studies of the structure of phenylbenzimidazole. Chem. Fiber, 2004, No. 4, Pp. 42-26.
5. Shalygin M. V., Pakhomov P. M. Spectroscopic emission of the hydrogen bond in aromatic polyamides. High-molecular compounds, 1979, Vol. 21B, No. 8, Pp. 612-616.
6. Platonov, V. I., Sidorov, O. V., Shchetinin A. M.. Calculation and the assignment of the absorption bands in the IR spectrometry and polymer units of polybenzimidazoles, Chem. Fiber, 1998, №6, P. 33-34.
7. Shalygin M. V., Nikitin O. A., Belousova T. A., Kudryavtsev G. I. the Effect of hydrogen bonds on the processes of "snowparadise" under the influence of temperature on aromatic polyamides. High-molecular compounds, 1982, 24A, No. 4, Pp. 984-990.
8. Chaplygin M, Slovin I. V., Mamonova T. S., Novikova L. A., the Hydrogen bond in the processes thermoproteales systems containing poliamidbenzimidazole fragments. Chem.fiber, 1009, No. 4, Pp. 30-32.
9. Shalygin M. V. Sklyarov, G. B., Novikova L. A., Komissarov S. V.. Thermographic analysis of monomers in the production of filaments from aromatic polyamides. Chem. Fiber, 2012, No. 1, Pp. 59-64.
10. Aronin I. A. Model of quantum-mechanical calculations of the hydrogen bonds in the fibers of Armos . 16th international workshop, Ivanovo ,p. 32
11. The M. V. Chaplygin To the question of molecular uporyadochennosti polyamides . 17 international workshop, Ivanovo 2014.with.55-56

ВОДО - И МАСЛОНЕПРОНИЦЕМАЯ ОТДЕЛКА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ

WATER AND OIL PROOF FINISHING BY NANOTECHNOLOGY

Мядагмаа Ренисенихундев
Myadagmaa Rentsenkhundev

Монгольский университет науки и технологии, Школа промышленной технологии,
Монгольский текстильный институт
Myadagmaa Rentsenkhundev, Mongolian University of Science and Technology,
School of Industrial Technology, Mongolian Textile Institute
E-mail: myadagmaa@must.edu.mn

Водо- и маслонепроницаемое покрытие на основе наночастиц (размером прибл. 100 Nm) с использованием SiO_2 и/или $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ придают гидрофильные свойства гидрофобным текстильным материалам, например, таким как полиолефин или полиэстер. В результате гидрофобные текстильные материалы приобретают гидрофильные свойства, что повышает их способность к смачиванию. Таким образом, получаем фторполимер с соответствующей гидрофобной обработкой для придания текстильным изделиям водо- и маслоотталкивающих свойств и для защиты от загрязнений. Эта умная ткань может быть использована при производстве рабочей одежды, а также в качестве защитного материала при строительстве юрт.

Ключевые слова: покрытие, наночастицы, гидрофильность, гидрофобность, полиолефин, полиэстер, фторполимер, умная ткань

A coating on the basis of nanoparticles (approx. 100 Nm) from SiO_2 and/or $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ shows very well the hydrophilic behavior on hydrophobic (polyolefin, polyester) textiles. In this way hydrophobic textile becomes very hydrophilic which show better wettability advantages with subsequent finishing Thus one gets fluorocarbon resin with one subsequent hydrophobic finishing in smaller quantities of commercial product, in order to obtain very good rejection effects against oil, water and dirt on textiles. This smart fabric we can use for work clothing and for yurt cover material.

Keywords: coating, nanoparticles, hydrophilic, hydrophobic, polyolefin, polyester, fluoropolymer, smart fabric

The preparation of nanoparticles.

The preparation of nanoparticles was accomplished by acid catalyzed hydrolysis from tetramethoxysilicane (TMOS) in water and / or alcohol. The size of the SiO_2 nanoparticles produced could be deliberately controlled by variation of the concentration of TMOS and by the choice of the reaction medium (water, alcohol and alcohol/water).

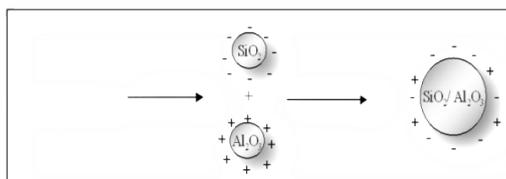


Fig.1 Preparation of nanoparticles by acid catalyzed hydrolysis

Thus with concentrations of for example 5wt. % TMOS in water, particle sizes within the micrometer range are obtained, under comparable conditions but 1wt.% dispersions from TMOS in water resulted in particle sizes of approx. 150 nm. Since TMOS doesn't dissolve in water, the

dissolution by Ultra Turrax equipment and addition of a small amount of a nonionic dispersing agent was necessary to obtain a uniform particle sizes.

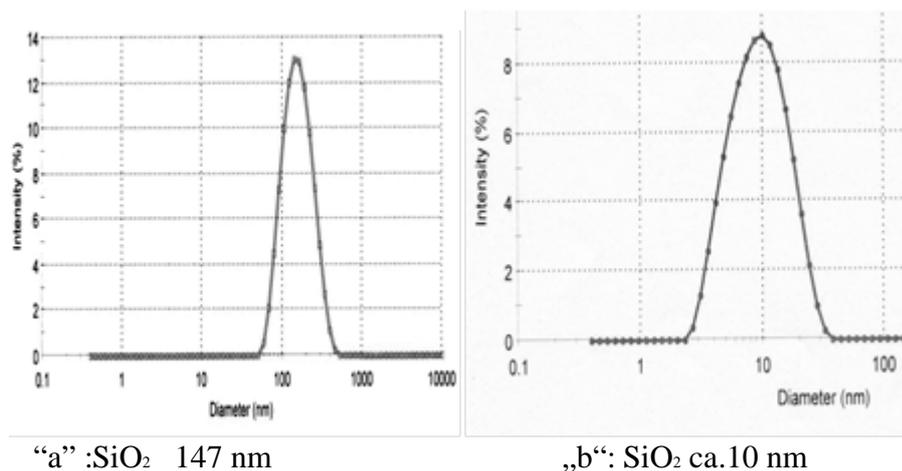


Fig.2 Particle size depending on concentration of TMOS and reactions medium
 a nanoparticles from 1wt.-% TMOS in water and nonionic dispersing agent
 b Preparation of nanoparticles in ethanol 6wt.-5 TMOS and 0,01N HCl

The hydrolysis of TMOS in ethanol and higher concentrations with 0,01N HCl as a catalyst much smaller particles are obtained. The results show that the addition of metal salt yields in smaller particles and more stable dispersion, as the addition of the other two metal salts. Therefore all further experiments were accomplished only with aluminium sulfate as second component. The investigation into the influence of the nanoparticles on coated textiles by subsequent processes (dyeing and usage properties etc.) was continued. The nanoparticles were generated from aqueous and / or alcoholic dispersion on textiles by Foulards. In this investigation it became clear that water is the most suitable reaction medium.

Accomplishment:

First of all our research team was prepared nano-solution in Mongolian Textile Institute (MTI). Nano-solution means a solution containing with nanoparticles. Then was measured particle size at the Institute of Textile Chemistry and Chemical Fibers in Germany. The result of measurement exhibits good distributed particles and there were approx. 100-120 nm. After that we were treated by foulard CO-fabric.

Especially treatment with SiO₂ and/or SiO₂/Al₂O₃ nanoparticles were generated on CO-fabrics and the efficiency of the hydrophobic treatment was examined by specified DIN standards for water, oil and alcohol repellence (Fig.3).



Fig.3 Spray test on the fabric which treated with nanoparticles

The water repellent test was executed recording to DIN EN 24920: 1992 and the oil repellent recording to DIN EN ISO 14419: 1999. The Results of both examinations summarized in the Fig. 4.

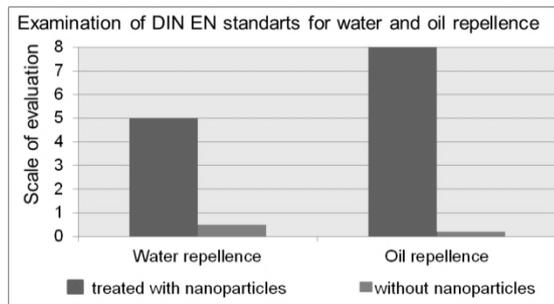


Fig. 4 Repellence test opposite to water and oil on the CO-fabric

As the measurement comes out that the CO-fabrics treated with nanoparticles exhibits a very even coating and very good repellence opposite to water and oil. The drying temperature is for super hydrophobic characteristic very important. The results exhibit that a drying temperature of 160°C and a drying time of 10 min achieve best repellence properties.

Application of smart textile for yurt cover material.

Super-hydrophobic treatment by nanotechnology is an important finishing process for textiles. In this work it could be shown that hydrophobic treatment of CO-fabrics with SiO₂ and SiO₂/Al₂O₃ nanoparticles is much more efficient. The treated CO-fabrics were sewn yurt cover materials and covered in three locations namely Gandan, Khaisaalt and Tuv-Altanbulag sum. Every month was examined the properties of water repellence, weatherability and strength/elongation in order to investigate CO-fabric which covered yurts. This experiment lasted 12 months and in the Fig. 5, Fig.6 could be shown the change of strength and elongation test for every month.

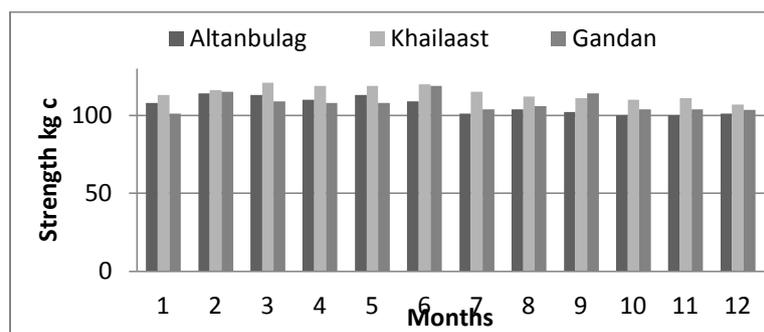


Fig.5 Strength test after 12 Months

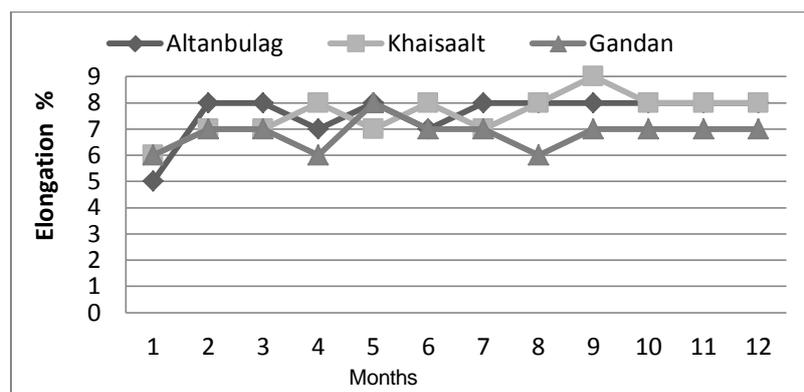


Fig.6 Elongation test after 12 Months

The result of strength and elongation test exhibits after 12 months not so many changes. It means the CO-fabric improves their properties by nano-finishing. Also we have examined the water repellence of yurt cover materials every month. The effect of water repellence was also very good (Fig.7).



Fig. 7 Water repellence test in yurt cover material

In this research work could be shown that by support of nanotechnology produces the smart textiles which have very excellent properties as breathable, lightweight, waterproof and weather ability textile.

REFERENCES

1. Rentsenkhundev Myadagmaa Dissertation “Preparation of nanoparticles for finishing on textiles” at the University Stuttgart 2007
2. Effenberger Franz; Rentsenkhundev Myadagmaa Patent first publication DE10 2005 062606A1 on 5th July 2007
3. Stoeber W. ; Fink A. Colloid interf.Sci 26 p. 62-69
4. Mahltig B; Textor T; Nanosols and Textiles, World Scientific Publishing Co., Pte. Ltd.2008

УДК 667.064.530.376

МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В НИТИ АРМОС В ОБЛАСТИ МАЛЫХ ДЕФОРМАЦИЙ

MODELING OF RELAXATION PROCESS IN THREADS OF ARMOS IN THE FIELD OF SMALL DEFORMATIONS

П.Ю. Тер-Микаэлян¹, В.Ш. Саркисов², В.Ю. Гуськова³
P. Yu. Ter-Mikaelyan.¹, V.Sh. Sarkisov², V.Yu. Guskova³

ООО «РАН КОМПЛЕКТ» (Москва)

**Московский Государственный Университет Дизайна и Технологии
Подольский филиал московского финансово-промышленного университета
«Синергия»**

ООО «RAN COMPLEKT» (Moscow)

**The Moscow State University Design and Technology
Podolsky department of Moscow Financial-Industrial University «Synergy»**

Из дифференциального уравнения трехэлементной механической модели получено уравнение для моделирования релаксационных процессов в нити Армос при её растяжении с постоянной скоростью деформации. На основе полученного уравнения разработана методика определения упругих и вязких характеристик нитей по диаграммам растяжения. Произведены оценки их изменения в процессе

деформации нити с постоянной скоростью растяжения. Показана возможность их использования на примере моделирования релаксации напряжения в нити по диаграммам растяжения. В рамках рассматриваемой модели, установлено, что в области увеличения секущего модуля с ростом деформации нити, определенного по диаграммам растяжения, увеличивается и модуль упругости. Показано, что в этой области, возрастание величины коэффициента вязкости в процессе деформации нити, определяется возрастанием модуля упругости и увеличением времени растяжения.

Ключевые слова: диаграмма растяжения, релаксация напряжения, модуль упругости, нить.

The equation for modeling of relaxation process in a thread of Armos at stretching with constant speed of deformation is received from the differential equation of three-element mechanical model. On the basis of the received equation the method of definition of elastic and viscous characteristics of threads using strain-stretching curves is developed. Estimations of their variations during constant-stretching-speed deformation of a thread are made. Considering the model of strain relaxation and strain-stretching curves of the threads under investigation as examples the authors show that the estimations can be used. Within the limits of considered model it is established that the elasticity module increases in the area where the secant modulus defined from the stretching curves increases with growth of deformation of the thread. It is shown that in this area growth of viscosity factor in process of deformation of thread is defined by increase of the module of elasticity and increase in time of a stretching.

Keywords: strain-stretching curves, strain relaxation, elasticity module, thread.

Целенаправленное получение материалов с заданными деформационными и прочностными характеристиками включает в себя и задачу, связанную с оценками упругих и вязких характеристик исходных нитей. Поэтому становится очевидным необходимость проведения таких оценок.

В настоящее время для оценок упругих и вязких характеристик нитей из жесткоцепных полимеров в области неразрушающего действия напряжения и осуществления прогноза поведения нитей под нагрузкой, применяют диаграммы ползучести или диаграммы релаксации напряжения [1,2]. Представляет определенный научный и практический интерес рассмотрение возможности оценок вязких и упругих характеристик нитей по диаграммам растяжения, характеризующиеся увеличением секущего модуля с ростом деформации на начальной стадии нагружения нити. При такой форме начального участка диаграммы растяжения возникает вопрос, связанный с определением изменения модуля упругости и вязких характеристик нити и в процессе её растяжения.

В статье приводятся оценки изменения упругих и вязких характеристик нити Армос ($\varepsilon_p = 3,1\%$, $\sigma_p = 0,98\text{ГПа}$ при скорости деформации $V = 1\text{мин}^{-1}$) и результаты моделирования релаксации напряжения в ней, по диаграммам растяжения.

Исследования деформации нитей с постоянной скоростью растяжения проводили на многофункциональной разрывной машине “Инстрон – 1122” с применением волоконных зажимов. База при испытании нити -100 мм. Температура испытания $T = 295^0\text{K}$. При этих же условиях были проведены исследования релаксации напряжения в нитях. Исследования релаксации напряжения в нити проводили по схеме: нить растягивалась с постоянной скоростью $V = 1\text{мин}^{-1}$ до заданного напряжения, после чего запускался режим релаксации напряжения.

На рис.1 приведены фрагменты диаграмм растяжения нити Армос, полученные при скоростях деформации $V_1 = 1\text{мин}^{-1}$ и $V_2 = 0,02\text{мин}^{-1}$, из анализа которых следует, что диаграммы растяжения нити Армос в области малых деформаций (до 1,5%) характеризуются увеличением секущего модуля с возрастанием деформации ε .

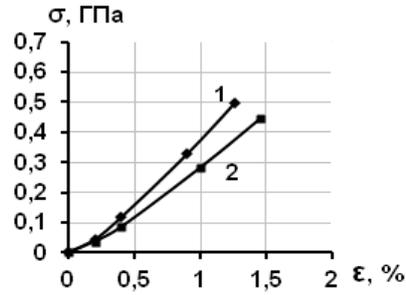


Рис.1 Фрагменты диаграмм растяжения нити Армос: 1 – $V = 1 \text{ мин}^{-1}$; 2 – $V = 0,02 \text{ мин}^{-1}$.

Дифференциальное уравнение трехэлементной механической модели, представляющей собой последовательное соединение упругого элемента (пружины) и модели Кельвина - Фойгта для описания нелинейной вязкоупругости нитей из жесткоцепных полимеров [2] представим в виде

$$\frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{E_2\varepsilon}{\eta(t)} = \frac{1}{E_1} \frac{d\sigma}{dt} + \left(1 + \frac{E_2}{E_1}\right) \frac{\sigma}{\eta(t)}, \quad (1)$$

где $\eta(t) = E_1\tau_p k \left(1 + \frac{t}{\tau_p}\right)^{1+\frac{1}{k}}$, $\eta(t)$ - коэффициент вязкости, τ_p - время релаксации, E_1 - модуль упругости модели, k - постоянная, E_2 - модуль упругости элемента входящего в модель Кельвина-Фойгта.

Решением дифференциальное уравнение (1) при $\frac{d\varepsilon}{dt} = V$ и $t = \varepsilon/V$, в приближении, рассмотренном в работе [2] есть уравнение

$$\sigma = E_1\varepsilon \left(1 + \frac{\varepsilon}{V\tau_p}\right)^{\frac{1}{k}}. \quad (2)$$

Так как для достижения заданного значения напряжения при изучении релаксации напряжения в нити применялся режим растяжения с постоянной скоростью деформации, то для получения расчетных кривых релаксации напряжения использовалось уравнение, полученное с учетом уравнения (2) и уравнения приведенного в работе [2], которое представим в виде

$$\sigma = E_1\varepsilon \left[\left(1 + \frac{\varepsilon}{V\tau_p}\right) \left(1 + \frac{t}{\tau_p}\right) \right]^{\frac{1}{k}}, \quad (3)$$

где t - время релаксации.

Оценки параметров входящих в уравнения (2) и (3) произведены с применением графоаналитического метода.

Для описания диаграмм растяжения нити, полученных при различных скоростях деформации, предполагалось, что для заданного напряжения должно выполняться равенства $\tau_{1p} = \tau_{2p} = \tau_p$, $k_1 = k_2 = k$ (индексы "1" и "2" введенные в математические обозначения означают, что характеристики или параметры относятся к диаграммам растяжений полученных при скоростях V_1 и V_2 соответственно). Из равенства напряжений и условий

$\varepsilon_1/\tau_p \gg 1$, $\varepsilon_2/\tau_p \gg 1$ с использованием уравнения (2) выводится формула для вычисления k :

$$k \approx \frac{\ln \left[\varepsilon_1 / \left(\varepsilon_2 \frac{V_1}{V_2} \right) \right]}{\ln(\varepsilon_1 / \varepsilon_2)} \quad (4)$$

Из уравнения $E_{C1} = E_1 (1 + \varepsilon_1 / \tau_p)^{-\frac{1}{k}}$, которое выводится из (2), с учетом (4) и $V_1 = 1 \text{ мин}^{-1}$ следует равенство

$$\ln \varepsilon_1 = \ln a \frac{\ln(\varepsilon_2 / V_2 \varepsilon_1)}{\ln(\varepsilon_2 / \varepsilon_1)} + \ln \tau_p, \quad (5)$$

где $a = E_1 / E_{C1}$, E_{C1} - секущий модуль, определяемый из диаграммы растяжения 1 (рис.1).

Для определения E_1 и τ_p соответствующие деформации ε_1 строится график функции $\ln \varepsilon_1 - \frac{\ln(\varepsilon_2 / V_2 \varepsilon_1)}{\ln(\varepsilon_2 / \varepsilon_1)}$ в координатах x и y . Из рис.2 следует, что полученная зависимость для нити Армос линейна и описывается функцией $y = 0,2198x - 4,9988$. Из (5) и данной функции вытекают следующие равенства: $E_1 = 1,25 E_{C1}$, $\tau_p = 6,7 \cdot 10^{-5} \text{ мин}$. при $V_1 = 1 \text{ мин}^{-1}$.

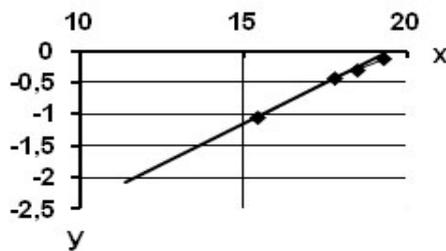


Рис.2 Зависимость $y = \ln \varepsilon_1$ от $x = \frac{\ln(\varepsilon_2 / V_2 \varepsilon_1)}{\ln(\varepsilon_2 / \varepsilon_1)}$, $V_1 = 1 \text{ мин}^{-1}$, $V_2 = 0,02 \text{ мин}^{-1}$.

На рис.3 приведены зависимости изменения модуля упругости E_1 и секущего модуля E_{C1} от деформации.

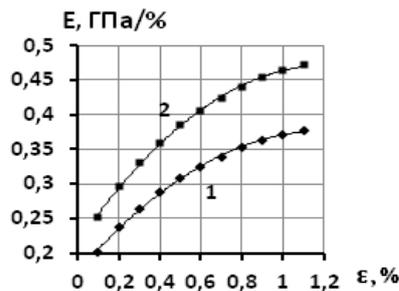


Рис.3 Зависимости E_{C1} (кривая 1) и E_1 (кривая 2) от деформации: $E_1 = 1,25 E_{C1}$.

Из анализа зависимостей приведенных на рис.3 следует, что фрагменты диаграмм растяжения, характеризующиеся увеличением секущего модуля с ростом деформации, описываются с возрастающим модулем упругости. Взаимосвязь увеличения значений модуля упругости и секущего модуля в процессе деформации нити объясняется исходя из модельных представлений, которые связаны с увеличением числа макромолекул несущих нагрузку, каждая из которых моделируется механической моделью с одинаковыми упругими и вязкими характеристиками.

На рис.4 приведены экспериментальные и расчетные кривые релаксации напряжения в нити для различных величин предварительной деформаций. Для получения расчетных кривых использовано уравнение (3), зависимость E_1 от ε (рис.3), значения $\tau_p = 6,7 \cdot 10^{-5}$ мин., $k = 0,0542$. Удовлетворительное совмещение экспериментальных и расчетных кривых показывает, что процесс релаксации напряжения в нити протекает без существенных изменений её упругих и вязких характеристик.

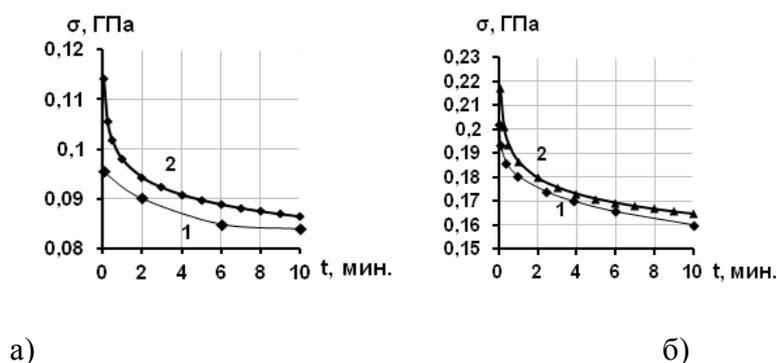


Рис.4 Релаксация напряжения в нити Армос: а- $\varepsilon = 0,44\%$, б- $\varepsilon = 0,74\%$;
1- экспериментальная кривая, 2- расчетная кривая.

В заключение следует отметить, что в области увеличения секущего модуля с ростом деформации нити, увеличение величины коэффициента вязкости в процессе деформации нити, определяется увеличением модуля упругости и временем растяжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тер - Микаэлян П.Ю., Шаблыгин М.В., Тиранов В.Г., Саркисов В.Ш. К описанию ползучести комплексных нитей из жесткоцепных полимеров // Химические волокна. 2009 г. № 3. С. 36-39.
2. Тер - Микаэлян П.Ю., Саркисов А.Ш., Шаблыгин М.В., Тиранов В.Г., Саркисов В.Ш. К описанию релаксации напряжения в нитях из жесткоцепных полимеров // Известия ВУЗов, ТЛП. 2011г., Т.13, № 3. С.44-47.

REFERENCES

1. Ter - Mikaelian, P. Y., Shalygin M. V., Tyrants, V. G., V. S. Sarkisov To the description of creep filament yarn of rigid-chain polymers // Chemical fibers. 2009 № 3. P. 36-39.
2. Ter - Mikaelian, P. Y., A. S. Sarkisov, Shalygin M. V., Tyrants, V. G., V. S. Sarkisov To the description of the relaxation of tension in the strands of rigid-chain polymers // Izvestiya vuzov, TLP. 2011 Vol. 13, No. 3. P. 44-47.

ВЯЗКОТЕКУЧЕЕ СОСТОЯНИЕ КЛЕЕВОГО СЛОЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ПЛЕНОЧНОГО МАТЕРИАЛА КАК ГЛАВНЫЙ ФАКТОР БЛОКИРОВАНИЯ НИТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОДЕЖДЫ

PLASTIC CONDITION OF THE GLUTINOUS LAYER COMPOSITE FILM MATERIAL AS THE BLOCKING PRIMARY FACTOR THREAD CONNECTION IN CLOTHES

Е.В. Дьяконова, О.В. Метелева, Л.И. Бондаренко, А.В. Баранов
E.V. Dyakonova, O.V. Meteleva, I.I. Bondarenko, A.V. Baranov

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: el_dyakonova@mail.ru, olmet07@yandex.ru

Существенной проблемой при изготовлении пуховой одежды, является миграция пуха через места проколов иглой материала при образовании ниточных соединений и при эксплуатации. Технология предполагает производство изделий на ППС (перо-пуховая смесь) особым физико-химическим методом, позволяющим устранить данный недостаток. В технологии используются специальные материалы, полученные на основе полимерных латексов. Данный материал обеспечивает блокирование отверстий ниточных соединений, и таким образом препятствует выходу ППС на лицевую сторону изделия. Полученные непроницаемые для перо – пуховой смеси (ППС) ниточно-клеевые швы обладают миграцией в 6-8 раз ниже, чем исходные ниточные соединения, сохраняя достигнутый эффект и после воздействия механических деформаций и деформаций ухода за изделием. Предложен новый метод исследования миграции ППС в швах различной конфигурации. Представлены результаты экспериментальной оценки показателей сквозной миграции при использовании нового метода и устройства для оценки миграции ППС. В результате применения новой технологии коэффициент сквозной миграции снижается.

Ключевые слова: миграция, перо – пуховая смесь, коэффициент сквозной миграции, технология блокирования, вспомогательный пленочный материал, адгезия

A major problem in the production of down clothing is migration down through the needle puncture site material during the formation of thread connections and operation. The technique involves the production of goods for FDM (feather and down mixture) a special method eliminating this lack. The technology uses special materials, which received on the basis polymer latexes. This material blocks the stitch's holes and prevents the infiltration of the FDM to the front side of the product. Such thread - glued joints impermeable for feather - down mixture (FDM) have migration 6-8 times lower than the original thread connections, and maintain the achieved effect even after exposure of mechanical deformations and product care strains. The results of experimental end-to-end migration evaluation using the new method and device properties for estimating FDM migration are given. As a result of the new technology end-to end migration coefficient is reduced.

Keywords: migration, feather – down mixture, end-to-end migration coefficient, blocking technology, auxiliary film material, adhesion

В ИВГПУ Текстильный институт проводятся исследования, направленные на установление влияния различных факторов на качество различных швейных изделий. [1, с. 105, 2, с. 114, 3, с. 108, 4, с. 21, 5, с. 90]. Известны материалы и способы для герметизации ниточных соединений, основанные на использовании методов сварки за счет термопластичных свойств вспомогательных материалов (технологии фирм "Pfaff" (Германия), «Kouuci Enterprise Co., LTD» (Китай)) и отечественные традиционные способы, заключающиеся в поверхностном проклеивании швов бейками с использованием реактивных клеев – трудоемкие, экологически небезопасные, энергозатратные.

Наиболее перспективной для реализации поставленной цели является технология проклеивания ниточных швов швейных изделий, основанная на применении специального вспомогательного самоклеящегося пленочного материала (ВСПМ) при условии обеспечения максимальной эффективности процесса. Оптимально для швейного производства, чтобы этот

материал представлял собой контактный клей с низкой температурой стеклования, в результате применения которого клеевое соединение образуется без длительного воздействия механического давления. Адгезионная способность без дополнительного активирования может быть обеспечена постоянной остаточной липкостью вспомогательного материала, при этом блокирующий эффект достигается высокими реологическими свойствами липкого слоя. Таким образом, проектируемый материал должен представлять собой липкую пленку. Перспективно для получения пленочного материала применение полимеров акриловой природы в форме водных дисперсий – латексов. Известно, что изменением химического состава и количественного содержания сомономеров в сополимере можно варьировать свойства пленок: эластичность, жесткость, прочность, липкость и др. Разработанные ВСПМ были изготовлены наносным способом на наносно-переносной линии “Sprooper” (Япония) в условиях опытно-экспериментального производства ФГУП «Ивановский научно-исследовательский институт пленочных материалов и искусственных кож». В работе были исследованы варианты ВСПМ различные по составу полимерной композиции и толщине [5, с. 105].

Испытания адгезионной прочности клеевых соединений проводились в ФГУП ИВНИИПИК на испытательной машине ИР 5081-10 при скорости расслаивания $v=50$ мм/мин, адаптированной с ПК, построение кривых производилось одновременно с помощью программы MaxTest ShortCut, время существования клеевого соединения варьировалось от 1 часа до 60 суток, минимальное достаточное давление для образования клеевого соединения составляет порядка 5 кПа, давление в зоне контакта при использовании специальной машины фирмы Turikal KS25 для проклеивания ВСПМ швов составляет 20 - 25 кПа. Объектами испытаний служили клеевые соединения «субстрат (ткань чехла, формирующего пуховой пакет) – испытуемый образец ВСПМ – антиадгезионная подложка». В качестве антиадгезионной подложки была использована силиконизированная полиэтилентерефталатная пленка (ПЭТ), на которой были сформированы опытные образцы ВСПМ. Присутствие антиадгезионной подложки обусловлено эластичностью ВСПМ.

При существующей технологии изготовления утепленной одежды на ППУ, не предполагающей специальных операций по предотвращению миграции перо-пуховой смеси в ниточных соединениях, коэффициент сквозной миграции $K_{см}$ достигает в новом (не подвергнутом носке) изделии 0,3 и в процессе ухода постоянно растет, увеличиваясь после десятого цикла аквастирки в 3 раза. Использование для проклеивания с внутренней стороны (такое расположение исключает изменение внешнего вида изделия) ВСПМ всех исследуемых вариантов способствует существенному снижению $K_{см}$ (в 6–8 раз).

Этот эффект сохраняется и после воздействия десяти аквастирок – $K_{см}$ не превышает 0,20. Оптимальным вариантом для блокирующего эффекта является ВСПМ на основе полимерной композиции, в состав которой входит БАК-Р + БАК-Н. Установлено, что наилучший блокирующий эффект обеспечивает ВСПМ с толщиной $\sigma=0,23$ мм. При этом следует отметить, что обычно верхняя одежда на ППУ служит не более 3-х лет, а значит, $K_{см}$ достигнет в этом случае величины не более 0,12.

Технология нанесения ВСПМ не требует дополнительных воздействий, производится либо вручную, либо с помощью специального устройства. На рисунке 1 приведены результаты исследования адгезионной прочности ВСПМ с толщиной $\sigma=0,23$ мм, который обеспечивает высокую адгезию к материалам чехла, превышающую когезионную прочность ВСПМ.

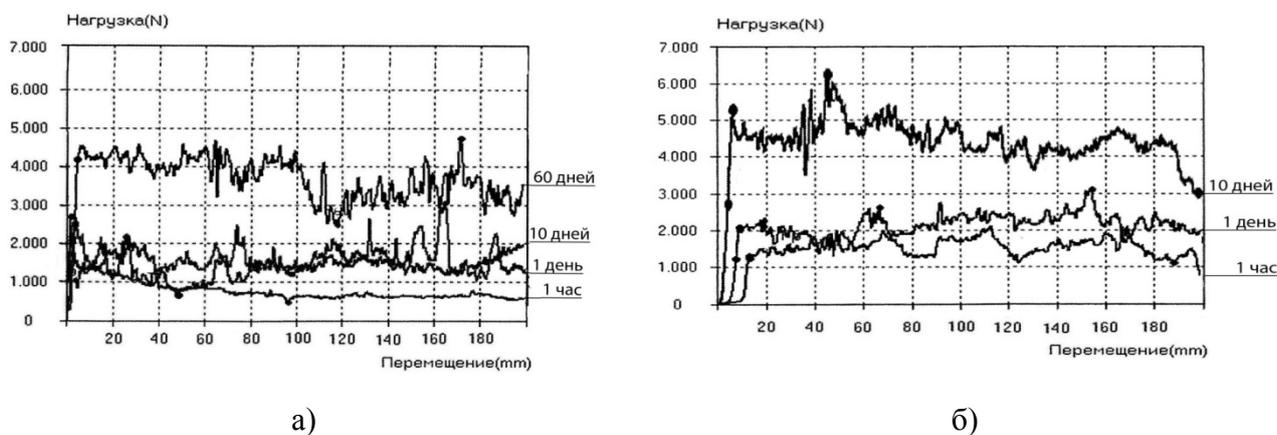


Рис. 1 Результаты исследования адгезионной способности ВСПМ с воздействием минимального давления 5 кПа (а) и давления, равного 20-25 кПа (б)

Основными параметрами, которые влияют на адгезионную прочность клеевых соединений являются: время существования клеевого соединения (с), давление в зоне контакта (Па), толщина клеевого слоя (мкм). Экспериментально установлено, что в исследованном диапазоне параметров образования прочного клеевого соединения при неизменной толщине клеевого слоя ВСПМ между величиной механического давления в зоне контакта и последующим временем формирования клеевого соединения существует обратная пропорциональная зависимость: с увеличением механического давления сокращается продолжительность времени для достижения прочного склеивания и наоборот. Причем изменение механического давления в 5 раз и достижении максимальной его величины порядка среднего давления прижимной лапки в процессе стачивания материалов обеспечивает сокращение периода времени максимального повышения прочности клеевого соединения с 60 до 10 дней. Достигается это повышением реологического эффекта за счет принудительного перераспределения вязкотекучего клея по поверхностям контакта соединяемых материалов при действии в момент образования клеевого соединения большего по величине механического давления в короткий промежуток времени.

Установлено, что для интенсификации процесса блокирования прокола ниточного соединения при использовании ВСПМ с липким клеевым слоем представляет интерес температурное воздействие. Эксперимент проводился с использованием оптического микроскопа Motiscam 1000, оснащённого обогреваемой ячейкой, обеспечивающей режим термостатирования ± 1 оС. Установка адаптирована к ПК. Используемые программные средства: для регистрации изображений и расчета линейных размеров отверстий – Motic Images Plus 2.0; для графического анализа – Origin 6.1 и Excel Microsoft Office. В работе изучена кинетика релаксации («залечивания») отверстий от проколов в ВСПМ. В качестве примера на рисунке 2 приведены фотографии отверстий в различные промежутки времени.

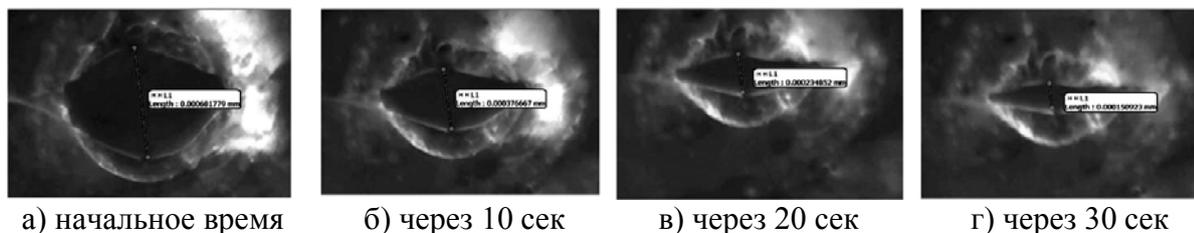


Рис. 2. Процесс релаксации («залечивания») отверстий при $t = 38$ °С

На процесс «залечивания» отверстий большое влияние оказывает температура. В работе изучено воздействие температуры в диапазоне 30–65 оС (рис. 5). Проведенный анализ показал, что процесс релаксации отверстий от прокола иглой описывается интегральным

уравнением деформации модели Кельвина-Фогта [2, с. 91], о чем свидетельствует линеаризация полученных кинетических кривых в полулогарифмических координатах.

На основании данных, приведенных на рисунке 3, получена температурная зависимость времени релаксации отверстий от прокола иглой. Установлено, что эта зависимость имеет экспоненциальный характер. Так, при $t = 65$ оС время релаксации составляет 1,3 сек, что соответствует константе скорости $0,77$ с-1 (в 20 раз больше, чем при $t = 38$ оС). Экстраполяция полученной зависимости позволила определить, что при $t = 20$ оС константа скорости процесса релаксации составит $0,0059$ с-1.

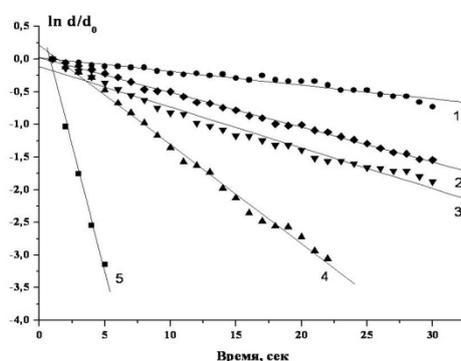


Рис. 3. Влияние температуры на кинетику «залечивания» отверстий от прокола иглой. Температура, °С: 30 (1), 38 (2), 45 (3), 50 (4), 65 (5)

Выводы:

- показано на основе экспериментальных исследований, что проницаемость швов в результате их проклеивания снижается в 6-8 раз (например, в среднем после 10 аквастирок Ксм непроклеенных швов = 0,9; К см проклеенных швов = 0,2);

- доказано, что адгезионная прочность клеевых соединений для предотвращения миграции ППУ имеет прямопропорциональную зависимость от величины механического давления при его образовании и от времени существования клеевых соединений после прекращения воздействия давления;

- установлено, что требуемый эффект блокирования проколов ниточных соединений достигается за счет реологии липкого клеевого слоя пленочного материала, который интенсифицируется при наличии температурного градиента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белова, И.Ю. Математические аспекты конструкторско-технологического решения камуфлирующих изделий / И.Ю. Белова, Н.Г. Томин // Изв. вузов. Технология текстильной пром-сти. – 2014. – № 1. – С. 114-119.
2. Борисова, Е.Н. Оценка влияния параметров меховых полотен из овчинного полуфабриката на их теплозащитные свойства / Е.Н. Борисова // Изв. вузов. Технология текстильной пром-сти. – 2013. – № 3. – С. 108-113.
3. Борисова, Е.Н. Сравнительный анализ свойств материалов для верхней одежды / Е.Н. Борисова, Н.Н. Муравская, Ж.Ю. Койтова // Изв. вузов. Технология текстильной пром-сти. – 2013. – № 4. – С. 21-25.
4. Белова, И.Ю. Технологические аспекты обработки изделий из композиционных материалов, содержащих специализированные нанослои металлов / И.Ю. Белова, Е.Е. Бабашова, В.В. Веселов // Изв. вузов. Технология текстильной пром-сти. – 2013. – № 5. – С. 90-97.
5. Метелева, О.В. Самоклеящийся материал как основа формирования непроницаемого соединения в одежде / О.В. Метелева, Е.В. Дьяконова, Л.И. Бондаренко // Изв. вузов. Технология текстильной пром-сти, 2014. - № 5 (353). – С. 105-108

6. Гуль, В.Е., Кулезнёв В.Н. Структура и механические свойства полимеров [Текст]: учебное пособие / В.Е. Гуль, В.Н. Кулезнев – Москва, 1972.-С. 320

REFERENCES

1. Meteleva, OV Self-adhesive material as the basis of forming an impermeable compound in clothing / OV Meteleva, EV Dyakonov, LI Bondarenko // Proceedings of the universities. Technology Textile Industry, 2014. - № 5 (353). - P. 105-108
2. Hull, VE, Kuleznev VN Structure and mechanical properties of polymers [Text]: a tutorial / VE Gul, VN Kuleznev - Moscow, 1972.-P. 320
3. Belova, I.Yu. Mathematical aspects of design and technological solutions in manufacture of camouflage clothing/ Belova I.Yu, Tomin N.G. // Proceedings of the universities. Technology Textile Industry, 2014. – № 1. – P. 114-119.
4. Borisova, E.N. Assessment of influence of parameters of fur cloths from a sheepskin semi - finished product on their heat - shielding properties // Proceedings of the universities. Technology Textile Industry, – 2013. – № 3. – P. 108-113.
5. Borisova E.N., Muravskaya N.N., Koytova Zh.Yu. The comparative analysis of outerwear materials properties // Proceedings of the universities. Technology Textile Industry– 2013. – № 4. – P. 21-25.
6. Belova I.Yu., Babashova E.E., Veselov V.V. Technological aspects of treatment the products from composite materials containing spicialized metal nano-layers // Proceedings of the universities. Technology Textile Industry. – 2013. – № 5.– P. 90-97.

УДК 677.047.625

КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ И БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ

COMPOSITION BASED ON WATER-SOLUBLE AND BIODEGRADABLE POLYMER TO FORM A NONWOVEN FABRIC BY THE ELECTROSPINNING METHOD

Е.С. Бокова, Г.М. Коваленко, В.И. Ракитянский, К.С. Бокова
E. S. Bokova, G. M. Kovalenko, V. I. Rakityansky, K. S. Bokova

Московский государственный университет дизайна и технологии
Moscow state university of design and technology

E-mail: esbokova@yandex.ru, gregoryi84@mail.ru, vladimir-ra48@mail.ru, ommgudt@yandex.ru

В работе исследованы технологические аспекты электроформования растворов водорастворимых, биodeградируемых полимеров, их смесевых композиций, а также интерполимерных комплексов (ИПК). Изучены свойства прядильных растворов и параметры процесса электроформования по технологии бесфильтрного электропрядения Nanospider™ с целью получения нано- и микроволокон, а также нетканых материалов. Доказано получение нетканых волокнистых полотен на основе интерполимерных комплексов неионогенных полимеров и полиакриловой кислоты методом электроформования. Исследована возможность электропрядения из раствора биodeградируемого полимера – дибутирилхитина в этанол-пропанольной смеси. Исследованы сорбционные, теплофизические и физико-механические свойства нетканых материалов на основе ИПК и обосновано их применение в качестве влагораспределительных слоёв изделий санитарно-гигиенического назначения.

Ключевые слова: электроформование волокон, нетканые основы, нанокомпозиты, растворы полимеров, санитарно-гигиенические материалы, интерполимерные комплексы, суперабсорбенты

In the paper were researched the technological electrospinning aspects of solutions water-soluble, biodegradable polymers, their blend compositions, and interpolymer complexes (IPC). Was investigated properties of the spinning solutions and the process parameters of electrospinning by Nanospider™ technology for obtaining nano- and micro fibers and nonwovens. Was proved the possibility of producing fabrics nonwoven based on interpolymer complexes of nonionic polymers and polyacrylic acid by the electrospinning method. Was researched the possibility of electrospinning the biodegradable polymer solution - dibutirilhitin in a mixture of ethanol and propanol. Was investigated sorption, thermal and mechanical properties of nonwovens based on IPC and justified their use as one of the layer in medical products.

Keywords: electrospinning fibers, nonwovens, nanocomposites, polymer solution, sanitary materials, interpolymer complexes, superabsorbents

Электроформование микро- и нановолокон из растворов полимеров, а также получение на их основе композиционных волокнистых нетканых материалов является прогрессивной востребованной технологией настоящего времени. Этим способом в отечественной и мировой практике производят высокоэффективные аэрозольные фильтры, аналитические ленты для контроля уровня загрязнения воздуха, текстильные материалы с регулируемой водо- и паропроницаемостью и др.

В последнее время становится актуальным вопрос о расширении областей применения нетканых волокнистых материалов, полученных методом электроформования, и, как следствие, в процесс переработки вовлекаются всё новые полимеры (полимерные пары): хитозан и его сложноэфирные производные (дibuтирилхитин), продукты растворения коллагена, полиэфируретаны, полиакриловая кислота, интерполимерные комплексы различного состава и строения и др [1, с. 67]. Производство волокон и нетканых материалов на их основе, как правило, включает в себя довольно сложную технологию приготовления прядильных растворов с применением большого числа технологических добавок и специальных приемов для достижения требуемого комплекса свойств готового материала: нерастворимости в воде, эластичности, прочности, паропроницаемости, гигроскопичности, биосовместимости и др. Одним из возможных вариантов ухода от сложной модификации представляется использование в качестве исходного сырья для электроформования смесевых композиций водорастворимых, биосовместимых и биodeградируемых полимеров.

Цель работы – разработка научных основ и технологических решений получения нетканых полотен на основе водорастворимых, биodeградируемых полимеров, их смесей, а также интерполимерных комплексов для создания материалов медицинского и санитарно-гигиенического назначения.

Объектами исследования в работе являлись: полиакриловая кислота (ПАК) с молекулярной массой $2,5 \cdot 10^5$ (ФГУП «НИИ химии и технологии полимеров им. ак. В.А. Каргина с опытным заводом», г. Дзержинск, Россия); поливиниловый спирт (ПВС) с молекулярной массой $8,7 \cdot 10^4$ (фирмы «Chang Chun Petrochemical CO., LTD», Тайвань) и полиэтиленоксид (ПЭО) с молекулярной массой $1 \cdot 10^6$ (Sigma Aldrich, США); дibuтирилхитин с молекулярной массой $132 \cdot 10^3$ (Лодзь; Польша). Динамическую вязкость прядильных растворов определяли на вискозиметре (Brookfield DV-II-Pro), удельную объемную электропроводность – с помощью кондуктометра Эксперт-002. Анализ процессов комплексообразования изучали методами турбидиметрического титрования и вискозиметрии с применением электронного рН – метра, однолучевого электрического колориметра КФО и вискозиметра Уббелоде. Исследование размерных характеристик нетканых материалов и отдельных волокон проводили с помощью сканирующего электронного микроскопа Hitachi TM 1000. Электроформование растворов полимеров проводили в Научно-исследовательском физико-химическом институте имени Л.Я. Карпова по технологии Nanospider™.

Волокна формировали с поверхности электрода при следующих параметрах: напряжение – 40 – 70 кВ, расстояние между электродами – 13-16 см, вращение электрода – 6,9-10 об/мин, скорость движения подложки – 0,13 м/мин. В качестве подложки

использовали нетканый материал торговой марки Komitex на основе смеси полиэтилентерефталатных (ПЭТФ) и вискозных (ВИС) (70:30) волокон.

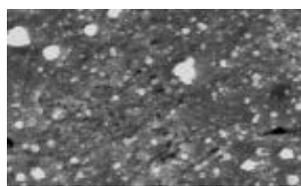
Несмотря на широкое применение ПВС, ПЭО и ПАК, а также их смесей и интерполимерных комплексов в химической технологии полимерных материалов, данные об их использовании качестве прядильных составов для получения волокон носят разрозненный и не систематизированный характер.

Настоящая работа является первым исследованием, в котором в качестве прядильных растворов для переработки методом электроформования применены интерполимерные комплексы.

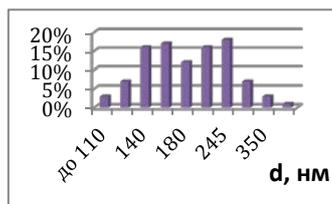
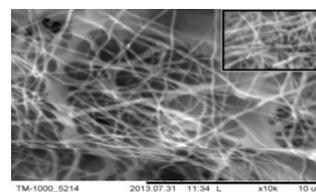
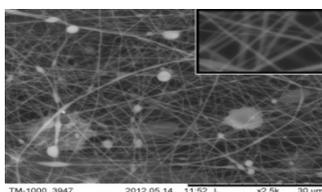
Поликомплексы ПАК – ПВС, ПАК – ПЭО получали методом смешения водных растворов индивидуальных полимеров при комнатной температуре, регулируя глубину конверсии реакции комплексообразования изменением рН реакционной среды 0,2 N раствором соляной кислоты. Концентрация исходных водных растворов составила: для ПВС – 10%, ПЭО – 8%, ПАК – 1%. При выборе концентрации ПАК исходили из необходимости ее диссоциации как обязательного условия начала процесса комплексообразования.

Для исследования процесса комплексообразования и определения стехиометрии комплексов использовали методы турбидиметрического титрования и вискозиметрии. Положение экстремумов на кривых указывает на получение стехиометрического комплекса ПАК – ПВС (1:1) и нестехиометрического ПАК – ПЭО (1:0,6) [2, с. 53]. Приготовленные комплексы были использованы в качестве прядильных растворов для формирования волокон и нетканых материалов. При проведении электропрядения установлено, что из растворов обоих поликомплексов под действием электрического поля генерируется аэрозоль, образуя слой в виде капель и сфер. По-видимому, такой эффект вызван слишком низким значением вязкости ИПК (0,05 – 0,08 Па·с), что вызвало необходимость введения в прядильный раствор избытка неионогенного полимера (ПВС для ИПК ПАК – ПВС и ПЭО для ИПК ПАК – ПЭО).

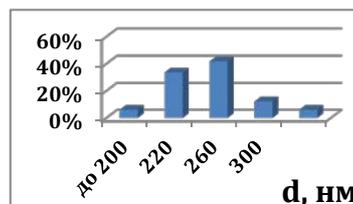
Структура полученных волокон и их распределение по диаметрам представлено на рис. 1. Исследование материалов показало, что все нетканые основы, полученные из ИПК, обладают высокими показателями гигиенических свойств: паропроницаемость - от 3,4 до 3,8 мг/(см²·ч), гигроскопичность от 10,8 до 12,3%, влагоотдача от 6,1 до 6,8%, сорбционная ёмкость от 18,6 до 57,2%. Такие материалы с успехом могут применяться в качестве распределительного слоя изделий санитарно-гигиенического назначения (подгузников, протирочных салфеток, и т.д.).



(a)



(б)



ИПК ПАК – ПВС

ИПК ПАК – ПВС
избытком ПВС

с ИПК ПАК – ПЭО с избытком
ПЭО

Рис. 1 Результат приложения электрического поля (а) к растворам ИПК до и после добавления избытка неионогенного полимера и распределение волокон по диаметру (б).
Параметры процесса: напряжение 40 - 60 кВ, расстояние между электродами 14 - 16 см, вращение электрода 6,9 об/мин, скорость движения подложки 0,13 м/мин

В последнее время актуальным становится вопрос создания биосовместимых и биodeградируемых полимерных материалов.. В этом направлении интересен опыт польских коллег (Technical University of Lodz), которые синтезировали сложноэфирное производное хитина - волокнообразующий полимер дибутылхитин, который затем формовали по технологии Nanospider™ из раствора в диметилацетамиде [3, с. 53].

В настоящей работе были получены волокнистые материалы из раствора дибутырилхитина в этанол-пропанольной смеси. Процесс формования характеризовался устойчивым образованием нано- и микроволокон и большим процентным выходом волокнистой массы. Область применения нетканых основ из биосовместимых, биodeградируемых полимеров – это разработка «дышащих» фильтров, раневых повязок, а также асептических оболочек для упаковочных материалов пищевой промышленности с целью защиты продуктов от проникновения микроорганизмов (упаковка для сыпучих и консервированных продуктов на складах длительного хранения).

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод о том, что с помощью технологии электроформования волокон в настоящее время можно создавать разнообразный спектр материалов и изделий, используя принцип направленного структурообразования: варьируя химический состав полимера, состав формовочного раствора, способ электроформования и его технологические параметры, а также дальнейший цикл эксплуатации нетканого материала, с целью его применения как самостоятельного изделия (фильтры, аналитические сорбенты), так и в качестве полуфабрикатов для получения высокоэффективных композиционных материалов (синтетические кожи, изделий медицинского и санитарно-гигиенического назначения)

ЛИТЕРАТУРА

1. Рылкова, М.В., Бокова, Е.С., Коваленко, Г.М., Филатов, И.Ю. (2012). Исследование свойств нетканых материалов, полученных из водорастворимых полимеров методом электроформования // Дизайн и технологии, №28(70) – С.66 – 71.
2. Suleimenov, I., Mun, G., Panchenko, S., Obukhova, P. (2014). The impact of ion exchange on nature of polyacrylic acid and nonionic polymer complex formation//Applied Mechanics and Materials, №467, p.52-57
3. Błasińska, A., Krucińska, I., Chrzanowski, M. (2004). Dibutyrylchitin nonwoven biomaterials manufactured using electrospinning method// Fibres & Textiles in Eastern Europe, v.12, № 4(48), p. 51-55.

REFERENCES

1. Rylkova, M.V., Bokova, E.S., Kovalenko, G.M., Filatov, I.Y. (2012). Study of the properties of nonwovens prepared from water-soluble polymers by the electrospinning // Design and Technology, №28 (70) - p.66 - 71.
2. Suleimenov, I., Mun, G., Panchenko, S., Obukhova, P. (2014). The impact of ion exchange on nature of polyacrylic acid and nonionic polymer complex formation//Applied Mechanics and Materials, №467, p.52-57
3. Błasińska, A., Krucińska, I., Chrzanowski, M. (2004). Dibutyrylchitin nonwoven biomaterials manufactured using electrospinning method// Fibres & Textiles in Eastern Europe, v.12, № 4(48), p. 51-55.

**АНТИМИКРОБНОЕ ДЕЙСТВИЕ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ.
БИОЦИДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ,
МОДИФИЦИРОВАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ
НАНОЧАСТИЦ**

**ANTIMICROBIAL ACTION OF METAL-CONTAINING NANOPARTICLES.
BIOCIDAL PROPERTIES OF POLYPROPYLENE YARN MODIFIED WITH
METAL-CONTAINING NANOPARTICLES**

Н.П. Пророкова^{1,2}, С.Ю. Вавилова¹, О.Ю. Кузнецов³, Ю.М. Базаров⁴
N. P. Prorokova^{1,2}, U. S. Vavilov¹, O. Yu. Kuznetsov³, Yu. M. Bazarov⁴

**Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (Иваново)
Ивановский государственный политехнический университет
Ивановская государственная медицинская академия
Ивановский государственный химико-технологический университет
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the RAS (Ivanovo)
Ivanovo State Polytechnic University
Ivanovo State Medical Academy
Ivanovo State University of Chemistry and Technology
E-mail: npp@isc-ras.ru**

Проанализирована имеющаяся в литературе информация об антимикробном действии наночастиц металлов и их оксидов. Приведены сведения о механизмах биоцидного действия наночастиц. Получены полипропиленовые нити, модифицированные с использованием нанокомпозитов на основе металлосодержащих частиц, иммобилизованных в полиэтилене в процессе синтеза. Исследована структура модифицированных полипропиленовых нитей. Показано, что металлосодержащие частицы после введения в полипропиленовую нить сохраняют наноразмерность. Установлено, что часть их содержится в поверхностном слое нити. Выявлено, что полипропиленовые нити, модифицированные наноразмерными металлосодержащими частицами, оказывают ингибирующее действие на развитие *грам*-положительных, *грам*-отрицательных бактерий и патогенных микрогрибов. Установлена взаимосвязь между концентрацией наночастиц в нитях и их биоцидными свойствами.

Ключевые слова: полипропилен, нить, формование, металл, наноразмерная частица, композит, антимикробные свойства

Literature data on antimicrobial effect of nanoparticles of metals and metal oxides were analyzed. Information about the mechanisms of biocidal effect of nanoparticles was shown. Polypropylene yarn modified with metal-based composites particles immobilized in polyethylene during the synthesis was obtained. The structure of the modified polypropylene yarn was investigated. We have shown that metal-containing particles after the introduction of polypropylene yarn were nanoscale as before. Some of nanoscale particles are contained in the surface layer yarn. Polypropylene yarns modified by nanoscale particles containing metal have a high inhibitory effect on the growth of *Gram* -positive, *Gram*- negative bacteria and pathogenic microfungi. The relationship between the concentration of nanoparticles in the yarn and their biocidal properties has been established.

Key words: polypropylene, yarns, spinning, metal, nano-sized particles, composite, antimicrobial properties

В настоящее время очень актуальной задачей является создание волокнистых материалов (тканей, нетканых полотен), обладающих антимикробными свойствами. Их использование для изготовления медицинской одежды и белья поможет свести к минимуму вероятность внутрибольничных инфекций. Сейчас указанные ткани производятся в небольших количествах по технологии, предусматривающей обработку их специальными дорогостоящими биоцидными препаратами, некоторые из которых вызывают у людей

аллергию. Такая обработка пригодна преимущественно для тканей из натуральных волокон. Использование указанной технологии для синтетических волокнистых материалов, в частности, для популярных полипропиленовых нетканых материалов медицинского назначения, не обеспечивает прочную фиксацию препарата на волокне. В связи с этим многими исследователями ведутся разработки методов получения волокнистых материалов с покрытиями, сформированным на основе наночастиц металлов или их оксидов, обладающих биоцидными свойствами [1-3]. Возможность и эффективность использования в качестве альтернативы антимикробным препаратам наночастиц металлов и их оксидов доказаны результатами изучения антимикробного действия последних. Такие работы в последние десятилетия проводятся большим количеством исследователей. Делаются попытки выявления механизма антимикробного действия наночастиц металлов и их оксидов. По итогам исследований опубликовано большое число работ, результаты многих из них обобщены в обзорах [4,5]. Однако серьезным препятствием для практической реализации этих разработок остается проблема низкой устойчивости сформированных покрытий к эксплуатационным воздействиям.

В настоящей работе сделана попытка придания антимикробных свойств полипропиленовому волокнистому материалу за счет не поверхностного, а объемного его модифицирования, в результате которого антимикробность становится неотъемлемым свойством модифицированной нити, не зависящим от условий её эксплуатации. Модифицирование осуществляли посредством иммобилизации наноразмерных частиц металлов и их оксидов в волокнообразующий полимер на стадии формования нитей [6]. Для сохранения наноразмерности металлосодержащих частиц использовали их в стабилизированной форме, полученной путем иммобилизации наночастиц в процессе их синтеза в матрицах из полиолефинов. В процессе выполнения исследований были получены композиционные полипропиленовые нити, модифицированные наноразмерными частицами, содержащими марганец, железо, никель, золото, палладий.

Модифицирование полипропиленовых нитей проводили на установке, имитирующей производственный процесс получения полипропиленовых нитей из расплава. Она состоит из двух лабораторных стендов: стенда для формования (СФПВ-1) и стенда для ориентационного вытягивания (ОСВ-1) синтетических волокон. Схемы стендов и описание технологического процесса представлены в работе [7]. Использование такой установки позволит впоследствии избежать проблем с масштабированием процесса: установленные закономерности в полной мере можно будет распространить на процессы, реализуемые в производственных условиях.

Металлосодержащие композиционные наполнители, используемые в работе, получали с помощью термораспада солей металлов, организованного таким образом, что каждая отдельная капля раствора солей-прекурсоров попадала в расплав полиолефина в минеральном масле, где осуществлялось образование наночастиц и их стабилизация полимером. Ведение в волокнообразующий полимер композита, содержащего наночастицы металлов и их оксидов, осуществляли на стадии формования. Были получены содержащие наночастицы металлов и их оксидов комплексные текстильные нити диаметром 30-40 мкм, состоящие из 24 элементарных нитей плотностью 0.91 г/см³.

Размеры металлосодержащих частиц в полиолефиновой матрице и в полипропиленовой нити определяли с помощью просвечивающей электронной микроскопии на микроскопе JEOL JEM-1011. Для исследования методом ПЭМ изучаемые образцы подвергали ультразвуковой обработке в изопропиловом спирте, а образовавшуюся суспензию наносили на медную сетку, последовательно покрытую формваром и углеродом.

Оценку поверхностного распределения металлосодержащих частиц осуществляли с помощью сканирующего электронного микроскопа JSM 6380LA фирмы JEOL, совмещенного с рентгеноспектральным анализатором JED-2300.

Оценку влияния модифицированного волокнистого материала на жизнедеятельность патогенных микроорганизмов проводили с использованием типичных тестовых культур:

Staphylococcus aureus (золотистый стафилококк) и *Escherichia coli* штамм М-17 (кишечная палочка) – соответственно *грам*-положительная и *грам*-отрицательная бактериальные культуры, *Candida albicans* (кандида альбиканс) - дрожжеподобные микроскопические грибы. Для оценки антимикробного действия полипропиленовой нити использовали упрощенный вариант счетного микробиологического теста ASTM E 2149 [8]. Указанный тест основан на подсчете количества колоний микробов, образующихся при 24-часовом контакте измельченного модифицированного волокнистого материала с физиологическим раствором, в который введено определенное количество колоний микробов в виде суспензии. Для того чтобы избежать ошибок при подсчете колоний микроорганизмов и сократить длительность подсчета, количество образовавшихся колоний определяли нефелометрически (по изменению мутности раствора). Процент снижения микробного обсеменения тест-объектов по отношению к аналогичному показателю контрольного тест-объекта (физиологического раствора) оценивали в баллах: 1 балл (0,0-0,1 %) – отсутствие антимикробного эффекта; 2 балла (0,1-90%) – незначительное снижение количества колоний микроорганизмов, недостаточное антимикробное действие; 3 балла (90-95%) – значительное снижение количества колоний микроорганизмов, хороший антимикробный эффект; 4 балла (95-99%) – значительное снижение количества колоний микроорганизмов, очень хороший антимикробный эффект; 5 баллов (99 и более 99%) – сильное снижение количества колоний микроорганизмов, отличный антимикробный эффект.

Согласно результатам ПЭМ, размер частиц, содержащих марганец, железо, никель, иммобилизованных в полиолефине, составляет 3 - 6 нм, размер частиц золота – от 7 до 30 нм, палладия – от 7 до 10 нм. После введения композиционного порошка в полипропилен размер наночастиц не изменяется. При этом, как показали исследования, проведенные методом сканирующей электронной микроскопии, металлсодержащие наночастицы распределяются в нити равномерно.

Счетный тест показал, что комплексные полипропиленовые нити, модифицированные наноразмерными частицами, содержащими металлы переходного ряда, оказывают ингибирующее действие на развитие всех видов болезнетворных микроорганизмов. Наиболее сильно активность *грам*-положительных, *грам*-отрицательных бактерий и патогенных микрогрибов снижается при использовании малых количеств марганец- и железосодержащих нанокомпозитов, причем, если антибактериальное воздействие в обоих случаях является одинаково интенсивным, антигрибковый эффект выше у марганецсодержащих нитей. Благородные металлы хорошо подавляют жизнедеятельность патогенных микрогрибов, но мало воздействуют на *грам*-положительные и *грам*-отрицательные бактерии.

Таким образом, показано, что наноразмерные металлсодержащие частицы, обладающие антимикробными свойствами, сохраняют ингибирующее действие на жизнедеятельность патогенных бактерий и микрогрибов даже после связывания их полиэтиленовой матрицей и иммобилизации нанокомпозита во внутренних областях полипропилена.

Полученные результаты являются принципиально новыми и важными для многих областей нанотехнологий и получения материалов медицинского назначения.

Работа поддержана РФФИ (грант офи-м № 13-03-12065/13).

ЛИТЕРАТУРА

1. Abramov O.V., Gedanken A., Kolytyn Y., Perkas N., Perelshtein I., Joyce E., Mason T.J. // Surface & Coatings Technology. 2009. Vol. 204. No. 5. P. 718-722.
2. Perelshtein I., Applerot G., Perkas N., Grinblat J., Hulla E., Wehrschuetz-Sigl E., Hasmann A., Guebitz G., Gedanken A. ACS Appl. Mater. Interfaces 2010. No. 2. P. 1999- 2004.

3. El-Nahhal I.M., Zourab S.M., Kodeh F.S., Selmane M., Genois I., Babonneau F. // *International Nano Letters*. 2012. V. 2. No.14 / <http://www.inl-journal.com/content/2/1/14>.
4. Надточенко В.А., Радциг М.А., Хмель И.А. // *Российские нанотехнологии*. 2010. Т. 5. № 5-6. С. 37-46.
5. Kon K., Rai M. // *Journal of Comparative Clinical Pathology Research*. 2013. Is. 2/1. P. 160-174.
6. Пророкова Н. П., Вавилова С. Ю., Бирюкова М. И., Юрков Г. Ю., Бузник В. М. // *Российские нанотехнологии*. 2014. Т. 9. № 9-10. – С. 21-27.
7. Вавилова С.Ю., Пророкова Н.Н., Пикалов А.П. // *Известия ВУЗов. Технология легкой промышленности*. 2011. Т. 12. № 2. С. 17 – 20.
8. ASTM E2149 - 10 Standard Test Method for Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions. USA, 2001.

REFERENCES

1. Abramov O.V., Gedanken A., Kolytyn Y., Perkas N., Perelshtein I., Joyce E., Mason T.J. // *Surface & Coatings Technology*. 2009. Vol. 204. No. 5. P. 718-722.
2. Perelshtein I., Applerot G., Perkas N., Grinblat J., Hulla E., Wehrschutz-Sigl E., Hasmann A., Guebitz G., Gedanken A. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2010. No. 2. P. 1999- 2004.
3. El-Nahhal I.M., Zourab S.M., Kodeh F.S., Selmane M., Genois I., Babonneau F. // *International Nano Letters*. 2012. V. 2. No.14 / <http://www.inl-journal.com/content/2/1/14>.
4. Nadtochenko V.A., Radtsig M.A., Khmel I.A. // *Nanotechnologies in Russia*. 2010. V. 5. Is. 5 – 6. P. 277-289.
5. Kon K., Rai M. // *Journal of Comparative Clinical Pathology Research*. 2013. Is. 2/1. P. 160-174.
6. Prorokova N.P., Vavilova S.Yu., Biryukova M.I., Yurkov G.Yu., Buznik V.M. // *Nanotechnologies in Russia*. 2014. Vol. 9. No. 9–10. P. 533–540.
7. Vavilova S.Yu., Prorokova N.P., Pikalov A.P.// *Izvestia Vuzov. Technologia tekstilnoi promishlennosti*. 2011. Т. 12. № 2. S. 17 – 20/
8. ASTM E2149 - 10 Standard Test Method for Determining the Antimicrobial Activity of Immobilized Antimicrobial Agents Under Dynamic Contact Conditions. USA, 2001.

УДК 004.0:539.2

К АНАЛИЗУ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СРЕДСТВАМИ МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

BY THE ANALYSIS OF QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF THE INTERACTION COMPONENTS POLYMER COMPOSITE MATERIAL BY MEANS OF MOLECULAR DYNAMICS SIMULATION

П.В. Королёв¹, Е.Н. Калинин¹, С.В. Королева²
P.V. Korolev¹, E.N. Kalinin¹, S.V. Koroleva²

**Ивановский государственный политехнический университет
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
Ivanovo State Polytechnic University
Ivanovo Fire and Rescue Academy of Russian Ministry for Emergency Situations
E-mail: enkalini@gmail.com**

Прогнозирование функциональных свойств материала обусловленных адсорбционным взаимодействием компонентов на уровне межмолекулярных связей нанокomпозиционной системы одним

из перспективных методов является принципиально новый метод компьютерного исследования – метод молекулярной динамики. В статье рассмотрен способ получения качественных характеристик взаимодействия компонентов нанокomпозиционного материала используя методы молекулярного моделирования, представлена методика экспресс оценки трибомеханических свойств системы с применением инструментов молекулярного моделирования.

Ключевые слова: молекулярное моделирование, нанокomпозиционные материалы, трибомеханика, трибосистема, энергия системы.

Prediction of the functional properties of the material due to the adsorption interaction of the components at the level of cross-linking of the nanocomposite system one of the most promising methods is a fundamentally new method of computer research - molecular dynamics method. The article describes a method for producing high-quality characteristics of the interaction of components nanocomposite material using molecular modeling techniques, the technique of rapid assessment tribomechanical properties of the system with the use of molecular modeling tools.

Key words: molecular modeling, nanocomposite materials, tribomechanika, tribosystem energy of the system.

В настоящее время в сфере синтеза новых композиционных материалов наиболее остро встала проблема создания компьютерного инструмента, позволяющего прогнозировать функциональные параметры объекта применительно к условиям его эксплуатации [1,6].

Большая погрешность «чистого» компьютерного моделирования и высокая стоимость натурального эксперимента сделали актуальным появление способа анализа материала, позволяющего дать не только качественные, но и количественные характеристики взаимодействия компонентов [2].

Одним из возможных путей решения задачи прогнозирования комплекса свойств материалов является применение методов молекулярного моделирования, в частности, молекулярной динамики. Это позволяет визуализировать анализ структуры, обладающей сложной пространственной конфигурацией и множеством параметров, определяющих свойства исследуемой системы как конструкционного материала в процессе её синтеза. В настоящее время программные средства визуализации используются только для наблюдения, а огромный вычислительный потенциал просто игнорируется. Таким образом, актуальна разработка алгоритмов, позволяющих решать обозначенные задачи с использованием средств визуализации результатов молекулярного моделирования, что позволит значительно повысить точность и наглядность машинного эксперимента.

Цель синтеза модели нанокomпозиционных материалов заключается в необходимости получения общего стандарта алгоритмизации процесса построения компьютерной модели межмолекулярного взаимодействия наполнителя и волокнистой матрицы и выявления характеристик взаимодействия.

Методика определения количественных и качественных характеристик синтезируемого композита включает в себя разработку компьютерной модели межмолекулярного взаимодействия, например, алюминия и целлюлозы, что имеет место при напылении раскалённых металлических частиц в высокодисперсном состоянии на ткань и последующем их спекании. В результате на выходе получаем нанокomпозит на волокнистой основе, обладающий высокой отражающей способностью применительно к тепловому и ультрафиолетовому излучению, покрытие, создающее защитные свойства в условиях высоких температур.

Толщина слоя алюминия, взаимодействующего с волокном целлюлозы, в поставленном нами компьютерном эксперименте составила 4 атомарных уровня. Волокнистый материал – 6 цепочек целлюлозы, скреплённых водородными связями. В модели не учитывалось присутствие примесей в материале и влажность воздуха. Подразумевалось, что взаимодействие компонентов происходило в вакууме. Наличие взаимодействия между компонентами проверялось исходя из значений энергии как отдельных компонентов, так и нанокomпозита в целом [3].

При межмолекулярном взаимодействии значение суммарной энергии связей

нанокompозита должно быть значительно меньше суммы энергий отдельных его компонентов. В качестве фактора, влияющего на силу взаимодействия компонентов, выступала усреднённая величина расстояния между их микрочастицами, крайние значения которых показаны на рис.1 с расстояниями 3,5 Å (а) и 50 Å (б).

В табл.1 представлены численные значения энергии исследуемой системы в зависимости от расстояния между частицами.

Таблица 1

Энергия компонента, kcal/mol	Обозначение	Расстояние между компонентами	
		50 Å	3,5 Å
Алюминий	E1	- 753,16	- 753,16
Целлюлоза	E2	423,308	423,308
Нанокompозит	E3	- 334,14	- 458,73

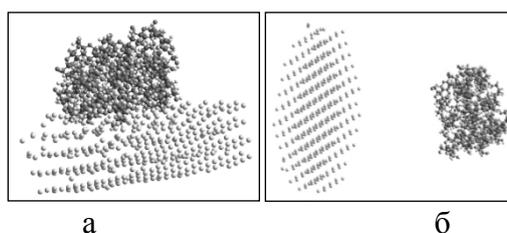


Рис. 1. Внешний вид модели

На рисунке представлен внешний вид моделируемой системы в двух крайних случаях: при среднем расстоянии между атомами компонентов 50 Å и 3,5 Å.

Таким образом, зная расстояния между компонентами и принимая во внимание особенности технологии нанесения адгезива на волокнистую матрицу-субстрат, – можно судить о потенциальной возможности их взаимодействия и получения устойчивого соединения, характеризуемого его адгезионными параметрами.

При проектировании материалов различного назначения прочностные свойства являются одними из основных в оценке качества изделия [7]. Количественные показатели прочности обеспечивают саму возможность получения конечного продукта. Если в защитной экипировке военных (каска, бронежилеты и т.д.) сопротивление внешнему воздействию является ключевым параметром и подвергается всестороннему рассмотрению, то, например, в боевой одежде пожарных, где ключевым параметром являются теплозащитные свойства, такой точности не требуется. При этом игнорирование прочностных характеристик приведёт к низкому качеству теплозащитного материала, сокращению срока его использования и/или полной невозможности его эксплуатации [4,5].

Практические исследования прочностных характеристик, рассматриваемые в данной работе, представляют собой имитационное моделирование ударного воздействия битка (в примере – атомы железа) на исследуемый материал. Мерой прочности связи является количество энергии, затрачиваемой на ее разрыв. Материал – ничто иное, как совокупность атомов, связанных между собой. Значит, чем прочнее материал, тем сильнее межатомные сети, тем большее значение энергии получится в результате их разрушения.

Результатами эксперимента являются значения температуры и энергии системы в определённый момент времени. Мерой прочности материала выступает значение энергии, затраченное на его разрушение. Температура выступает показателем начала и окончания эксперимента. Графическая демонстрация определения значения энергии представлена на рис.2.

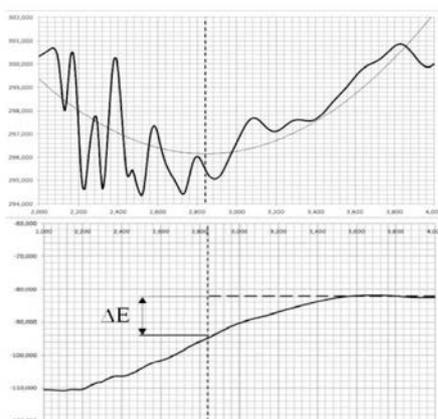


Рис.2. К определению энергии разрушения материала

На верхней диаграмме представлено изменение температуры системы в ходе эксперимента и аппроксимация зависимости для нахождения экстремума. Точка экстремума характеризует окончание процесса разрушения материала и начала процесса восстановления связей. Разница энергий системы от точки экстремума до стабилизации системы является мерой разрушения материала в ходе эксперимента.

Сравнивая полученные значения для различных материалов, можно говорить об их прочностных характеристиках.

Аналогично оценке прочностных характеристик материала возможно получение параметров износостойкости материала. Мерой оценки в данном случае будет крутизна аппроксимационной линии изменения энергии, т.е. чем «круче» линия, тем больше увеличение энергии системы, а значит сильнее разрушение материала.

Построение модели системы и расчёт параметров для системы трения «тефлон – углеродистая сталь» представлены на рис.3.

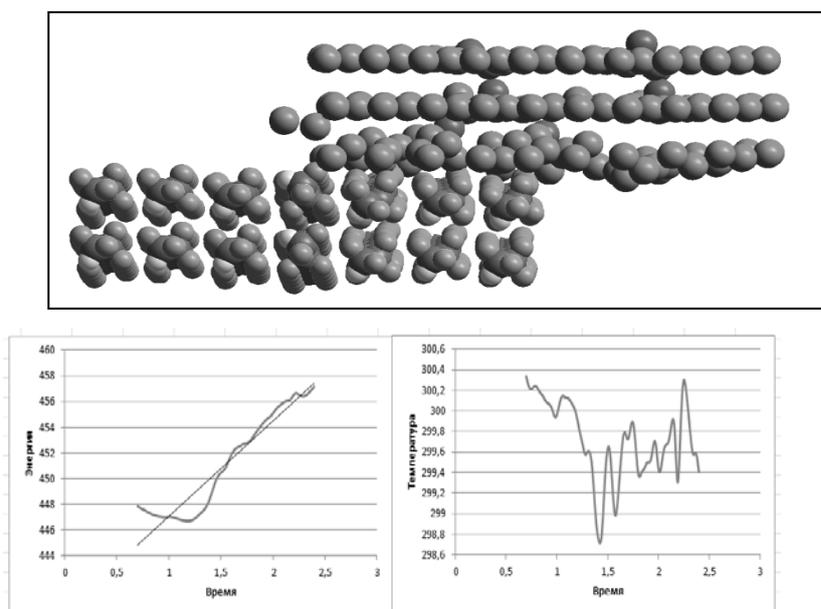


Рис.3. К определению износостойкости материала

В верхней части рисунка представлен внешний вид модели, на диаграмме слева – изменение энергии системы в ходе эксперимента и линейная аппроксимация зависимости. Температура является второстепенным параметром и напрямую в эксперименте не используется, но является важным элементом в процессе сведения разных экспериментов к единому виду.

Выводы.

Представленные методы компьютерного моделирования и обработки результатов позволят повысить точность и наглядность численных методов анализа характеристик синтезируемых свойств композиционного материала без значительных затрат вычислительных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Khalatur, P.G. Computer simulations of polymer systems.//Mathematical Methods in Contemporary Chemistry. New York: Gordon & Breach Publishers, 1996.
2. Allen, M.P., Tidesley, D.J. Computer Simulation of Liquids. Oxford: Clarendon Press, 1987. - Ch.9.- P.261.
3. Богданова, Ю.Г. Адгезия и её роль в обеспечении прочности полимерных материалов. – М.:МГУ им. М.В. Ломоносова.
4. Березина, Е.В., Годлевский, В.А., Калинин, Е.Н., Королёв, П.В. Концептуальные возможности метода молекулярной динамики для моделирования межмолекулярного взаимодействия в нанокomпозиционных системах // Вестник научно-промышленного общества - М : «Алев-Б». 2013 г., выпуск 20.- 182.
5. Шилов, М.А., Веселов, В.В. Компьютерное моделирование молекулярных систем методом молекулярной динамики - Иваново: ИГТА. 2010. - 168с.
6. Королёв, П.В. Визуализация процесса взаимодействия компонентов нанокomпозита методами молекулярного моделирования/ П.В.Королёв, Е.Н.Калинин, М.А.Шилов//Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности.- 2014, №2. С. 148-151.
7. Калинин, Е. Н. Синтез двухмерной модели упруговязкой системы механической усадки ткани / Е.Н. Калинин, В.В. Салов, Е.С. Константинов, С.М. Баженов, Н.В. Тарасов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2012. – № 3. – С. 133-136.

REFERENCES

1. Khalatur, P.G. Computer simulations of polymer systems.//Mathematical Methods in Contemporary Chemistry. New York: Gordon & Breach Publishers, 1996.
2. Allen, M.P., Tidesley, D.J. Computer Simulation of Liquids. Oxford: Clarendon Press, 1987. - Ch.9.- P.261.
3. Bogdanov, J.G. Adhesion and its role in ensuring the strength of the polymer materials. - Moscow: Moscow State University M.V. Lomonosov.
4. Berezina, E.V., Godlewski, V.A., Kalinin, E.N., Korolev, P.V. Conceptual possibilities of the method of molecular dynamics to simulate the intermolecular interactions in nanocomposite systems // Bulletin of scientific-industrial society - M: "Alev-B." 2013.
5. Shilov, M.A., Veselov, V.V. Computer simulation of molecular systems by molecular dynamics - Ivanovo: ISTA. 2010. - 168 s.
6. Korolev, P.V. Visualization of the interaction of the components of the nanocomposite molecular modeling / P.V.Korolëv, E.N.Kalinin, M.A.Shilov//Proceedings of the higher educational institutions. Textile Technology promyshlennosti.- 2014, №2. S. 148-151.
7. Kalinin, E.N. Synthesis of two-dimensional model of elastic viscous mechanical system tissue shrinkage/E.N. Kalinin, V.V. Salov, E.S. Konstantinov, S.M. Bazhenov, N.V. Tarasov // Proceedings of higher education institutions. Technology textile industry. - 2012. - № 3. - S. 133-136.

СИНТЕЗ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ МЕДИ И СЕРЕБРА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ БИОРАЗРУШЕНИЯ

SYNTHESIS OF ULTRAFINE COPPER AND SILVER PARTICLES FOR BIODEGRADATION PROTECTION OF TEXTILE MATERIALS

Е.В. Ерохина

E.V. Erohina

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (Иваново)
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the RAS (Ivanovo)

E-mail: erochina2007@yandex.ru

Применением методов потенциометрии, спектрофотометрии, фотонной корреляционной спектроскопии изучены особенности синтеза стабильных моно- и бикомпонентных медь и серебросодержащих золей в присутствии нитрилотриметиленфосфоновой кислоты и природных высокомолекулярных соединений. Исследовано влияние температуры, концентрации гидроксида натрия, соотношений катиона и комплексона на выход наночастиц и стабильность золей при восстановлении меди. Установлено преимущественное содержание в медном золе НЧ радиусом 25 нм, включая оболочку стабилизаторов. Оценена эффективность применения синтезированных золей меди для защиты целлюлозных материалов от биоразрушения при воздействии почвенной микрофлоры.

Ключевые слова: синтез наночастиц, антимикробная активность, моно- и бикомпонентные металлические золи, комплексон, текстильные материалы

Using methods of potentiometry, spectrophotometry and photon correlation spectroscopy the features of the synthesis of stable mono- and bi-component copper and silver sols in the presence of nitrilotri(methylenephosphonic) acid (ATMP) and natural macromolecular compounds were studied. The influence of temperature, the concentration of sodium hydroxide and the correlation of cations and complexones on the yield of nanoparticles and on the stability of sols during the reduction of copper was investigated. The preferential ash content of copper was established to be the nanoparticles with radius of 25 nm including a membrane of stabilizers. The efficacy of synthesized copper sols application to protect the cellulose materials from biodegradation under the influence of soil microflora was evaluated.

Keywords: synthesis of nanoparticles, antimicrobial activity, mono- and bicomponent metal sols, complexone, textile materials

Интерес к получению биологически активных наночастиц (НЧ) меди и серебра связан с выраженным антибактериальным действием их соединений, что является актуальным в условиях активизации борьбы с возрастающим количеством микроорганизмов, резистентных к антибиотикам и антисептикам. Преимуществами НЧ при изготовлении антимикробных нанокомпозитов по сравнению с массивными и ионными формами, являются более низкая токсичность НЧ в сравнении с токсичностью их солей, возможность проявления синергизма свойств материалов центрального ядра и стабилизирующих компонентов.

Сложность проблемы стабилизации при синтезе ультрадисперсных частиц меди способом её восстановления в водных растворах солей связана с достаточно быстрым их окислением кислородом воздуха. Кроме того, синтез биологически активных золей предполагает использование концентрированных растворов медных солей, что обуславливает низкую агрегативную устойчивость формируемых систем.

Эффективным приемом повышения устойчивости наночастиц меди к агрегации и окислению является использование в качестве стабилизаторов комплексообразующих соединений, способных связывать катионы металлов в устойчивые комплексы [1]. Восстановление меди в присутствии лигандов предотвращает выпадение в осадок малорастворимых гидроксидов и приводит к снижению скорости окислительно-

восстановительных реакций. Последнее связывают с уменьшением разности потенциалов за счет сдвига редокс-потенциала пары ион металла/металл в более отрицательную область [2].

Новым интересным направлением развития исследований является получение смешанных биметаллических частиц. Полагают, что совмещение в индивидуальной частице двух биоактивных металлов может привести к возникновению синергического эффекта. Это позволит использовать для создания антимикробных добавок металлы в меньших действующих концентрациях.

Цель данной работы заключается в выявлении оптимальных условий синтеза медьсодержащих золей в присутствии хелантов - аналогов фосфонової кислоты и оценке их эффективности в обеспечении биозащиты целлюлозосодержащим текстильным материалам.

Экспериментальная часть

Моно- и бикомпонентные золи получали методом химического восстановления металлов в водных растворах их солей. Наночастицы синтезировали в открытой термостатируемой ячейке при температуре $20-80\pm^0\text{C}$ в нейтральной и щелочной средах. Синтезированные золи хранили в закрытых колбах.

Процесс формирования высокодисперсных частиц контролировали визуально по изменению окраски растворов, их агрегативной устойчивости, а также спектрофотометрически и путем потенциометрического титрования. Оптические спектры поглощения растворов регистрировали в области 300-800 нм на спектрофотометре Agilent 8453 в кварцевых кюветах при длине оптического слоя 2 мм. Размер НЧ в коллоидных растворах определялся методом динамического рассеяния света на анализаторе размера субмикронных частиц Zetasizer Nano ZS (Malvern).

В процессе исследований определены скорость, температурный режим, последовательность введения и соотношение компонентов для образования стабильных ультрадисперсных частиц меди и серебра. О выходе наночастиц меди и серебра судили на основании изменения формы спектральных кривых, имеющих характеристические плазмонные полосы поглощения в области 560-590 нм и 380-410 нм.

Устойчивость к биоразрушению целлюлозосодержащих текстильных материалов, модифицированных синтезированными золями, оценивали в соответствии с ГОСТ 9.060 после 10 суток контакта с почвенной микрофлорой. В качестве объектов для защиты от биодеструкторов использовали ткань Брезент арт.7 поверхностной плотностью 500 г/м^2 , содержащую нативные (не подвергавшиеся действию химических реагентов) волокна льна и хлопка.

Обсуждение результатов. Химическое восстановление ионов металлов в водных растворах часто используют при получении металлических НЧ. Для синтеза малых частиц с узким распределением по размерам использовали восстановитель тетрагидроборат натрия (NaBH_4) с высоким отрицательным редокс-потенциалом. Он способен восстанавливать медь до элементного состояния из её комплексных солей с различными лигандами, инициировать образование большого числа зародышей новой фазы на начальной стадии процесса и ингибировать реакции автокаталитического восстановления катионов на поверхности частиц [3].

Свидетельством формирования металлической фазы при взаимодействии катионов меди с тетрагидроборатом натрия является быстрый переход голубой окраски раствора в желтую, затем в коричневую или винно-красную. При этом с коричневой окраской связывают получение полидисперсных наночастиц, с красной – монодисперсных [4].

В процессе исследований было установлено, что при воздействии тетрагидробората натрия формирование металлических частиц целесообразно осуществлять из комплексонатов меди с нитрилотриметиленфосфонової кислотой (НТФ), имеющих более низкие константы устойчивости ($\lg\beta = 16,9\div 18,2$) по сравнению с металлокомплексами полиаминных хелантов ($\lg\beta = 23,2\div 25,2$). При этом интересной представляется выявленная нами возможность

получения стабильных золей с узким распределением НЧ по размерам при добавлении к НТФ небольших количеств желатина, на порядок меньших в сравнении с его традиционно применяемыми концентрациями. Вероятно, в этом случае стабильность наночастиц повышается за счет адсорбции желатина на металлической поверхности, что указывает на значительный вклад данного механизма в общий эффект стабилизации золей.

Методом потенциометрического титрования показано, что в точках эквивалентности удельный расход тетрагидробората натрия повышается при уменьшении свободных акваионов меди в дисперсионной среде.

На основании анализа спектральных кривых поглощения золей были выявлены оптимальная температура и рН растворов, при которых обеспечивается максимальный выход НЧ меди. В этих случаях спектры золей характеризуются наиболее высокой интенсивностью максимума в области плазмонного резонанса НЧ меди (560-585 нм). Было также установлено, что максимальный выход наночастиц меди в течение 60 минут наблюдается при эквимольном соотношении катиона и комплексона.

В рамках данного исследования определены размеры наночастиц меди методом фотонной корреляционной спектроскопии. На рисунке показано, что при оптимальных условиях синтеза формируются стабильные НЧ радиусом 25 нм.

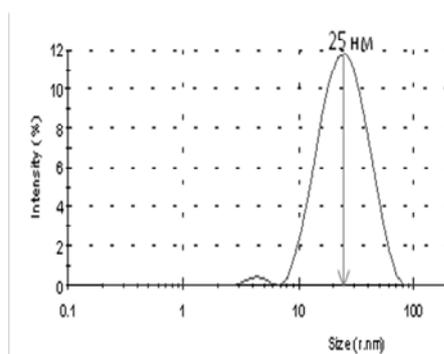


Рис. 1

Изучением кинетических особенностей восстановления катионов меди и серебра при их соотношении 1:0,2 было показано преимущество последовательного введения металлов, при котором формируются НЧ с высоким выходом и узким распределением по размерам. Анализ спектров поглощения позволяет предположить, что в данном случае золи образуют отдельные наночастицы серебра и меди, хотя нельзя исключить и образование частиц «медь-серебро» по типу «ядро-оболочка».

Выявлена возможность применения синтезированных золей для защиты целлюлозосодержащих текстильных материалов от биоразрушения. Установлено, что незащищенная льно-хлопковая ткань после контакта с почвой разрушается полностью и это исключает её дальнейшую эксплуатацию. В то же время, в аналогичных условиях модифицированные ткани с моно- или бикомпонентными наночастицами, синтезированными в данной работе, сохраняют целостность структуры. Их разрывные нагрузки уменьшаются не более чем на 25 %, что в соответствии с ГОСТ 9.060, позволяет считать их устойчивыми к биоразрушению.

Спектральные измерения выполнены на оборудовании центра коллективного пользования "Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований".

ЛИТЕРАТУРА

1. Свиридов В.В., Воробьева Т.Н., Гаевская Т.В., Степанова Л.И. Химическое осаждение металлов из водных растворов. Минск: Издательство «Университетское», 1987. 270 с.
2. Мальцева Н.Н., Хаин В.С. Борогидрид натрия. М.: Наука, 1985. 209 с.

3. Хаин В.С. Борогидриды металлов. Том.I. Борогидриды щелочных металлов и тетраалкиламмония. Ухта: УГТУ, 2001. 223с.
4. Логинов А.В., Алексеева Л.В., Горбунова В.В. и др. Стабильные медные металлические коллоиды: получение, фотохимические и каталитические свойства // ЖПХ. 1994. Т. 67. Вып. 5. С. 803-808.

REFERENCES

1. Sviridov V.V., Vorob'eva T.N., Gaevskaja T.V., Stepanova L.I. Chemical plating from water solutions. Minsk: Izdatel'stvo «Universitetskoe». 1987. 270 p.
2. Maltseva N.N, Hain V.S. Sodium borohydride. M.: Science, 1985, 209 p.
3. Hain V.S. Borohydrides metals. Vol.I. An alkali metals borohydrides and tetraalkylammonium: monograph – Uhta, 2001. 223 p.
4. Loginov A.V., Alekseeva L.V., Gorbunova V.V. Stable metal colloids of copper: production, photochemical and catalytic properties// Journal of Applied Chemistry.1994. Vol.67. N 5. P. 803-808.

УДК 677.023.56

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР С УЧЕТОМ СЖАТИЯ

PREDICTION BREATHABILITY MULTILAYER STRUCTURES UNDER LOAD COMPRESSION

А.П. Башков, Г.В. Башкова, Д.А. Алешина, О.С. Румянцева
A. P. Bashkov, G. V. Bashkova, D. A. Aleshin, O. S. Rummyantsev

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: apb303@yandex.ru, milena55@yandex.ru, kiparis3001@yandex.ru,
rumian-oks@rambler.ru

В статье рассматриваются вопросы, связанные с разработкой методики проектирования пространственных трикотажных структур из льносодержащей пряжи, оптимизированных для сохранения высокой воздухопроницаемости под действием нагрузок сжатия. Подобные структуры предлагается использовать для частичной замены вспененного полиуретана в сидениях транспортных средств с целью достижения лучшей гигиеничности и экологичности.

Ключевые слова: многослойные структуры, кресла транспортных средств, льняные трикотажные пространственные структуры, воздухопроницаемость, метод конечных элементов.

The issues related to the development of spatial knitted structures design procedure which optimized for saving high breathability under load compression are discussed in the article. Such structures are proposed for partial replacement of polyurethane foam in the car seats in order to achieve better hygiene and environmental conditions.

Keywords: multilayer structures, car seats, flax knitted spatial structures, breathability, finite element method (fem).

Гигиеничность кресла транспортного средства тесно связана с воздухопроницаемостью многослойной структуры опорных поверхностей, которые состоят из пружинного блока, слоя вспененного полиуретана, подстилочного слоя и обивки. Вспененный полиуретан, имея однородную пористую структуру, воздухопроницаем и

гигроскопичен. Однако упругость стенок пор и в целом ячейки невелика. Под действием сжатия пора складывается, резко уменьшаясь в объеме, а воздухопроницаемость слоя заметно ухудшается. Кроме этого, синтетический материал – полиуретан обладает высокой хемо- и биостойкостью, при попадании на полигоны твердых отходов практически не разлагается, что вызывает определенные трудности при утилизации старых транспортных средств. В связи с этим многие специалисты в области проектирования многослойных пакетов для сидений предлагают заменять часть слоя вспененного полиуретана пространственными текстильными структурами из натуральных волокон, в частности льна, полученных трикотажным способом. Льноволокно обладает значительно большей упругостью при растяжении, изгибе и особенно сжатии по сравнению со стенкой поры вспененного полиуретана. Льносодержащая нить, из которой образуется пространственная ячеистая структура, за счет своих упругих свойств обеспечивает сохранение размеров ячеек-пор и хорошую воздухопроницаемость при нагрузках сжатия. Кроме того, структура трикотажа, при которой ячейки взаимосвязаны через достаточно прочную нить, позволяет оптимальнее перераспределять усилия сжатия на большие площади, а также преобразовывать их в деформации растяжения и изгиба. Для проектирования подобных структур с оптимальными параметрами: линейная плотность и прочность нити, размеры ячеек и переплетение трикотажа, необходимо определить зависимость воздухопроницаемости от нагрузок и деформации слоя.

При сжатии пористого материала с силой G постоянно происходит изменение площади его свободной поверхности l (рис. 1). Если решение задачи проводить пошагово в любой фиксированный момент времени при известном положении свободной поверхности, то ее состояние определяется стационарным уравнением

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial p}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial p}{\partial z} \right) = 0, \quad (1)$$

где k_x, k_y, k_z – коэффициенты воздухопроницаемости, м²/Па·с (для упрощения рассуждений будем считать, что они одинаковы во всех направлениях и равны k).

В пористой упругой среде давление p жидкости в порах вызывается объемными силами X, Y, Z , действующими в единице объема в направлении координатных осей и определяемыми из уравнения Навье-Стокса, которое также может быть стационарным

$$\begin{cases} \rho X = \frac{\partial p}{\partial x} - \mu \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right); \\ \rho Y = \frac{\partial p}{\partial y} - \mu \left(\frac{\partial^2 v_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_y}{\partial z^2} \right); \\ \rho Z = \frac{\partial p}{\partial z} - \mu \left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right), \end{cases} \quad (2)$$

где v_x, v_y, v_z – проекции скорости потока жидкости на координатные оси, при разбиении пористого тела на конечные элементы (поры) их можно приравнять к скоростям узловых перемещений; μ – коэффициент динамической вязкости жидкости (газа); ρ – плотность жидкости (газа).

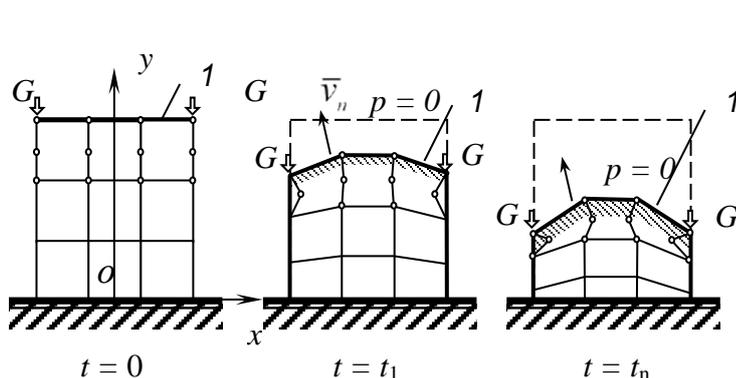


Рис. 1. Фильтрационный поток при наличии свободной поверхности l

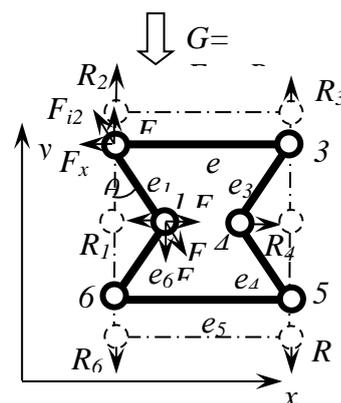


Рис. 2. Схема шестизвонного конечного элемента

При условии неразрывности струи $\partial v_x/\partial x + \partial v_y/\partial y + \partial v_z/\partial z = 0$ и стационарности уравнения (2) эти силы можно представить следующей матрицей:

$$\begin{Bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \partial p/\partial x \\ \partial p/\partial y \\ \partial p/\partial z \end{Bmatrix}. \quad (3)$$

Если упругую систему описывать с учетом дискретизации всего объема V на конечные шестизвенные элементы (рис. 2) [1], то объемные силы в соответствии с методом перемещений [2] вызовут узловые силы, определяемые матрицей $[L]$

$$\{F\}_p = \left(\int_V [\bar{N}]^T \begin{Bmatrix} \partial/\partial x \\ \partial/\partial y \\ \partial/\partial z \end{Bmatrix} [N] dV \right) \{p\} = [L]\{p\}, \quad (4)$$

где $[\bar{N}]^T$ – приведенная к глобальной системе координат матрица функции формы (положения узловых элементов), определяющая перемещение упругого тела; $[N]$ – матрица функции формы, характеризующая распределение давления, т.е.

$$p = [N]\{p\}, \quad v_x = [N]\{v_x\}, \quad v_y = [N]\{v_y\}, \quad v_z = [N]\{v_z\}. \quad (5)$$

В результате уравнение дискретизированной задачи для упругой среды можно выразить в виде матричной суммы внутренних сил $[K]\{\delta\}$, объемных сил $[L]\{p\}$ и сил реакции $\{R\}$

$$[K]\{\delta\} + [L]\{p\} + \{R\} = 0, \quad (6)$$

где $[K]$ – матрица жесткости; $\{\delta\}$ – вектор узловых смещений; $\{R\}$ – матрица, включающая все силы узловых реакций, возникших за счет действия внешней силы G , кроме сил, обусловленных давлением p в порах.

Матричное уравнение для звена $e1$ конечного элемента (рис. 2) с учетом узловых смещений δ , произошедших в результате нагрузки, будет иметь вид [1]:

$$[F^e] = [k^{ei}]\{\bar{\delta}\}. \quad (7)$$

Силы реакций R_1, R_2, \dots, R_6 для каждого i -го узла могут быть выражены через векторную сумму их компонентов F_1, F_2, \dots, F_6 в проекциях на оси x и y (рис. 2), т.е.

$$[R_i] = \begin{Bmatrix} R_{xi} \\ R_{yi} \end{Bmatrix} = \sum_{i=1}^6 \begin{Bmatrix} F_{xi}^{ei} \\ F_{yi}^{ei} \end{Bmatrix} = \sum_{i=1}^6 [F^e]. \quad (8)$$

Результирующая система уравнений в матричном виде может быть записана следующим образом:

$$[R] = \begin{Bmatrix} [R_1] \\ [R_2] \\ \cdot \\ \cdot \\ [R_6] \end{Bmatrix} = \sum_{i=1}^6 \begin{Bmatrix} [F_1^e] \\ [F_2^e] \\ \cdot \\ \cdot \\ [F_6^e] \end{Bmatrix} = \sum_{i=1}^6 [F^e]. \quad (9)$$

Подставив выражение (7) в (9), получим

$$[R] = \sum_{i=1}^6 k^{ei} \bar{\delta} = [K]\{\bar{\delta}\}, \quad (10)$$

где матрица $[K] = \sum_{i=1}^6 k^{ei}$ и есть матрица жесткости системы, полученная за счет поэлементного объединения матричных уравнений элементов k^{ei} .

Параметры фильтрации можно определить, используя квазигармоническое уравнение неразрывности при течении жидкости через поры в дифференциальной форме

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial \phi}{\partial z} \right) + dQ = 0, \quad (11)$$

где ϕ – однозначная в рассматриваемой области V функция, определяющая упругие свойства материала; dQ – изменение расхода жидкости при прохождении через элементарный объем, т.е. скорость наполнения или освобождения пор, определяемая в соответствии с уравнением неразрывности по формуле

$$dQ = -\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = -\frac{\partial}{\partial t} \begin{Bmatrix} \partial/\partial x \\ \partial/\partial y \\ \partial/\partial z \end{Bmatrix}^T [N] \{\delta\}. \quad (12)$$

Функция ϕ будет минимальна на границе раздела и равна заданному значению, т.е. $\phi = \phi_\beta$.

Можно считать, что уравнение (11) по всей области V эквивалентно требованию минимизации следующего интеграла:

$$\chi = \int_V \left[\frac{1}{2} \left\{ k_x \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)^2 + k_y \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right)^2 + k_z \left(\frac{\partial \phi}{\partial z} \right)^2 \right\} - dQ \phi \right] dx dy dz. \quad (13)$$

Если функция ϕ определена для каждого элемента в обычной форме

$$\phi = [N_i, N_j, \dots] \begin{Bmatrix} \phi_i \\ \phi_j \\ \vdots \end{Bmatrix} = [N] \{\phi\}^e, \quad (14)$$

где ϕ_i, ϕ_j, N_i, N_j – узловые параметры, то функционал (13) можно минимизировать приближенно.

Вклад каждого элемента можно вычислить, дифференцируя интеграл (13)

$$\frac{\partial \chi^e}{\partial \phi_i} = \int_{V^e} \left\{ k_x \frac{\partial \phi}{\partial x} \frac{\partial}{\partial \phi_i} \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right) + k_y \frac{\partial \phi}{\partial y} \frac{\partial}{\partial \phi_i} \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} \right) + k_z \frac{\partial \phi}{\partial z} \frac{\partial}{\partial \phi_i} \left(\frac{\partial \phi}{\partial z} \right) - dQ \frac{\partial \phi}{\partial \phi_i} \right\} dx dy dz, \quad (15)$$

при этом

$$\frac{\partial \phi}{\partial x} = \left[\frac{\partial N_i}{\partial x}, \frac{\partial N_j}{\partial x}, \dots \right] \{\phi\}^e \quad \text{и т.д.}, \quad \frac{\partial}{\partial \phi_i} \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right) = \frac{\partial N_i}{\partial x}, \quad \frac{\partial \phi}{\partial \phi_i} = N_i \quad \text{и т.д.}$$

Узловые силы с учетом уравнения (15) можно определить как

$$F_i^e = -\int_{V^e} dQ N_i dV + \left(\int_{S^e} [N] \alpha N_i dS \right) \{\phi\}^e. \quad (16)$$

Тогда для всего элемента получаем

$$\frac{\partial \chi^e}{\partial \{\phi\}^e} = [h]^e \{\phi\}^e + \{F\}^e, \quad (17)$$

где $[h]^e$ – матрица, которая строится с помощью соотношений (14), (15) и (16) и является эквивалентом дополнительной внешней жесткости элемента, который можно представить в виде интеграла по границе или свободной поверхности, на которой избыточное давление воздуха $p = 0$, т.е. равно атмосферному (рис. 1).

$$[h]^e = \int_{S^e} [N]^T \alpha [N] dS, \quad (18)$$

где α – коэффициент, учитывающий сжатие пор от нагрузки.

Минимизирующая система уравнений для всей области V будет иметь вид:

$$\frac{\partial \chi}{\partial \{\phi\}} = [H]\{\phi\} + \{F\} = 0, \quad (19)$$

где $H_{i,j} = \sum h_{i,j}^e$; $F_i = \sum F_i^e$.

Из уравнения (11) с учетом (12) и получим матричную сумму

$$[L]\{p\} + [S]\frac{\partial}{\partial t}\{\delta\} = 0. \quad (20)$$

Поскольку изменение расхода dQ определяется выражением (16), то можно записать

$$\int_V [N]^T dQ dV = \left(\int_V [\bar{N}]^T \begin{Bmatrix} \partial / \partial x \\ \partial / \partial y \\ \partial / \partial z \end{Bmatrix} [N] dV \right) \frac{\partial}{\partial t} \{\delta\}. \quad (21)$$

Нормальная составляющая \bar{v}_n скорости фильтрации для свободной поверхности, может быть определена, если известна средняя скорость узловых перемещений v_n

$$\bar{v}_n = \frac{1}{\mu} v_n. \quad (22)$$

Будем считать, что $v_n = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ в двумерном случае (рис. 1). Согласно закону Дарси

$$v_x = -\frac{k}{\mu} \frac{dp}{dx}; \quad v_y = -\frac{k}{\mu} \frac{dp}{dy}. \quad (23)$$

В свою очередь, коэффициент проницаемости связан с пористостью уравнением Козени – Кармана [3]

$$k = \frac{\varepsilon^3}{KS_o^2(1-\varepsilon)^2}, \quad (24)$$

где K – константа Козени; ε – коэффициент пористости; S_o – площадь свободной поверхности.

Тогда

$$\frac{dp}{dx} = V\mu k S_o^2 \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3}. \quad (25)$$

Тогда расход воздуха через i -тый конечный элемент с учетом выражения (25) можно рассчитать для каждого фиксированного момента времени t_k по следующей матрице

$$[Q] = \sum_{i=1}^6 M^{ei} \bar{\delta} = [M]\{\bar{\delta}\}, \quad (26)$$

$$\text{где } M_{ij} = v_j \mu K_o S_o^2 \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3} \cdot \delta_{ij}. \quad (27)$$

Расчет фильтрации жидкости, т.е. параметра dQ ведется пошагово в среде MatLab для заданной свободной поверхности S , симметричной относительно оси Oy , при различных фиксированных значениях внешней силы $G = Fy_2 = R_2$ (рис. 1 и 2). Скорости узловых перемещений рассчитываются по соотношениям (23). Коэффициенты воздухопроницаемости образцов трикотажного сетеполотна определялись экспериментально [4], для пористого наполнителя и подстилочного слоя они рассчитывались в зависимости от пористости материала по формуле (24). Величины k для каждого слоя учитывались в матрице (21). Значения dQ , рассчитанные с интервалом времени $\Delta t = 1$ с, показаны на рис. 3.

Выводы.

1. Проведен теоретический анализ транспортных свойств пористых структур в зависимости от степени сжатия внешними нагрузками с использованием метода конечных элементов.

2. Разработана методика расчета воздухопроницаемости пористых материалов в зависимости от степени сжатия применительно к многослойным пакетам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Башкова, Г.В. Представление механических свойств трикотажного полотна с использованием метода конечных элементов /Г.В. Башкова, А.П. Башков, Д.А. Алешина, И.Ю. Натертышев// Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти. – 2009. – № 3. – С.77-81.
2. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике /О. Зенкевич. Перевод с англ. яз. под ред. Б.Е. Победри. – М.: Мир, 1975. – 544 с.
3. Зарубин, В.М. К вопросу о фильтрации через деформируемую пористую среду / В.М. Зарубин, Э.Ф. Балаев, Ф.Н. Ясинский// Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти. – 1991. – № 4. – С. 42-44 .
4. Куликов, Б.П. Разработка методики исследования фильтрации воздуха через пакеты одежды /Б.П. Куликов, В.И. Хренов, Ю.А. Костин// Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти. – 2002. – № 2. – С. 96-99.

REFERENCES

1. Bashkova, G.; Bashkov, A.; Aleshina, D.; Natertyshev, I. (2009). The Representation of Mechanical Properties of Knitted Fabric Using the Finite Element Method. Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology, № 3, Vol. (316), PP. 77-81, ISSN 0021-3497.
2. Zenkevitch, O. The Finite Element Method in Technology translated from English by B.E. Pobedry, Mir Publishing House, Moscow, 1975. – 544 p.
3. Zarubin, V.; Balaev, E.; Yasinsky, F. (1991). On the Question about Filtration through Deforming Porous Environment. Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology, № 4, PP. 42-44, ISSN 0021-3497.
4. Kulikov, B.; Khrenov, V.; Kostin, Yu. (2002). Research Methodology Development of Air Filtration through Stack Clothes. Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology, № 2, PP. 96-99, ISSN 0021-3497.

УДК 687.174:620.193.94

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКТА БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО С УЛУЧШЕННЫМИ ЗАЩИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ

DEVELOPMENT THE FIGHTING CLOTHES OF THE FIREFIGHTER WITH THE IMPROVED PROTECTIVE PROPERTIES

¹А.В. Корнилович, ²В.Г. Стокозенко, ²А.П. Морыганов
¹A.V. Kornilovich, ²V.G. Stokozenko, ²A.P. Moryganov

**Ивановский государственный политехнический университет
Институт химии растворов им. Г.А.Крестова РАН (Иваново)
Ivanovo State Polytechnic University
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the RAS (Ivanovo)
E-mail: ankorn-kshi@mail.ru, apm@isc-ras.ru**

В статье обоснована актуальность целенаправленного улучшения защитных свойств боевой одежды пожарного (БОП). Получены низкоматериалоемкие льносодержащие ткани с высокой степенью защиты от открытого пламени, брызг расплавленного металла, искр и продуктов горения. Обоснованы проектные решения БОП с позиции обеспечения эргономичности, повышения надежности и безопасности при эксплуатации.

Ключевые слова: боевая одежда пожарного, эргономичность, низкоматериалоемкие ткани специального назначения, антипирен тезагран, огнемасло-нефтеотталкивающие свойства

In the article relevance of purposeful improvement of protective properties of the fighting clothes of the firefighter (FCF) is proved. Low-material-intensive content of flax fabrics with high extent of protection against an open flame, splashes of the melted metal, sparks and products of burning are received. Design decisions the FCF from a position of ensuring ergonomics, increase of reliability and safety are proved at operation.

Keywords: fighting clothes of the firefighter, ergonomics, low-material-intensive fabrics of the special purpose, fire retardant tezagraan, protective properties.

Боевая одежда пожарного (БОП) - одно из важнейших средств защиты от опасных факторов пожаров (ОФП), к которым относятся высокие температуры и пламя, загрязнение атмосферы продуктами горения, возможное механическое воздействие на человека элементами разрушающихся конструкций. БОП представляет собой одежду, предназначенную для защиты тела человека от опасных и вредных факторов окружающей среды, возникающих при тушении пожаров и проведении связанных с ними первоочередных аварийно-спасательных работ, а также от неблагоприятных климатических воздействий [1].

Требования к данному виду одежды жестко регламентированы нормативными документами [1,2] и достаточно четко сформулированы именно с точки зрения противопожарной защиты.

Рост чрезвычайных ситуаций, характерных для нашего времени, выдвигает на первый план задачу целенаправленного улучшения защитных свойств БОП для обеспечения успешной и безопасной деятельности пожарных. [3] В связи с усложнением оперативно-тактических задач, связанных с тушением пожаров на различных объектах, возникает необходимость в боевой одежде пожарных разных типов, которые различались бы по применяемым материалам, конструктивному исполнению и по эксплуатационным показателям. [4]

В настоящее время используются боевые комплекты пожарных, функциональные характеристики которых не всегда удовлетворяют запросам потребителей, поэтому тема работы является актуальной. В качестве объектов исследований выбраны модели-аналоги БОП I уровня (тип У), состоящие из куртки и полукombineзона с теплоизоляционными подкладками, отечественных производителей.

Цель работы заключается в повышении надежности и безопасности комплекта БОП при его эксплуатации за счет применения новых трудновоспламеняемых материалов и совершенствования проектных решений с позиции обеспечения эргономичности.

Традиционно для изготовления БОП широко использовались брезенты с поверхностной плотностью 450-550 г/м². В последние годы предпочтительным является применение более легких тканей (до 350 г/м²) с защитными свойствами, не уступающими тяжелым полульняным. [5,6]

В производственных условиях ЗАО «Корд», (г. Ярославль), ОАО «Егорьевская текстильная мануфактура» (г. Егорьевск, Московская обл.) и ООО «Фурмановская текстильная фабрика» (г. Фурманов, Ивановской обл.) были выпущены опытные партии льносодержащих тканей (с поверхностной плотностью 265-280 г/м²) саржевого и полотняного переплетения, в том числе с вложением термостойких химических волокон. По разработанной в ИХР РАН совмещенной технологии на основе экологически безопасного, не содержащего галогены и формальдегид антипирена тезагран [3, 4] на ОАО «Кохомский лен» (г. Кохма, Ивановской обл.) и ОАО «Родники-Текстиль» (г. Родники, Ивановской обл.) провели крашение материалов с одновременным приданием им защитных свойств.

В конечном результате получены смесовые низкоматериалоемкие технические ткани специального назначения с поверхностной плотностью 315-350 г/м². Как видно из данных

таблицы 1, стойкость ткани к прожиганию при $t=800^{\circ}\text{C}$ составляет 80-120с, кислородный индекс 37-41% в комплексе с маслонефтеотталкиванием (4-5 балл).

Таблица 1

Показатели качества опытных тканей с огнемаслонефтеотталкивающими свойствами

Вид ткани	Кислородный индекс, %	Огнестойкость, с	Стойкость к прожиганию, с	Маслонефтеотталкивание, %	Прочность окраски к химическим чисткам, баллы
Хлопковая ткань полотняного переплетения огнемаслонефтеотталкивающая	33,1	0	75	4	3,5
Хлопковая ткань полотняного переплетения с введением термостойкого волокна огнемаслонефтеотталкивающая	37,2	0	147	5	4
Хлопковая ткань саржевого переплетения огнемаслонефтеотталкивающая	34	0	109	4	3,6
Хлопковая ткань саржевого переплетения с введением термостойкого волокна огнемаслонефтеотталкивающая	35,6	0	101	4	3,7
Норма	Не менее 28	Не более 2	Не менее 50	Не менее 4	Не менее 3

Для обеспечения эргономического соответствия комплектов БОП I условиям их специфической эксплуатации проведены исследования по изучению основных приоритетных движений пожарных, определены области наибольшего напряжения и возникающих деформаций, топография расположения пожарно-технического снаряжения и дыхательных аппаратов. С целью выявления потребительских предпочтений, установления несоответствия используемых комплектов боевой одежды пожарных условиям экстремальной производственной среды проведен экспертный опрос рядового и начальствующего состава Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России. В результате определены направления совершенствования конструктивно-технологического решения костюма, обоснованы величины и взаимосвязь конструктивных прибавок куртки и полукомбинезона в соответствии с динамикой движений пожарных и толщиной пакета используемых материалов.

Апробация работы осуществлена путем разработки и изготовления БОП I уровня (тип У) из опытной партии трудновоспламеняемых материалов. В ходе испытаний подтверждена высокая функциональность изделий, составляющих комплект опытного образца (рис.1). При совершении основных приоритетных движений испытатели отметили улучшение эргономичности костюма при выполнении различных маневров пожаротушения, расширение диапазона двигательных функций в среднем на 25% по сравнению с комплектом БОП I уровня (тип У) производителя ООО «Элиот» (г.Санкт-Петербург) и снижение веса костюма в целом на 0,5 кг.

Новый комплект БОП имеет высокую степень защиты от открытого пламени, искр и продуктов горения при пожаре. Кроме того, новые материалы обладают гигиеническими, антистатическими свойствами, обеспечивают комфортное состояние потребителей при носке готовых изделий (ткань льносодержащая, отделочный препарат относится к 4 классу

опасности - «Вещества малоопасные» - не содержит формальдегид и галогены, в отличие от пропиток Пробан и Пироватекс).



Рис.1 Внешний вид опытного образца БОП при проведении испытаний

Применение новых трудновоспламеняемых материалов при изготовлении БОП позволит обеспечить максимальную безопасность пожарных, а расширение диапазона двигательных функций за счет совершенствования конструкции изделий - их высокую работоспособность в экстремальных условиях [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы пожарной безопасности НПБ 157-99* "Боевая одежда пожарного. Общие технические требования. Методы испытаний" (утв. и введены в действие приказом ГУГПС МВД РФ от 12 августа 1999 г. N 61) (с изменениями и дополнениями).
2. ТУ 8572 -047-02599372-05. Боевая одежда пожарного I уровня защиты. Технические условия. - Введ.01.09.2005.- Иваново: Научно-исследовательский институт охраны труда. 2005.- 24 с.
3. Анализ эксплуатационных характеристик защитной одежды спасателей / Т.У. Тогатаев, А.А. Турганбаева, С.А. Баширова, С.М. Конысбеков // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015. – № 1(355). – С. 45-49.
4. Изучение основных принципов проектирования специальной одежды для работников химической промышленности с позиции обеспечения функционально-эргономических требований и безопасности человека / В.М. Джанпаизова, Н. Б. Бескенов, Ж.А.Рахманкулова, Ж. Мынкожаева // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 6(348). – С. 157-160.
5. Метелева О.В. Теоретическое обоснование эффективного применения химических материалов при изготовлении защитных изделий // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 4(346). – С. 109-113.
6. Будущее отрасли – технический текстиль, функциональные материалы с новыми или улучшенными эксплуатационными свойствами / Н.Л. Корнилова, Г.И. Чистобородов, С.В. Федосов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 4(352). – С. 24-28.
7. Состав для огнезащитной отделки целлюлозосодержащих текстильных материалов / Коломейцева Э.А., Морыганов А.П. // Пат. РФ № 2212481 от 20.09 03. – БИ № 26.
8. Сачков, О.В. Текстильные материалы и изделия со специальными свойствами для обеспечения экологической, гигиенической и пожарной безопасности пассажирских вагонов/ О.В. Сачков, Г.И. Чистобородов, М.Ф., Вильк, В.А. Аксенов, П.А. Морыганов, Э.А. Коломейцева, О.С. Юдаева, А.С. Гладаренко //ФГУП ВНИИЖГ: М., 2011. – 140 с.

9. Применение процессного подхода при проектировании одежды для экстремальных видов спорта / А.В. Корнилович, Л.Ю. Киприна // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010. – № 5(326). – С. 75-77.

REFERENCES

1. Norms of fire safety NFS 157-99* "Fireman wear. General specifications. Test methods " (appr. and put into effect by order of GUGPS MVD RF from 12th August, 1999. N 61) (with changes and additions).
2. TS 8572-047-02599372-05. Fireman wear 1st level of protection. Technical Specifications. – Introduced 01.09.2005. - Ivanovo: Scientific and research institute of working security. 2005.- 24 p.
3. Analysis of the performance characteristics of protective clothing rescuer / T. U. Togataev, A. A. Turganbayeva, S. A. Bashirova, S. M. Konisbekov // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. – 2015. – № 4 (355). – P. 45-49.
4. Study of main principles of special clothes design for chemical industry workers from the standpoint of functional and ergonomic requirements and personal safety / V. M. Dzhanpaizova, N. B. Beskenov, ZH. A. Rahmankulova, ZH. Mynkozhayeva // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. – 2013. – № 6(348). – P. 157-160.
5. Meteleva O. V. Theoretical substantiation of effective application of chemical materials when manufacturing protective garments // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. – 2013. – № 4 (346). – P. 109-113.
6. Industry trends focused on technical textiles, functional materials with new or improved operational properties / N. L. Kornilova, G. I. Chistoborodov, S. V. Fedosov // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. – 2014. – № 4 (352). – P. 24-28.
7. The composition of the flame-retardant finishing for textile cellulose materials/ Kolomeitseva E. A., Moryganov A. P. // Pat. RF № 2212481 from 20.09.03. – BI № 26.
8. Sachkov, O. V. Textile materials and products with special properties for ensuring environmental, sanitary and fire safety of passenger cars / O. V. Sachkov, G. I. Chistoborodov, M. F. Vilk, V. A. Aksenov, A. P. Moryganov, E. A. Kolomeitseva, O. S. Yudaeva, A. S. Gladarenko // FGUP VNIIZHG: M., 2011. - 140 p.
9. Application of process approach at design of clothes for extreme sports / A. V. Kornilovich, L. Yu. Kiprina // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. – 2010. – № 5 (326). – P. 75-77.

УДК 677

ПОВЫШЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОДЕЖДЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

INCREASE THE PROTECTIVE PROPERTIES OF TEXTILE MATERIALS FOR CLOTHING SPECIAL PURPOSE

Э.А. Хамматова
E. A. Hammatova

Казанский национальный исследовательский технологический университет
Kazan National Research Technological University.
E-mail: venerabb@mail.ru

В статье описывается технология получения защитной ткани для специальной одежды, которая должна повысить стойкость в нефти, щелочи и кислоте. Реализовать подобный инновационный текстильный материал возможно за счет разработки плазменных технологий в текстильном производстве, которые позволяют улучшить комплекс защитных свойств.

Ключевые слова: специальная одежда, текстильный материал, плазма, защитные свойства, нефтехимический комплекс.

The article describes the technology of production of protective fabrics for special clothing, which should increase the resistance to oil, alkali and acid. To realize such innovative textile material is possible through the development of plasma technology in the textile industry, which allow to improve the protective properties complex.

Keywords: special clothing, textile material, plasma, protective properties, petrochemical complex.

Ткани и материалы, используемые для изготовления одежды специального назначения, должны обладать не только определенными гигиеническими, физико-механическими, но и защитными свойствами, которые нормируются ГОСТами или санитарными правилами [1]. Для изготовления спецодежды разрабатываются различные по составу сырья, структуре и назначению материалы. Наряду с хлопком, льном и шерстью широко применяются ткани с содержанием синтетическим волокон, которые являются более устойчивыми к воздействию агрессивных сред, используются ткани со специальными пропитками и покрытиями.

Перспективы обеспечения безопасности человека при работе в нефтехимическом комплексе связаны с разработкой новых защитных текстильных материалов, обеспечивающих высокую защиту кожных покровов от широкого спектра опасных химических веществ в течение длительного времени.

Задача создания материала с повышенными защитными свойствами может быть реализована в многослойном защитном композиционном материале, каждый слой которого выполняет свои защитные функции, а материал в совокупности защищает от целого ряда поражающих факторов. При этом разрабатываемый композиционный материал состоит из многофункционального текстильного материала (МТМ) и многофункционального пленочного материала (МПМ) на основе водной полиуретановой дисперсии, структурированной наночастицами серебра, которая используется для герметизации мест проколов от иглы защитных швейных изделий специального назначения.

Традиционные способы получения многофункциональных текстильных и герметизирующих пленочных материалов не могут дать желаемых результатов и значительного расширения области их применения. Более широкие возможности при производстве материалов с высокими эксплуатационными свойствами требуют не столько применения новых видов волокон, нитей и герметизирующих материалов, сколько наноструктурирование существующих за счет изменения их структуры, поверхностных свойств с целью придания комплекса физических, механических и защитных характеристик [2, с.137].

Проведенный анализ ассортимента защитных материалов для специальной одежды, выпускаемых зарубежными производителями, имеет не только положительную, но и отрицательную динамику. Европейские производители используют сырье самого высокого класса в виде длинноволокнистого хлопка, а также кубовые красители от швейцарских производителей, что приводит к повышению стоимости специальной одежды в 2 – 3 раза. В то же время китайские производители предлагают дешевые защитные ткани, но низкого качества. Лабораторные испытания китайской ткани «Бостон» показали, например, полную потерю тканью водоупорных и водоотталкивающих свойств уже после 3 – 4 стирок. Устойчивость окраски у этих тканей также снижается с 4 до 2 баллов после стирки при 60⁰С [3, с.87].

Как показал анализ литературы [4], работа с многими токсичными и агрессивными веществами требует более высокой степени защиты. Такую защиту обеспечивают ткани TucheM® C (Тайкем) и TucheM® F (Тайкем).

TucheM®C – это материал, разработанный для костюмов химической защиты. Он состоит из материала Tyvek® в качестве основы и полимерного покрытия, которое наносится

сверху и закрывает поры в материале Tyvek®, делая его совершенно не проницаемым для частиц сверхтонкой вредной пыли, порошков, некоторых химикатов в виде аэрозолей и спрея, концентрированных кислот и оснований, а также солевых растворов на водной основе. Выдерживает давление водяного столба до 2 бар.

Текстильный материал для спецодежды Tychem® С отличается гибкостью и небольшим весом. Материал Tyvek® (Тайвек) представляет собой прочный, но при этом удивительно легкий и мягкий материал, изобретенный и производимый фирмой «Дюпон». Он состоит из миллионов тонких непрерывных волокон полиэтилена низкого давления, полученных методом сверхскоростного изготовления под воздействием высоких температур, образуя материал, проницаемый для воздуха и водяного пара. Материал обеспечивает превосходную защиту от частиц мелкодисперсной пыли (от 3 мкм), выплесков воды и многих жидких химикатов (кислоты и щелочи до 30 %), а также их аэрозолей. Он не имеет в своем составе хлопковых нитей и кремния [5]. К недостаткам предлагаемых материалов с полимерным покрытием следует отнести увеличение жесткости, трудоемкости изготовления, высокую себестоимость, а также низкую устойчивость к истиранию.

Для реализации вышеперечисленных проблем использовалась плазменная установка, а также стандартные методы и средства исследования защитных свойств материалов, а именно стойкости к агрессивным средам: растворам кислоты, щелочи, нефти (ГОСТ 12.4.220-2002).

Объектами исследований являлись: МТМ для спецодежды с водоотталкивающей пропиткой «Климат Standard 250А» (арт. 81429) и защитный пленочный материал «ЗПМ 216/4», а в качестве герметизирующего МПМ – полиуретановая дисперсия «Аквапол11», структурированная наночастицами серебра.

Текстильные материалы для спецодежды должны обладать низкой проницаемостью для агрессивных сред. Изменение состояния поверхности МТМ образцов можно проследить по проницаемости капли агрессивной среды (нефти, щелочи и кислоты). Сущность метода заключалась в обнаружении оптическим способом на лицевой стороне образца агрессивной среды (нефти, щелочи, кислоты) и определении времени их проникания в испытуемый образец. Далее было проведено исследование влияния потока «холодной» плазмы пониженного давления на стойкость материалов к действию агрессивных сред: нефти, щелочи и кислоте (рисунок 1-3).

В результате исследований представленных на рисунках 1-3 установлено, что наноструктурирование МТМ и композиционного материала (МТМ +МПМ) более эффективно в плазме аргона при времени обработки $\tau = 6$ мин. Она позволяет повысить стойкость к действию нефти на 102 %, щелочи и кислоте на 85 % и морской воды на 40 % при времени выдержки образцов в агрессивных средах 1 час.

Однако дальнейшее увеличение времени воздействия агрессивных сред приводит к незначительному снижению прочности МТМ, что связано с небольшими конформационными изменениями структуры материала. Обработка МТМ в плазме содержащей смесь газов аргон – пропан-бутан незначительно улучшает эти показатели: стойкость к морской воде – на 11 %, а к действию агрессивных сред – на 48 % в зависимости от вида агрессивной среды (нефть, кислота, щелочь).

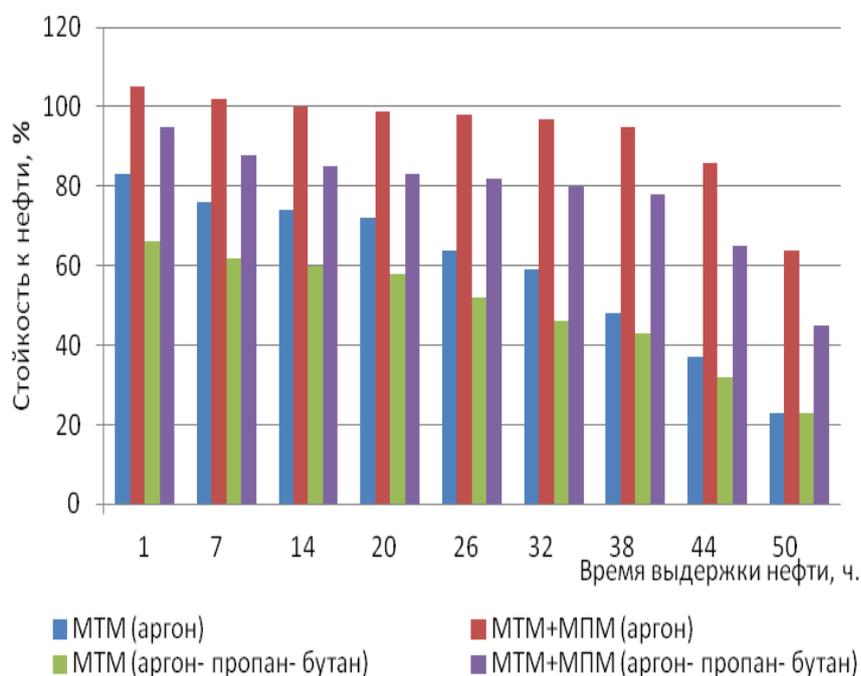


Рис. 1 Гистограмма изменения стойкости к действию нефти в зависимости от времени выдержки наноструктурированных образцов и вида плазмообразующего газа ($G = 0,04$ г/с; $P = 26,6$ Па; $W_p = 1,7$ кВт; $\tau = 6$ мин)

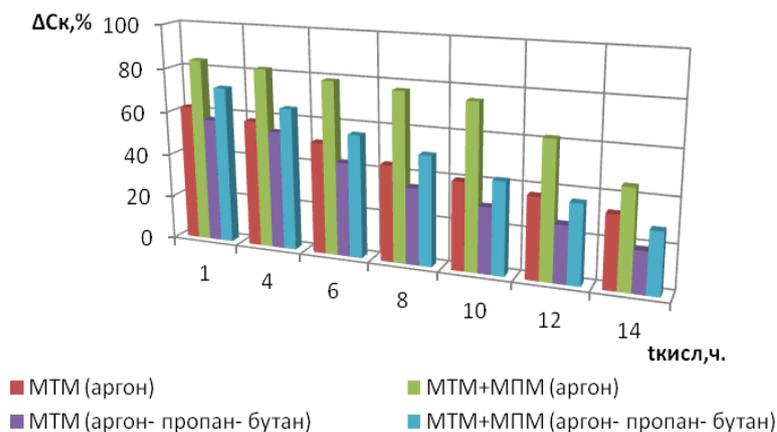


Рис. 2 Гистограмма изменения стойкости к действию кислоты (40 % H_2SO_4) в зависимости от времени выдержки наноструктурированных образцов и вида плазмообразующего газа ($G = 0,04$ г/с; $P = 26,6$ Па; $W_p = 1,7$ кВт; $\tau = 6$ мин; $f = 13,56$ МГц)

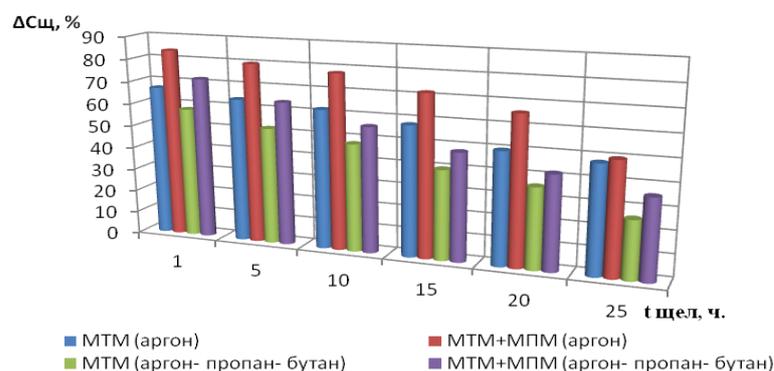


Рис. 3. Гистограмма изменения стойкости к действию щелочи (40 % Na OH) в зависимости от времени выдержки наноструктурированных образцов и вида плазмообразующего газа ($G = 0,04 \text{ г/с}$; $P = 26,6 \text{ Па}$; $W_p = 1,7 \text{ кВт}$; $\tau = 6 \text{ мин}$; $f = 13,56 \text{ МГц}$)

Проведенные исследования влияния плазменного потока на проницаемость нефти (таблица 1) показывают, что его непродолжительное воздействие ($\tau = 6 \text{ мин}$) в режиме $G = 0,04 \text{ г/с}$, $P = 26,6 \text{ Па}$, $W_p = 1,7 \text{ кВт}$, $f = 13,56 \text{ МГц}$ приводит к увеличению времени проницаемости капли нефти на 36 часов. Это свидетельствует о том, что поверхность МТМ гидрофобизируется, так как увеличивается время впитывания капли нефти в 2 – 2,5 раза по отношению к контрольному образцу, достигая своего максимума.

Таблица 1

Влияние потока «холодной» плазмы пониженного давления на проницаемость нефти МТМ ($G = 0,04 \text{ г/с}$; $P = 26,6 \text{ Па}$; $\tau = 6 \text{ мин}$, $W_p = 1,7 \text{ кВт}$)

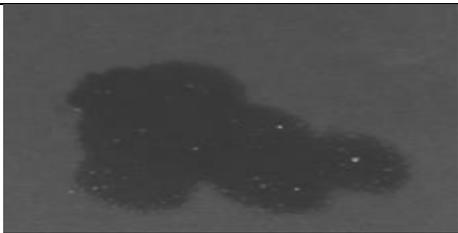
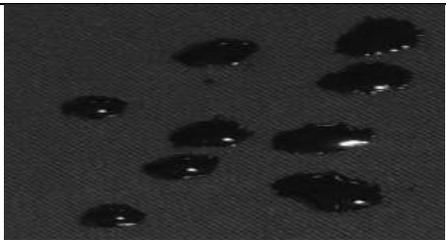
Ткань	Время стойкости к проницаемости нефти t_n , ч		
	Контрольный образец	Аргон	Аргон – пропан-бутан
«Климат Standard 250»	19	36	28
«ЗПМ 216/4»	12	28	22

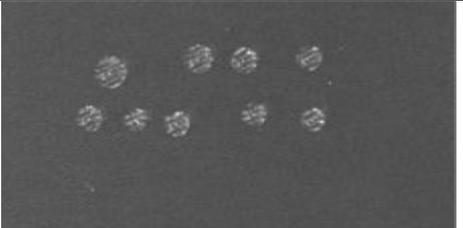
Рассмотрим факторы, влияющие на проницаемость текстильных материалов агрессивными средами (нефти, щелочи и кислоты). На основе проведенных исследований проницаемости агрессивных сред установлено (таблица 2), что в контрольных образцах под их воздействием текстильные материалы растягиваются особенно легко, так как ослабляются их молекулярные связи. В результате чего подвижность молекул волокна увеличивается, поэтому неравновесность материалов быстро растет, и агрессивная среда растекается по поверхности материала.

Для уменьшения проницаемости агрессивных сред целесообразно провести обработку МТМ в потоке «холодной» плазмы пониженного давления при тех же режимах обработки: $W_p = 1,7 \text{ кВт}$; $P = 26,6 \text{ Па}$; $G = 0,04 \text{ г/с}$; $\tau = 6 \text{ мин}$; $f = 13,56 \text{ МГц}$. На основе проведенных исследований установлено, что непродолжительная обработка $t = 6 \text{ мин}$ в аргоне приводит к увеличению времени воздействия агрессивных сред: нефти – на 32 часа, кислоты и щелочи – на 8 часов, а также уменьшению их проницаемости, что связано с изменением микроструктуры поверхности материала и увеличением количества замкнутых пор.

Таблица 2

Изменение проницаемости агрессивной среды после обработки «холодной» плазмой МТМ «Климат Standard 250» ($W_p = 1,7 \text{ кВт}$; $P = 26,6 \text{ Па}$; $G = 0,04 \text{ г/с}$; $\tau = 6 \text{ мин}$; $f = 13,56 \text{ МГц}$)

Время воздействия агрессивных сред	Контрольный образец	Обработанный образец
Нефть - (32 часа)		

<p>Кислота 40 % H₂SO₄ (8 часов)</p>		
<p>Щелочь 40 % NaOH (8 часов)</p>		

Таким образом, выявлено, что на эффект улучшения устойчивости плазмоактивированного материала к агрессивным средам (растворам кислот, щелочи, нефти) оказывает влияние вид плазмообразующего газа. В результате плазменной модификации материалов в среде аргона показатель стойкости к агрессивным средам увеличивается на 95 %, а в смеси газов аргон – пропан-бутан соответственно на 48 %, как с лицевой, так и изнаночной стороны, в зависимости от вида агрессивной среды.

Проект выполняется в организации исполнителя (Получателя субсидии) при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в соответствии с требованием соглашения № 14.577.21.0019 о предоставлении субсидии на проведение прикладных научных исследований. Уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проекта) RFMEFI57714X0019.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.4.220-2002 Метод определения стойкости материалов и швов к действию агрессивных сред [Текст]. – Введ. 01.07.2003 М.: Изд-во стандартов, 2003. – 7 с.
2. Абдуллин, И.Ш. Модифицированный текстильный материал плазменной обработки как основа при создании моделей одежды / И.Ш.Абдуллин, Э.А. Хамматова // Сборник статей I Всеросс. научно-техническая конференция «Низкотемпературная плазма в процессах нанесения функциональных покрытий». – Казань, АН РТ, 2010. – С. 136-143.
3. Припеченкова, И.С. Проектирование тканей для водозащитной одежды [Текст] / И.С. Припеченкова, О.В. Метелева, В.В.Веселов // Изв. вузов. Технология текст, промышленности. - 1999, № 3. - С. 86-91.
4. Орленко, Л.В. Конфекционирование материалов для одежды [Текст] / Л.В. Орленко, Н.И. Гаврилова. М.: ФОРУМ-ИНФА-М, 2006. - 288 с.
5. Фомченкова, Л.И. Рабочая одежда и текстильные материалы для ее производства [Текст] / Л.И. Фомченкова // Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. - 2013. - №2 .

REFERENCES

1. GOST 12.4.220-2002 Metod opredelenija stojkosti materialov i shvov k dejstvuju aggressivnyh sred [Method for determining the resistance of materials and seams to the action of aggressive media]. Vved. 01.07.2003 M.: Izd-vo standartov, 2003. – 7 s.
2. Abdullin, I.Sh. Modificirovannyj tekstil'nyj material plazmennoj obrabotki kak osnova pri sozdanii modelej odezhdy [Modified textile material plasma processing as the basis for the creation

of models of clothes] / I.Sh.Abdullin, E.A. Hammatova // Sbornik statej I Vserossijskaja nauchno-tehnicheskaja konferencija «Nizkotemperaturnaja plazma v processah nanesenija funkcional'nyh pokrytij». – Kazan, AN RT, 2010, pp. 136-143.

3. Pripechenkova, I.S. Proektirovanie tkanej dlja vodozashhitnoj odezhdy [Designing fabrics for waterproof clothes] / I.S. Pripechenkova, O.V. Meteleva, V.V.Veselov // Izv. vuzov. Tehnologija tekst, promyshlennosti, 1999, № 3, pp. 86-91.

4. Orlenko, L.V. Konfektionirovanie materialov dlja odezhdy [Konfektionierung garment materials] / L.V. Orlenko, N.I. Gavrilova. M.: FORUM-INFA-M, 2006. – 288 s.

5. Fomchenkova, L.I. Rabochaja odezhda i tekstil'nye materialy dlja ee proizvodstva [Workwear and textile materials for production] / L.I. Fomchenkova // Rabochaja odezhda i sredstva individual'noj zashhity, 2013, №2.

УДК 677.021.151.232

БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЛЬНЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ

BIOCHEMICAL METHODS OF REGULATION SORPTION AND THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF LINEN FABRIC

С.В. Алеева^{1,2}, С.А. Кокшаров^{1,2}
S.V. Aleeva^{1,2}, S.A. Koksharov^{1,2}

**Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (Иваново)
Ивановский государственный политехнический университет
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of RAS (Ivanovo)
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: ksa@isc-ras.ru, sva@isc-ras.ru**

Получены оригинальные поверхностные эффекты биохимической модификации тканого льняного полотна с использованием методов пространственно локализованного воздействия ферментов на лигноуглеводный комплекс клеточной стенки элементарного волокна. Для биомодифицированных ворсованных тканей обоснованы условия повышения их сорбционной способности: гигроскопичность материала увеличивается в 1,3...1,5 раза наряду с ускорением его влагоотдачи.

Ключевые слова: льняная ткань, ферментативная обработка, адсорбция, удельная поверхность

Evaluate changes hygienic properties of linen fabric with a new type of finish to produce the original surface effects of napping, including a preliminary spatially localized effects of enzymes on the cell wall complex lignocarbon filament. The formation of the pile texture increases hygroscopic material 1,3 ... 1,5 times along with the acceleration of its water yielding.

Keywords: linen fabric, enzymatic treatment, napping, adsorption, specific surface

Мировая практика показывает, что создание сорбентов на основе природных пористых полимерных материалов является перспективным и экономически привлекательным направлением обеспечения эффективной очистки жидких и газовых сред от загрязняющих веществ. Они обладают развитой системой микро-, супермикро- и мезопор и содержат в своем составе биополимерные компоненты целлюлозы, лигнина, полисахаридов гемицеллюлоз и пектина, которые способны к разным видам межчастичных взаимодействий, обеспечивающих различные механизмы адсорбции веществ из жидкой и газовой фазы. В настоящей работе научный поиск создания эффективных сорбентов осуществляется в направлении совершенствования поровой структуры и химической активности льняных материалов с

применением биокатализируемых процессов, позволяющих существенно улучшить их сорбционную емкость.

Для реализации биохимических методов модификации лубоволокнистых материалов принципиальное значение имеют уточненные представления о строении комплексного льняного волокна [1], которые базируются на принятой в биологии растений градации связующих веществ в структуре растительных тканей с учетом массивности их отложения. Согласно новым представлениям соединение элементарных волокон в пучках осуществляется не только так называемыми срединными пластинками. Схема химико-морфологического строения комплексного льняного волокна приведена на рис.1.

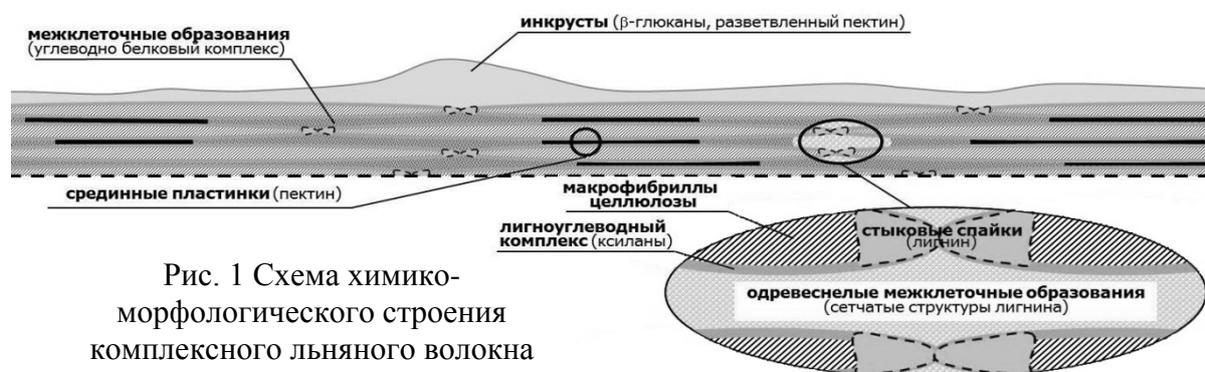


Рис. 1 Схема химико-морфологического строения комплексного льняного волокна

Зоны структурной локализации нецеллюлозных компонентов связующих веществ в комплексном льняном волокне предложено подразделять на 6 разновидностей [1]. Инкрусты, межклеточные образования, лигнинсодержащие одревеснения по их поперечным характеристикам следует отнести к микрометровым образованиям, а срединные пластинки, стыковые спайки элементарных волокон и лигноуглеводный комплекс клеточной стенки – к наноразмерным. В отличие от использования химических реагентов ферментативные методы модификации льняных волокнистых материалов позволяют осуществлять не только селективную деструкцию полимерных примесей, но и пространственно локализованное воздействие на определенные виды их структурных образований. Фактором, ограничивающим действие ферментов в определенных структурных зонах комплексного волокна является размер глобулы ферментов. Современные методы анализа размера частиц в гидрозолях, такие как метод динамического светового рассеяния, позволяют определить, что однотипные по механизму действия ферменты вырабатываются разными микроорганизмами в изоформах, отличающихся размером глобулы. В частности, представленные на рис. 2 данные наглядно свидетельствуют, что в результате варьирования микробиологических продуцентов и условий их культивирования можно получать изоформы пектолитических ферментов, размеры молекул которых различаются в довольно широком диапазоне. Так, образец ферментного препарата, продуцируемого бактериальным штаммом *Bac. subtilis*, характеризуется размером глобулы 50...100 нм. Максимум интенсивности светорассеяния в этом случае соответствует значению $r = 80$ нм. Штамм *Asp. flavus* генерирует ферменты с размером молекулы 7...10 нм.

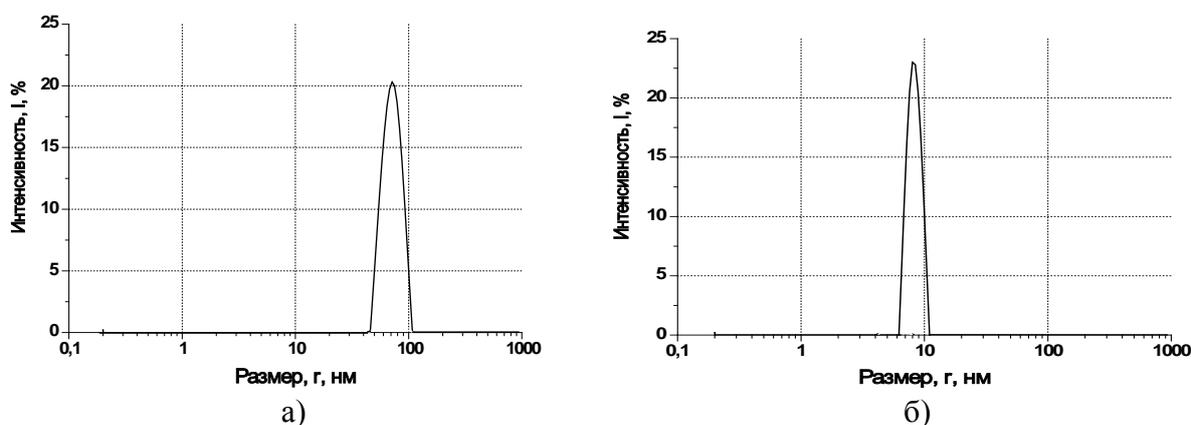


Рис. 2 Распределение размера белковых глобул пектиндеструктурирующих ферментов, продуцируемых бактериальными штаммами *Bac. subtilis* (а) и *Asp. flavus* (б)

Применение ферментов с размером молекулы 50...100 нм имеет первостепенное значение для обеспечения катализируемого расщепления полимеров клеящих веществ только в зонах микрометровых примесных образований. Модификацию текстильных материалов на уровне элементарного волокна могут обеспечить энзимы с размером менее 10 нм. В подтверждении данного постулата проведены исследования изменения пористости комплексного волокна под действием биопрепаратов, различающихся размером глобулы ферментов. Обоснование состава полиферментных композиций и условий их применения представлены в публикациях [1-3]. Анализ осуществлен методом низкотемпературной адсорбции-десорбции паров азота при 77 К на газовом сорбционном анализаторе NOVA 1200e. В табл. 1 приведены характеристики поровой структуры образцов льняного волокна до и после модифицирования.

Таблица 1

Характеристика поровой структуры образцов льняного волокна

Вид образца	Диаметр глобулы фермента, D, нм	Площадь удельной поверхности, $S_{уп}$, м ² /г	Суммарный объем пор, $V_{п}$, см ³ /г
исходное волокно	-	14,7	0,009
биомодифицированная ровница	50-100	28,5	0,014
	7-10	26,5	0,021

Важную информацию для отбора ферментов дают данные рис. 3. Анализируя ход кривых распределения объема пор в образцах, следует отметить, что в суровом льняном волокне присутствует три основных составляющих порового пространства. Первая относительно небольшая представляет собой субмикроскопические поры размером не более 3...5 нм, которые образованы во внутрифибрилярной структуре элементарных волокон в результате смещения отдельных сегментов в макромолекулах. Вторая отражает наличие мезопор в диапазоне 10...15 нм в надмолекулярной структуре элементарных волокон. Эта составляющая определяет основной вклад в величину суммарного внутреннего объема сурового волокна. Третья область в диапазоне свыше 20 нм – это пустоты в зонах межклетных образований.

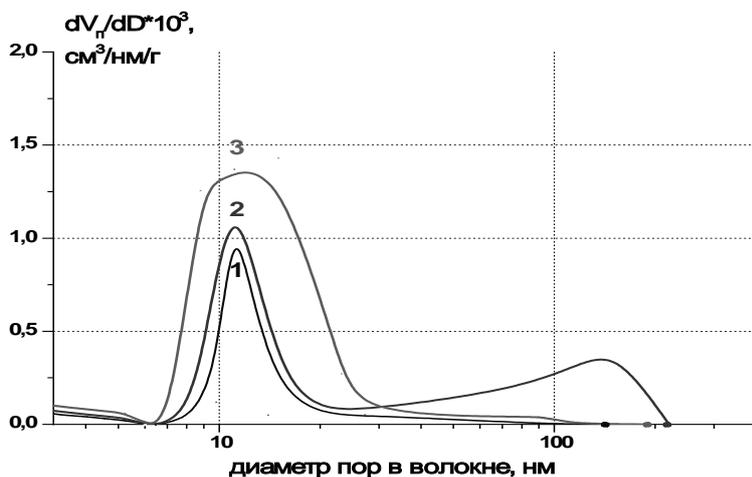


Рис. 3 Дифференциальные кривые распределения объема пор по размерам в образцах исходного льняного волокна (1) и после обработки ферментами с размером глобул 50...100 нм (2) и 7...10 нм (3)

Обработка волокна в растворе ферментов с размером глобул 50...100 нм обеспечивает существенный прирост третьей компоненты поровой структуры волокна, расширяя диапазон фиксируемых значений с 140 нм в исходном материале до 220 нм. Сопоставляя эти данные с морфологическими особенностями льняного волокна (см. рис. 1) можно утверждать, что данные виды ферментов в силу стерических трудностей катализируют расщепление примесей лишь в зонах крупных образований, не затрагивая внутренние структуры элементарного волокна.

Белковые катализаторы с размером глобулы до 10 нм способны проникать вглубь клеточной стенки элементарных волокон и катализировать процессы локализованной деструкции лигноуглеводного комплекса между макрофибриллами целлюлозы, что обуславливает увеличение объема субмикроскопических пор с размерами до 3...5 нм. Ход кривой 3 и существенный прирост объема пор с размерами 7...25 нм убедительно свидетельствует, что при использовании в качестве исходного объекта сурового льноволокна воздействию такой изоформы ферментов эффективно подвергаются и срединные пластинки между элементарными волокнами.

Подобные преобразования клеящих веществ нужны, в частности, для подготовки льняного полотна к последующему ворсованию. При этом в зависимости от выбираемого вида белковых катализаторов перед технологами открываются новые возможности управления такими важными потребительскими свойствами текстильного материала, как сорбционная способность. В табл. 2. представлены результаты оценки гигроскопических свойств льняных тканей в классическом варианте и после их биомодификации.

Анализ совокупности свойств льняных тканей показал, что проведение целенаправленной биомодификации волокнистого материала повышает его способность впитывать пары воды в 1,3...1,5 раза. Примечательно, что наряду с высоким водопоглощением создание развитой поверхности ткани способствует увеличению ее влагоотдачи: биомодифицированный слой полотна быстрее обезвоживается, что увеличивает величину градиента влагосодержания по толщине полотна и интенсифицирует массоперенос во внутренних его слоях.

Таблица 2

Сорбционные свойства ворсованных льняных тканых полотен

Артикул	Образец	Гигроскопичность, W_2 , %	Капиллярность, мм		Водопоглощение, %	Влагоотдача, B_o , %
			H_{30}	H_{60}		
00035	после химической подготовки	8	80	118	51	4,8
	после биомодификации	10	114	137	72	8,7
24708	после химической подготовки	12	71	102	59	2,3
	после биомодификации	18	105	124	94	14,2

Таким образом, результаты исследований позволили определить критерии подбора биокатализаторов для дифференцированного воздействия на микрометровые и наноразмерные формирования связующих веществ в структуре льноволокнистых материалов и оценить эффективность изменения параметров их пористости.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №15-43-03075цр с использованием приборной базы ЦКП «Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований».

ЛИТЕРАТУРА

1. Алеева, С.В., Кокшаров, С.А. (2011) Химия и технология биокатализируемого наноконструирования льняных текстильных материалов // Росс. хим. ж. Т. LV. №3. С.46-58.
2. Лепилова, О.В., Алеева, С.В., Кокшаров, С.А. (2006) Проявление редуцирующих свойств растворов мономерных структурных элементов полисахаридных примесей льняного волокна // Изв. вузов. Химия и хим. технология. Т. 49. Вып. 7. с. 69-73.
3. Лепилова, О.В., Алеева, С.В., Кокшаров, С.А. (2009) Новые возможности использования ферментативного катализа при подготовке и белении льняных тканей // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. №3. С. 51-53.

REFERENCES

1. Aleeva, S.V., Koksharov, S.A. (2011) Chemistry and Technology of Biocatalyzed Nanoengineering of Linen Textile Materials // Ross. Khim. Zh. V. LV. №3. P. 46-58.
2. Lepilova, O.V., Aleeva, S.V., Koksharov, S.A. (2006) Manifestation of reducing properties of solutions of monomeric building blocks polysaccharide impurities flax fiber // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol. V.49. №7. P.69-73.
3. Lepilova, O.V., Aleeva, S.V., Koksharov, S.A. (2009) New Possibilities of Use of Enzyme Catalysis for the Preparation and Bleaching of Linens // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. N 3. P. 51-53.

УДК 677.027

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И pH СРЕДЫ НА КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ГАЛАКТУРОНАТНЫХ ЗВЕНЬЕВ ПЕКТИНА

INFLUENCE OF TEMPERATURE AND pH ON ABILITY OF GALACTURONATIC LINKS OF PECTIN TO FORMED THE COMPLEXES

Г.В. Чистякова
G.V. Chistiykova

**Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (Иваново)
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the RAS (Ivanovo)
E-mail: chi@isc-ras.ru**

В модельных экспериментах с использованием яблочного пектина со степенью этерификации 58% дана оценка комплексобразующей способности галактуронатных звеньев макромолекулы пектина при pH 1,8 и 4,5 в интервале температур 25-45⁰ С. Показано, что пектин сорбирует медь как в кислой, так и слабокислой области. Малые значения сорбционной емкости при pH 1,8 свидетельствуют о протекании физической адсорбции металла активными центрами полимера, которая с увеличением

температуры меняется незначительно. Пектат и пектинат кальция при низких температурах не проявляют сорбционной способности. В слабокислой среде при pH 4,5 с ростом температуры сорбция металла полимером увеличивается, что может свидетельствовать о доминирующем вкладе в сорбционные взаимодействия процесса хемосорбции.

Ключевые слова: пектин, сорбенты, сорбционная емкость, комплексообразующая способность

The estimation of ability to form of complexes for single galacturonic links in polysaccharide macromolecule at the pH 1,8 and 4,5 in the range of temperatures of 25-45 oC having been carried out in modeling experiments with use of apple pectin having 58 % degree etherification. It is shown, that pectin adsorbs the metal both in acid and in subacid medium. Small values of adsorption size at 1,8 pH testify about presence of physical adsorption which at the increase of temperature is slightly varies. The adsorption of metal by polymer increases at the increase of temperature in subacid medium (4,5). This is testifies that the chemisorption process is dominate at the sorbing interactions. It is established that pectic acid have the maximum ability to formed of complexes.

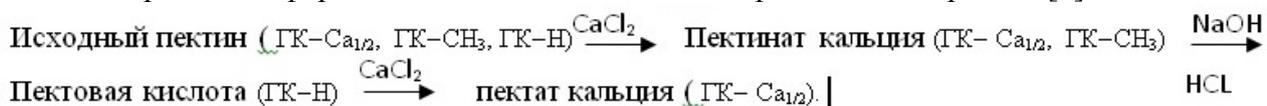
Key words: pectin, sorbents, adsorption size, ability to formed the complexas

Пектинсодержащие материалы, например, льняное волокно, солома различных растений, а также сами растения, являются природными сорбентами и используются для удаления катионов переходных металлов в процессах водоподготовки, медицине, фармакологии, пищевой промышленности. Достоинствами полисахаридных сорбентов являются ежегодная возобновляемость сырья, экологичность и низкая стоимость.

Природные сорбенты имеют невысокую сорбционную емкость, повысить которую можно оптимизацией параметров процесса адсорбции или путем модифицирования полисахаридов не только за счет внешних воздействий, но и путем использования свойств, структуры самого полимера. Сорбционные свойства сорбентов зависят от степени этерификации, pH среды и температуры. Наибольшую способность к комплексообразованию проявляют пектиновые вещества.

Исследовано влияние pH среды и температуры на сорбционные характеристики галактуронатных звеньев макромолекулы пектина.

При нахождении содержания галактуронатных звеньев с незамещенной формой карбоксильных групп, метоксилированной и кальций-пектатной формах использовали прием последовательных химических превращений свободной неметоксилированной и метоксилированной форм в пектат кальция по схеме приведенной в работе [1].



Содержание галактуронатных звеньев в пектине, определенных методом ИК-спектроскопии составило ГК-Н – 22 %, ГК-СН₃ -58%, ГК- Са_{1/2} -20%.

Комплексообразующую способность (КС) определяли по отношению к ионам меди. КС выражается количеством ионов переходного металла, связывающихся с 1г пектина. Концентрация ионов металлов определялась по разнице между вносимым и остаточным количеством в расчете на 1г полимера.

Предварительные эксперименты по кинетике взаимодействия металл–полимер показали, что равновесие в системе устанавливается в течение одного часа. Дальнейшая выдержка растворов не оказывает существенного влияния на сорбцию металла полимером.

Сорбционная способность галактуронатных звеньев пектина в зависимости от температуры и pH среды представлены на диаграмме.

Пектин сорбирует металл как в кислой так и слабокислой средах. Невысокие значения металлсвязывающей способности в кислых средах связаны, по-видимому, только с физической адсорбцией металла активными центрами полимера, поскольку в сильнокислой среде диссоциация карбоксильных групп подавлена, полисахарид ведет себя как незаряженная молекула, образование пектата металла не происходит.

При pH 1,8 с увеличением температуры содержание сорбированной меди для пектина меняется в пределах 9%, для пектовой кислоты и пектината кальция до 5%, пектат кальция проявляет сорбционную способность при 450 С. Адсорбция экзотермический процесс. Повышение температуры способствует его замедлению и протеканию десорбции, вследствие чего количество адсорбированного вещества должно уменьшатся. С ростом температуры снижение количества адсорбированной меди не наблюдается. По-видимому, в данном случае процессы адсорбции и десорбции близки к состоянию равновесия.

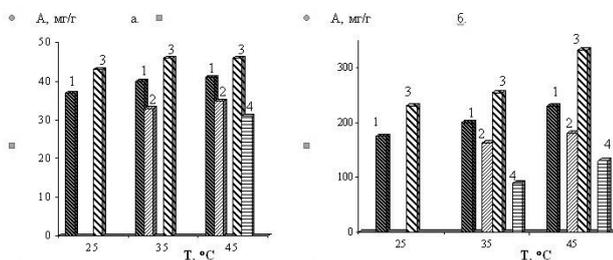


Рис. 1 Зависимость комплексообразующей способности по меди структурных звеньев яблочного пектина от температуры при pH 1,8 (а) и 4,5 (б):

1. Пектин ГК–Ca½ ГК–СНЗ, ГК – Н,
2. Пектинат кальция ГК – Ca½ ГК – СНЗ
3. Пектовая кислота ГК–Н,
4. Пектат кальция ГК–Ca½

Пектат и пектинат кальция при низких температурах не проявляют сорбционной способности. Однако повышение температуры приводит к деструкции пектина по 1,4-гликозидным связям в цепи главных валентностей полимера и образованием олиго- и моносахаридов. Результаты вискозиметрических измерений показали, что в интервале температур 25–45о С увеличение температуры на каждые 10о С снижает вязкость растворов в среднем в 1,15–1,25 раз. Образование дополнительных активных центров способствует повышению адсорбции металла пектином за счет межчастичных взаимодействий.

При pH 4,5 одновременно с физической абсорбцией протекают химические взаимодействия, которые являются определяющими. Как и следовало ожидать, наибольшую комплексообразующую способность проявляет пектовая кислота карбоксильные группы которой находятся в диссоциированном состоянии (рКдисс. = 3,5) [2]. Наличие свободных СОО- групп способствует связыванию металла с образованием пектатов.

Таким образом, используя сведения о влиянии отдельных галактуронатных звеньев макромолекулы пектина на комплексообразующую способность, можно повышать сорбционную емкость сорбентов, за счет изменения состояния полимера.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 15-43-03075.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алеева, С.В., Чистякова, Г.В., Кокшаров, С.А. (2009) Спектроскопический метод определения степени метоксилирования полиуронидных соединений льняного волокна // Изв. вузов. Химия и хим. технология. Т.52. № 10. – С. 119-122.
2. Чистякова, Г.В., Кокшаров, С.А. (2014) Особенности биодеструкции пектина в присутствии этилендиаминтетраацетата натрия // Журнал общей химии. Т.84. № 4. – С. 689–692.

REFERENCES

1. Aleeva, S.V., Chistiyykova, G.V., Koksharov, S.A. (2009) Spectroscopic method of definition of degree methoxylation of polyuronid compounds of linen fibre. // *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* V.52. № 10. P. 119-122.
2. Chistiyykova, G.V., Koksharov, S.A. (2014) Features of Pectin Biodegradation in the Presence of Sodium Ethylenediaminetetraacetate // *Russian Journal of General Chemistry*. V. 84. №. 4. P. 689–692.

УДК 687.076:004

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ АРМИРУЮЩЕГО ПОЛИМЕРНО-ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФОРМОУСТОЙЧИВОГО ШВЕЙНОГО ИЗДЕЛИЯ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

PREDICTING THE PROPERTIES OF THE REINFORCED INTERLINING MATERIALS TO PROVIDE DIMENSIONAL STABILITY OF GARMENTS BY COMPUTER MODELING METHOD

А.А. Арбузова
A.A. Arbuzova

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo state polytechnic university
E-mail: Polimertex@bk.ru

Работа заключается в разработке нового вида армирующего полимерно-волокнистого материала прокладочного назначения за счет проведения комплекса исследований по отработке рецептурно-технологических режимов его изготовления на основе химических методов с требуемыми уровнями упруго-деформационных показателей. Выявлены закономерности влияния геометрических параметров трафаретного нанесения армирующего полимера на текстильный носитель композиционных прокладочных материалов на изменение важнейших упруго-деформационных свойств, формируемых с их использованием многослойных пакетов. Получена система регрессионных зависимостей для проектирования жесткости и упругости полуфабрикатов и готовых изделий, исходя из свойств базовых материалов и регулируемой топологии нанесения армирующего препарата. В качестве объектов исследования выбраны полиакрилатные армирующие препараты ДПА-1, ДПА-2; прокладочные материалы арт. 9335, арт. 1209 и арт. С1.160; армированные полимерно-волокнистые материалы и костюмные ткани арт. 41570, 94981, 15315.

Ключевые слова: термоклеевой прокладочный материал, композит, полиакрилатная дисперсия, армирование, алгоритм, компьютерная программа.

A new-generation reinforced interlining materials with adhesive coating, capable of forming in conjunction with the shell fabric composites, possessing optimum elastic-deformation properties. They are easily shaped, and after final wet-heat processing they obtain required rigidity and elasticity property values, thus ensuring that volumetric shape of a garment will be preserved in the process of wearing it by a user. The technology in which innovative methods of polymer-fiber composites nonstructural modification are used to regulate elastic-deformation product properties on a small line of textile liner web delicately. The reinforced interlining materials should have stiffness limited with a determined broad range of a higher discretization degree along with technological qualities, operating, hygienic, ergonomic indices and minimal level of materials consumption. Their using should be solved the following problem: quality of shell fabric and fusible interlining adjustment while changing the form from flat to three-dimensional.

Keywords: fusible interlinings, alkaline hydrolysis, reinforced interlining materials, algorithm, computer program.

В современных рыночных условиях перед отечественными швейными предприятиями остро стоит задача повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции. Одним из возможных способов достижения такого результата является изменение структуры пакета швейного изделия, традиционно состоящего из нескольких слоев прокладочных материалов разных видов, путем использования армирующего полимерно-волоконного материала прокладочного назначения (ПАрМа) с гибко регулируемым показателями жесткости и упругости. Данный материал представляет собой текстильную основу с термоклеевым покрытием дополнительно химически модифицированную (армированную) полимерной дисперсией [1, с.123, 2, с.105, 3, с.106].

Достижение требуемых упруго-деформационных свойств пакетов обеспечивается именно за счет локального армирования материала полимерными композициями. А технико-экономическая эффективность применения ПАрМа во многом зависит от решения задачи выбора режимов их получения. Проведены комплексные исследования зависимости свойств ПАрМа и получаемых с его использованием пакетов деталей одежды от параметров его компонентов и рецептурно-технологических факторов [4, с.89, 5, с.39].

В качестве объектов исследования использованы два вида клеевых прокладочных материалов с точечным полиамидным клеевым покрытием (на нетканой основе арт. 9335 – условное обозначение КПМ1; на трикотажной основе арт. 1209 – КПМ2), а также нетканый прокладочный материал без клеевого покрытия арт. С1.160 – НПМ3). Дублированные пакеты получали с использованием в качестве основного материала костюмных тканей артикулов 41570, 94981 и 15315.

На выбранные прокладочные материалы методом шаблонной печати с различной топологией печатного рисунка (S_A) наносили заданное количество препаратов ДПА-1 и ДПА-2. Сушку заготовок проводили при комнатной температуре; отверждение полимерного связующего и формирование армирующего полимерно-волоконного материала осуществляли при тепловой обработке, имитирующей условия дублирования швейных изделий: температура 125°C, продолжительность 30 с. Контроль упруго-деформационных свойств осуществлен по показателям жесткости и упругости пакета (ГОСТ 10550-93).

В табл. 1 представлены результаты анализа жесткости пакета для всех видов основного материала (ОМ), дублированных исходными и композиционными прокладочными материалами. Композиты имеют условное обозначение КПМ1.1, КПМ2.1 и НПМ3.1 (для полимерной дисперсии ДПА–1 и КПМ1.2, КПМ2.2 и НПМ3.2 для ДПА–2).

Таблица 1

Сравнение жесткости пакетов, дублированных композитными материалами ПАрМа и их немодифицированными аналогами

S_A	ОМ	Жесткость клеевого соединения с прокладочным материалом, Ж, сН								
		КПМ 1	КПМ 1.1	КПМ 1.2	КПМ 2	КПМ 2.1	КПМ 2.2	НПМ 3	НПМ 3.1	НПМ 3.2
0,65	арт. 41570	3,2	26,2	31,6	5,3	32,0	38,0	4,6	29,1	36,0
	арт. 94981	2,6	25,6	31,0	4,8	31,5	39,0	4,1	28,3	35,0
	арт. 15315	1,8	25,0	31,0	3,6	31,0	38,0	3,2	28,0	34,0
0,55	арт. 41570	3,1	21,0	24,0	5,3	27,0	32,0	4,6	22,0	28,0
	арт. 94981	2,5	20,0	24,0	4,8	26,0	31,0	4,1	21,0	28,0
	арт. 15315	1,8	20,0	23,0	3,6	25,0	30,0	3,2	21,0	26,0
0,5	арт. 41570	3,1	15,0	22,0	5,3	19,0	28,0	4,6	19,0	25,0
	арт. 94981	2,5	14,3	21,0	4,8	18,5	27,0	4,1	18,8	24,0
	арт. 15315	1,8	13,0	21,0	3,6	17,0	27,0	3,2	17,3	23,0
0,45	арт. 41570	3,1	11,0	19,0	5,3	17,0	22,0	4,6	15,0	20,0
	арт. 94981	2,5	11,0	19,0	4,8	16,0	22,0	4,1	14,0	19,0
	арт. 15315	1,8	10,0	18,0	3,6	15,0	20,0	3,2	14,0	18,6
0,35	арт. 41570	3,1	9,0	14,0	5,3	12,1	15,0	4,6	11,0	14,8
	арт. 94981	2,5	8,0	13,0	4,8	12,0	15,9	4,1	10,5	14,3

арт. 15315	1,8	8,0	13,0	3,6	11,5	15,0	3,2	9,5	9,1
------------	-----	-----	------	-----	------	------	-----	-----	-----

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. увеличение площади армирования текстильного носителя полимерной композицией обеспечивает прогрессирующее возрастание показателя жесткости композиционного материала с 2,5...4 раз до 6...15 раз относительно уровня для контрольных образцов;

2. совокупность данных для каждой группы пакетов с варьируемой величиной площади армирования (S_A) имеет однотипный характер зависимости $Ж = f(S_A)$ и может быть описана с высокой степенью аппроксимации полиномиальной зависимостью 2-й степени: $Ж_i = a + b \cdot S_A + c \cdot S_A^2$;

3. графическое представление результатов (рис.1) отражает одинаковый темп нарастания жесткости композитов с армирующим препаратом ДПА-1 и более интенсивный характер зависимости при переходе к материалам, модифицированным дисперсией ДПА-2. В математической интерпретации это отражается положительной величиной коэффициентов b и c в зависимостях для препарата ДПА-2 и наличием отрицательного значения коэффициента b при положительном уровне коэффициента c для композитов, содержащих ДПА-1.

В табл. 2 приведены результаты измерений упругости пакетов, состоящих из основного материала (арт. 41570), соединенного с исходными прокладочными материалами или с получаемыми на их основе армированными композитами.

Таблица 2

Сравнение упругости пакетов с ПАрМа и их немодифицированных аналогов

Площадь армирования, S_A	Упругость клевого соединения ($У$, %) с прокладочным материалом								
	КПМ1	КПМ 1.1	КПМ 1.2	КПМ2	КПМ 2.1	КПМ 2.2	НПМ3	НПМ 3.1	НПМ 3.2
0,35	45	65	70	50	70	73	35	65	68
0,45	45	75	80	50	75	75	35	70	73
0,50	45	85	85	50	80	85	35	74	77
0,55	45	90	95	50	85	90	35	80	85
0,65	45	93	95	50	90	95	35	85	90

По полученным результатам сделаны следующие заключения: упругость пакетов, изготовленных с использованием композиционных материалов, увеличивается по сравнению с базовым образцом в 1,5...1,8 раза; наименьшее увеличение наблюдается в пакетах с минимальной площадью армирования композиционного материала, что, возможно, связано также с отсутствием связанной сетки армирующих элементов; при армировании клеевых прокладочных материалов наблюдается возрастающее влияние площади армирования на

показатель упругости, для неклеевой текстильной подложки зависимость $У = f(S_A)$ имеет затухающий характер.

Разработаны регрессионные математические модели для выбора режимов получения композитов заданных упруго-деформационных величин. Для автоматизации процесса выбора режимов получения ПАрМа разработан алгоритм прогнозирования его свойств. Создана база данных содержащая информацию о параметрах текстильного материала, объемно-пластической форме проектируемого изделия и технологических параметрах обработки пакета.

Предложена методика выбора режимов, включающая в себя этапы по

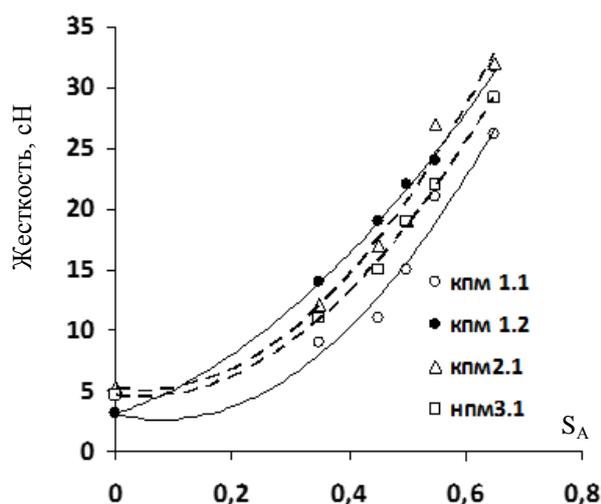


Рис. 1 Зависимости $Ж = f(S_A)$

определению структуры проектируемого пакета, оптимальных параметров носителя и параметров исходных составов, образующих армирующий компонент.

Алгоритм реализован в виде компьютерной программы, позволяющей по данным об объемно-пластической форме изделия и свойствах основного материала предложить пользователю наиболее оптимальные режимы обработки исходного материала для получения ПАРМа заданной жесткости и упругости. Определяются доли основного и вспомогательных веществ в исходном полимерном составе, его оптимальные реологические параметры (вязкость) в зависимости от природы компонентов, количество нанесенного на основу полимера, глубина проникновения полимера в структуру основы.

Использование предложенной методики и программного обеспечения позволит значительно сократить время на отладку процесса изготовления ПАРМа и изготавливать швейные изделия с требуемыми упруго-деформационными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Замышляева, В.В., Сурженко, Е.Я. Смирнова, Н.А. (2012) Оценка формоустойчивости клеевых соединений одежды из льна // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. №5. С.123-126.
2. Бузов, Б.А., Смирнова, Н.А. (2012) Современный ассортимент термоклеевых материалов для одежды и разработка их классификации // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. № 2. С. 105-110.
3. Гирфанова, Л.Р. (2013) Повышение формоустойчивости одежды с использованием ячеистых прокладочных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. №4. С.106-109.
4. Комарова, А.А., Веселов, В.В. (2009) Использование современных химических препаратов для формоустойчивой обработки швейных изделий // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. №1. С.89-91.
5. Комарова, А.А., Корнилова, Н.Л., Жаров, А.И. (2009) Модификация ассортимента прокладочных материалов // Швейная промышленность. № 4. С.39-40.

REFERENCES

1. Zamyshlyayeva, V.V., Surzhenko, E.Ya., Smirnova, N.A. (2012) Estimation of Shape Stability of Glue Joints of Flax Clothes // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. №5. P.123-126.
2. Buzov, B.A., Smirnova, N.A. (2012) Modern Assortment of Thermoglutinous Materials for Clothes and Their Classification Development// Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. №2. P.105-110.
3. Girfanova, L.P. (2013) Increasing of Clothes Shape Stability Using Porous Interfacing // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. №2. P.106-109.
4. Komarova, A.A., Veselov, V.V. (2009) Use of modern chemical preparations for stable-form treatment of sewing products // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. №1. P.89-91.
5. Komarova, A.A., Kornilova, N.L., Zarov, A.I. (2009) Modification of the assortment of interlining materials // Sewing Industry. № 4. P.39-40.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ ЖЕСТКОСТИ ПОЛИМЕРНО-ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОЛИУРЕТАНОВЫМ СВЯЗУЮЩИМ

PROGNOSTICATION OF STICKINESS FOR POLYMER FIBROUS COMPOSITE MATERIALS GLUING BY POLYURETHANE

С.А. Кокшаров

S. A. Koksharov

Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (Иваново)

Institute of solution chemistry of them. Krestov RAS (Ivanovo)

E-mail: ksa@isc-ras.ru

Основной областью применения инновационных материалов является производство корсетных изделий ортопедического назначения, функциональные элементы которых предложено получать в виде многослойных сетчатых текстильных носителей с влагоотверждаемым полиуретановым связующим. Выявлена зависимость изменения модуля упругости композитного материала от степени объемного заполнения его сотовой структуры, которая определяется структурными параметрами сетчатого носителя. Получена математическая интерпретация результатов, обеспечивающая возможность регулирования упруго-деформационных свойств полиуретанового компонента путем варьирования молекулярного строения и мольного соотношения полиэфирдиола и дифенилметандиизоцианата на стадии получения предполимера, а также избытка изоцианатного компонента на завершающей стадии полимеризации, вида и концентрации вводимого удлинителя цепи и степени функциональности используемого полиизоцианата.

Ключевые слова: композит, сетчатый текстильный носитель, полиуретан, исходные реагенты синтеза, модуль упругости материала

This article describes the problem of obtaining innovative materials for orthopedic products. The author proposes to obtain the functional elements of these products from the multi-layer mesh textile fabrics impregnated with moisture-curing polyurethane composition. The author has shown that the change of the elastic modulus of the obtained materials from the volume filling of his cellular structure by polymer-fiber composites is linear. The magnitude of the volume filling is determined by structural parameters of the mesh textile carrier. Possibility of regulating the elastic-deformation properties of polyurethane binder is described by mathematical relationship in which variable parameters are the structure and ratio of diphenylmethane diisocyanate and polyetherdiol, a kind and the concentration of the injected chain extenders, the degree of functionality of the polyisocyanate.

Keywords: a composite, a mesh textile carrier, polyurethane, initial reagents of synthesis, material's modulus of elasticity

Развиваемые научные подходы могут иметь прикладное значение при получении конструкционных материалов для различных областей техники, где вместо высокой жесткости элементов требуется определенный уровень их деформационной способности. Конкретная задача связана с обоснованием методологии адресного проектирования ортопедических корсетных изделий для *дозированного* воздействия на поврежденные участки опорно-двигательного аппарата без побочного негативного влияния на покровные ткани, внутренние органы и психофизическое состояние пациентов. Актуальность развития технологических приемов получения композитных материалов с регулируемыми упруго-деформационными свойствами назрела в связи с проработкой теоретических вопросов автоматизированного проектирования функционально-эргономических корсетных изделий [1]. Создание САПР базируется на результатах разработки методов силового анализа усилий, возникающих на корректируемых участках торса [2], и оценки напряженного состояния деталей, воздействующих на костный скелет, что позволяет обосновать требуемые уровни упруго-деформационных свойств применяемых материалов [3].

Достижение цели возможно на базе новых композиционных полимерно-волокнистых материалов с распределенной в структуре текстильного носителя влагоотверждаемой

композицией полиуретана (далее ПУ). Выбор текстильного компонента осуществлен с учетом требований к уровню формовочной способности заготовки в период вязко-текучего состояния связующего. Определено, что для получения деталей сложной объемной формы материал должен иметь растяжимость 10...25 % и угол перекося в деформированном состоянии 12...20°; для комфортных условий в пододежном слое - воздухопроницаемость 50...250 дм³/м²с и гигроскопичность 7...35 %; для сохранения эстетических свойств - толщину не более 8 мм; для получения требуемой жесткости - способность сорбировать полимерную композицию не менее 0,5 кг/кг волокна. Этим требованиям в полной мере соответствуют сетчатые полотна из полиэфирного или стекловолокна.

Главной их особенностью является возможность широкого варьирования жесткости путем выбора материала носителя и его структурных характеристик. Если при использовании двухслойного полиэфирного трикотажа величина модуля упругости композита $E_{ИЗГ}$ может составлять 90...155 МПа, то варьирование структуры сеток из полиэфирных и стеклонитей обеспечивает возможность изменения изгибной жесткости материала в диапазонах 120...520 и 260...1200 МПа соответственно. При этом возрастание $E_{ИЗГ}$ получаемого композитного материала с увеличением степени объемного заполнения его сотовой структуры V_K описывается закономерностями:

$$- \text{ для полиэфирных сеток } - \Delta E_{ИЗГ} = 6,7562 + 3,1077 \cdot V_K + 1,2929 \cdot V_K^2; R^2 = 0,9908; \quad (1)$$

$$- \text{ для сеток из стекловолокна } - \Delta E_{ИЗГ} = 31,121 + 5,5016 \cdot V_K + 2,9364 \cdot V_K^2; R^2 = 0,9963. \quad (2)$$

Выбор полимерного связующего обусловлен рядом ценных свойств ПУ-материалов, главное из которых - возможность регулирования в широких пределах упруго-деформационных характеристик за счет изменения соотношения эластичных и жестких сегментов структуры полимера. Формирование жестких сегментов обусловлено использованием избыточного количества изоцианатного компонента и взаимной ориентацией участков цепей, состоящих из сильнополярных уретановых групп, с высокой плотностью межцепных водородных связей. Гибкие участки полиблочной структуры ПУ определяются взаимной ориентацией олигоэфирных сегментов, что обуславливает варьирование степени участия NH-групп в образовании Н-связей от 40 до 95 % и долевого соотношения жестких сегментов в полимере в пределах 10...50 % [4].

Известные приемы изменения микрофазового строения ПУ основаны на варьировании:

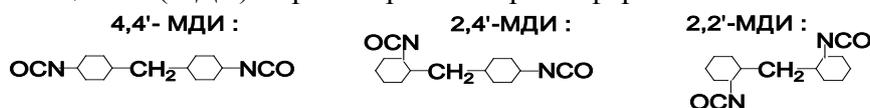
- 1- строения предполимера и используемого полиэфирполиола $R(OH)_n$;
- 2- избыточного количества изоцианата в композиции с предполимером;
- 3- вида и концентрации удлинителей цепи, вводимых в изоцианатные участки макромолекул;
- 4- функциональности полиизоцианата для формирования сетки межцепных ковалентных связей.

При этом результирующее изменение модуля упругости полимерного материала можно представить как совокупность взаимодополняющего влияния вышеуказанных факторов:

$$E_{ИЗГ} = E_1 + \Delta E_2 + \Delta E_3 + \Delta E_4. \quad (3)$$

Для выявления характера зависимости E_1 для получения предполимеров использованы

простые полиэфирдиолы $R(OH)_2$ с молекулярной массой $M_{R(OH)_2} = 540 - 3556$ и дифенилметандиизоцианат (МДИ) в трех стереоизомерных формах:



Условия последующего синтеза ПУ-материалов в данной серии экспериментов поддерживали постоянными: массовое соотношение предполимера и 4,4'-МДИ 1 : 1; катализатор - диморфолинодиэтиловый эфир в количестве 5%; удлинитель цепи не вводили.

Для варианта синтеза предполимера при мольном соотношении основных реагентов [4,4'-МДИ] : [R(OH)₂] = 2:1 зависимость модуля упругости ПУ-материалов от молекулярной массы полиэфирдиола с высокой достоверностью аппроксимации описывает уравнение степенного вида:

$$E_{изг} = 4150,8 \cdot M_{R(OH)_2}^{-0,5066}; R^2 = 0,999 \quad (4)$$

Величина коэффициента пропорциональности в уравнении (4) связана с количеством изоцианата, применяемого на стадии синтеза предполимера. Наиболее короткие цепочки предполимера МДИ-ОРО-МДИ формируются в случае соотношения [4,4'-МДИ] : [R(OH)₂] = 2:1, т.е. при двукратном мольном избытке изоцианата ($a_u = 2$). В серии образцов, представленных в табл. 1, при соотношении реагентов [МДИ] : [R(OH)₂] = 3:2 (т.е. при избытке изоцианата $a_u = 1,5$) наиболее вероятным продуктом является олигомер: МДИ-ОРО-МДИ-ОРО-МДИ.

Таблица 1

Изменение модуля упругости ПУ при варьировании молекулярной массы полиэфирдиола и изомерного строения МДИ для мольного соотношения [МДИ] : [R(OH)₂] = 3:2

Полиэфирдиол R(OH) ₂	M _{R(OH)₂}	E _{изг} ± 1, МПа		
		4,4'-МДИ	2,4'-МДИ	2,2'-МДИ
Лапрол 502	540	131	133	135
Лапрол 1052	1062	95	97	98
ПЭ-ГС	1155	93	95	96
Лапрол 1502	1526	78	79	80
Лапрол 2102	2106	67	68	70
Лапрол 2502	2512	62	63	64
Лапрол 3502-2Б-20	3556	51	52	53

Увеличение размера молекул предполимера повышает вероятность их взаимно ориентированного расположения в процессе синтеза полимерных цепей, что обуславливает возрастание долевого содержания эластичных сегментов в микрофазовой структуре ПУ. Анализ данных табл. 1 позволяет вычленить вклад мольного избытка изоцианата в значении коэффициента пропорциональности и получить обобщенный вид зависимости модуля упругости ПУ-материалов от строения предполимера:

$$E_1 = 2081,6 \cdot a_u / \sqrt{M_{R(OH)_2}}; R^2 = 0,9949 \quad (5)$$

Верификация полученной модели проведена (см. табл. 2) для варианта синтеза ПУ на основе предполимеров, полученных при мольном избытке изоцианата $a_u = 1,33$. В этом случае из возможных вариантов строения предполимера наиболее вероятным является семичленный олигомер: МДИ-ОРО-МДИ-ОРО-МДИ-ОРО-МДИ. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных модуля упругости ПУ-материалов подтверждает, что разработанная модель удовлетворяет условиям адекватности и способна отражать заданные свойства объекта с погрешностью δ_x не более 5 % при достоверности определения технологических свойств ПУ не менее 95 %.

Результаты верификации модели зависимости упругости ПУ-материалов от строения предполимера при величине мольного соотношения $[4,4'\text{-МДИ}] : [R(OH)_2] = 4:3$

Полиэфирдиол	$E_{ИЗГ} \pm 2$ МПа		$\delta_x = \Delta x / X_{meas} \cdot 100\%$
	расчет	эксперимент	
Лапрол 502	115,4	115	0,32
Лапрол 1062	82,3	83	0,9
ПЭ-ГС	78,9	80	1,42
Лапрол 1502	68,6	71	3,4
Лапрол 2102	58,4	59	0,99
Лапрол 2502	53,5	55	2,82
Лапрол 3502-2Б-20	45,0	44	2,11

Для оценки влияния избыточного количества изоцианатного компонента относительно концентрации предполимера соотношение C_{II} / C_{II} варьировали в интервале от 1:1 до 2:1. Представление экспериментальных данных в виде приращения модуля упругости $\Delta E_{ИЗГ}$ с ростом избытка массовой доли изоцианата $\Delta C_{II} = (C_{II} - C_{II}) \cdot C_{II}^{-1}$ (см. рисунок) позволяет получить логарифмический вид зависимости $\Delta E_{ИЗГ} = f(\Delta C_{II})$ для оценки дополнительного увеличения показателя упругости в интервале $\Delta C_{II} = 0,1 \dots 1,0$: $\Delta E_{ИЗГ} = b_u [2,3 + \ln(\Delta C_{II})]$ (б).

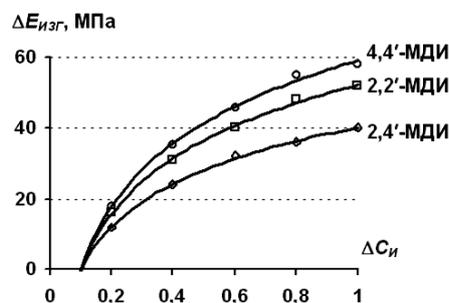


Рис. 1 Влияние избытка массовой доли изоцианата ΔC_{II} в разных стереоизомерных формах на величину приращения модуля упругости ПУ (предполимер – $[4,4'\text{-МДИ}] : [\text{Лапрол } 2502] = 3:2$)

Понижение жесткости ПУ при нарушении линейности строения молекулы МДИ связано с уменьшением плотности образования межцепных водородных связей в жестких сегментах материала. Специфику влияния избытка МДИ во взаимосвязи с особенностями строения предполимера отражают данные табл. 3. При этом вычленены возможности изменения размера олигоэфирных фрагментов предполимера за счет увеличения молекулярной массы полиэфирдиола $M_{R(OH)_2}$, а также путем варьирования мольного соотношения компонентов на стадии синтеза предполимера. Увеличение размера молекулы предполимера при сохранении одинакового значения массовой доли МДИ на стадии полимеризации предопределяет возрастание усредненной длины уретановых цепочек, разделяющих олигоэфирные фрагменты. Это повышает вероятность их взаимного расположения с образованием межцепных водородных связей, что и обуславливает более существенное приращение модуля упругости ПУ-материала.

Изменение модуля упругости ПУ-материала при варьировании избытка 4,4'-МДИ и строения используемого предполимера

Массовая доля $C_{II} : C_{PI}$	$E_{изг} \pm 1$ (МПа) для вариантов строения предполимера [4,4'-МДИ] : [R(OH) ₂]				
	Лапрол 2502			Лапрол 2102	Лапрол 3502-2Б-20
	2 : 1	3 : 2	4 : 3	3 : 2	3 : 2
1 : 1	79	62	55	67	51
1,1 : 1	81	63	57	69	53
1,2 : 1	92	80	75	83	72
1,4 : 1	106	97	96	100	93
1,6 : 1	114	108	107	109	106
1,8 : 1	119	117	115	116	114
2 : 1	123	120	122	121	121

Анализ данных табл. 3 позволил вычлнить в значении коэффициента b уравнения (6) величину мольного избытка изоцианата на стадии синтеза предполимера, а также значения молекулярной массы полиэфирдиола в составе молекулы предполимера:

$$\Delta E_2 = b_u \sqrt{M_{R(OH)_2}} / a_u [2,3 + \ln(\Delta C_{II})] \quad (7)$$

b_u – константа, определяющаяся стереоизомерным строением диизоцианата в полимерной композиции; с учетом данных рисунка $b_{u(44'МДИ)} = 0,768$; $b_{u(22'МДИ)} = 0,678$ и $b_{u(24'МДИ)} = 0,522$.

Таким образом, с учетом зависимостей (5) и (7), а также полиэкстремальных закономерностей влияния концентрации применяемого удлинителя цепи C_y и степени функциональности полиизоцианата F на свойства ПУ-материалов получен детализированный вид зависимости (3), отражающий влияние условий синтеза на величину модуля упругости полимера:

$$E_{изг} = 2081,6 \frac{a_u}{\sqrt{M_{R(OH)_2}}} + b_u \frac{\sqrt{M_{R(OH)_2}}}{a_u} [2,3 + \ln(\Delta C_{II})] - [c_1 C_y + c_2 C_y^2 - c_3 C_y^3] + [b_R - d_1 F + d_2 F^2 - d_3 F^3]$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилова, Н.Л. (2013) Проектирование функционально-эргономичных корсетных изделий. Саарбрюкен: Palmarium Academic Publishing. 162 с.
2. Корнилова, Н.Л. и др. (2009) Силовой анализ позвоночного столба человека для проектирования корсетных изделий ортопедического назначения // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. № 4. С. 80-83.
3. Корнилова, Н.Л., Комиссаров, И.И. (2013) Обоснование требуемого уровня упруго-деформационных свойств полимерно-волоконистых композитов для ортопедических корсетных изделий // Вестник Казанского технологического университета. Т. 16. № 14. С. 122-126.
4. Seymour, R.W., Estes, G.M., Cooper, S.L. (1970) Infrared studies of segmented polyurethane elastomers. Hydrogen bonding // Macromolekules. V. 3. N 5. P. 579–583.

REFERENCES

1. Kornilova, N.L. (2013) Design of functional and ergonomic corsetry. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing. 162 p.
2. Kornilova, N.L. et al. (2009) Power analysis of the spinal column for the design of orthopedic corsetry // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. N 4. P. 80–83.

3. Kornilova, N.L., Komissarov, I.I. (2013) Justification of the required level of elastic-deformation properties of polymer-fiber composites for orthopedic corsetry // *Westnik Kasanskogo technologicheskogo universiteta*. V. 16. N 14. P. 122-126.
4. Seymour, R.W., Estes, G.M., Cooper, S.L. (1970) Infrared studies of segmented polyurethane elastomers. Hydrogen bonding // *Macromolekules*. V. 3. N 5. P. 579–583.

УДК 677.027

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОТДЕЛКИ
ТКАНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАГРЕВА
В ПОЛЕ ТОКОВ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ**

**IMPROVEMENT OF FINISHING PROCESSES OF TEXTILES USING THE HEAT IN
THE HIGH FREQUENCY FIELD**

О.Г. Циркина
O.G. Tsirkina

**Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: ogtsirkina@mail.ru**

Проведены исследования процессов диффузии красителей и предконденсатов терморезактивных смол в целлюлозосодержащем материале в различных условиях тепловой обработки. Полученные результаты свидетельствуют об активирующем воздействии поля токов высокой частоты (ТВЧ) на кинетическую подвижность красителей и отделочных препаратов в волокне. Проведена оценка влияния ВЧ-поля на физико-механические характеристики текстильных волокон различной химической природы и проанализированы основные закономерности изменения прочностных свойств тканей в зависимости от продолжительности их обработки в поле ТВЧ. Проанализирована зависимость между глубиной и скоростью релаксационных процессов, протекающих в целлюлозном волокне при ВЧ-нагреве, и уровнем сегментальной подвижности макромолекул полимера. На основании полученных данных сделано предположение об изменениях надмолекулярной структуры волокнистых материалов под действием поля токов высокой частоты.

Ключевые слова: поле токов высокой частоты, нагрев, технологические процессы, отделка тканей, красители, отделочные препараты, физико-механические свойства

Researches of dyes' and finishing preparation's diffusion to cellulose material in various conditions of thermal treatment are conducted. The received results testify to the activating impact of high frequency field on kinetic mobility of dyes and finishing preparations in fiber. The influence of high frequency field on physical and mechanical characteristics of textile fibers of various chemical nature is carried out and the main regularities of fabrics strength properties during their processing in the high frequency field are analyzed. Dependence between depth and speed of the relaxation processes proceeding in cellulose fiber at heating and level of segmental mobility of macromolecules of polymer is analyzed. On the basis of the obtained data the assumption of changes of permolecular structure of fibrous materials under the influence of high frequency field is made

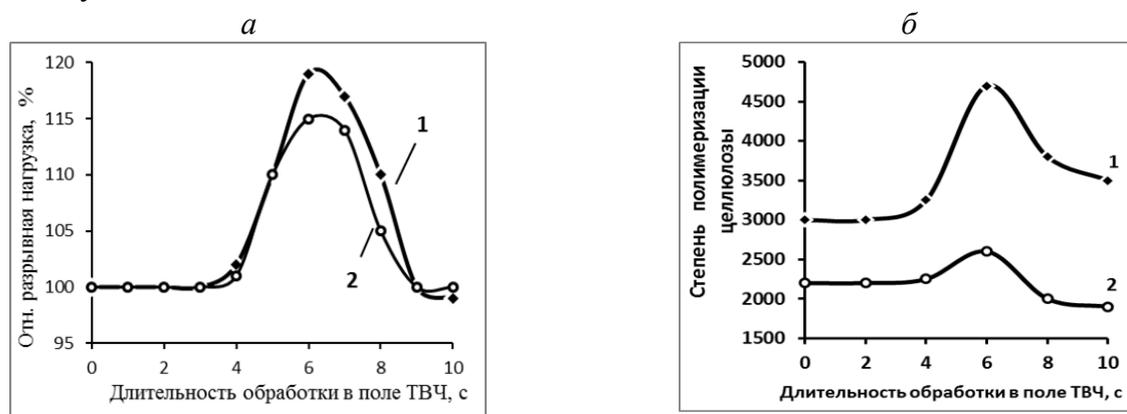
Keywords: high frequency field, heating processes, finishing fabrics, dyes, building products, physical and mechanical properties

Проведенные исследования и анализ литературных данных показывают, что под действием поля токов высокой частоты (ТВЧ) возрастает кинетическая подвижность ионов и молекул низкомолекулярных веществ, входящих в технологические составы, что ускоряет их диффузию в структуру волокна. Помимо этого, в результате воздействия поля ТВЧ в такт его частоте происходит колебание атомов или целых функциональных групп самого полимера. А в случае, когда полимер находится в пластифицированном или высокоэластическом

состоянии (целлюлоза при влажности 80-110%, синтетические волокна при температуре выше T_c) имеет место и сегментальная подвижность участков макромолекулярной цепи [1,2]. Совокупность указанных факторов приводит к уменьшению суммарной энергии межмолекулярных связей и к снижению энергии химических связей в макромолекулах полярных полимеров. Следствием этого является образование дополнительного числа активных центров, влияющих на скорость и полноту протекания химических реакций полимера с низкомолекулярными веществами. Сделанные предположения подтверждены проведенными расчетами скорости диффузии молекул красителей и отделочных препаратов в целлюлозу (10^{-9} см/с – для запаривания и 10^{-7} см/с – для ВЧ-обработки), которые показали увеличение указанного значения на два порядка. Расчет величины T_c для целлюлозных материалов в процессе их ВЧ-обработки доказал, что на начальном временном отрезке ВЧ-нагрева первые 4 с целлюлоза находится в пластифицированном состоянии, что значительно повышает ее реакционную способность. В дальнейшем при уменьшении влажности до 40% и ниже значение T_c целлюлозы возрастает, и она переходит в застеклованное состояние. Рассчитанные константы скорости реакции ($0,03$ с $^{-1}$ – для запарного способа и $0,60$ с $^{-1}$ – для ВЧ-обработки) свидетельствуют о двадцатикратном увеличении скорости химической реакции красителя с целлюлозой под действием ВЧ-поля. Таким образом, в результате воздействия энергии поля ТВЧ на систему «текстильный материал – технологическая композиция» повышается эффективность протекающих в ней физических, физико-химических и химических процессов, имеющих место на различных этапах отделки текстиля.

Систематизация и анализ полученных и литературных данных [4,5] также показали, что обработка текстильных материалов различной химической природы в поле ТВЧ ускоряет протекание релаксационных процессов в структуре волокна вследствие чего, улучшаются физико-механические свойства материала [6]. Поскольку под действием поля ТВЧ подвижность сегментов макромолекулярных цепей повышается, это способствует переводу структуры полимера в равновесное состояние и обуславливает изменение его прочностных свойств (рис.1а). Улучшение прочностных свойств целлюлозных материалов, прошедших ВЧ-обработку также доказывает рост значений степени полимеризации целлюлозы (рис.1б) [7,8].

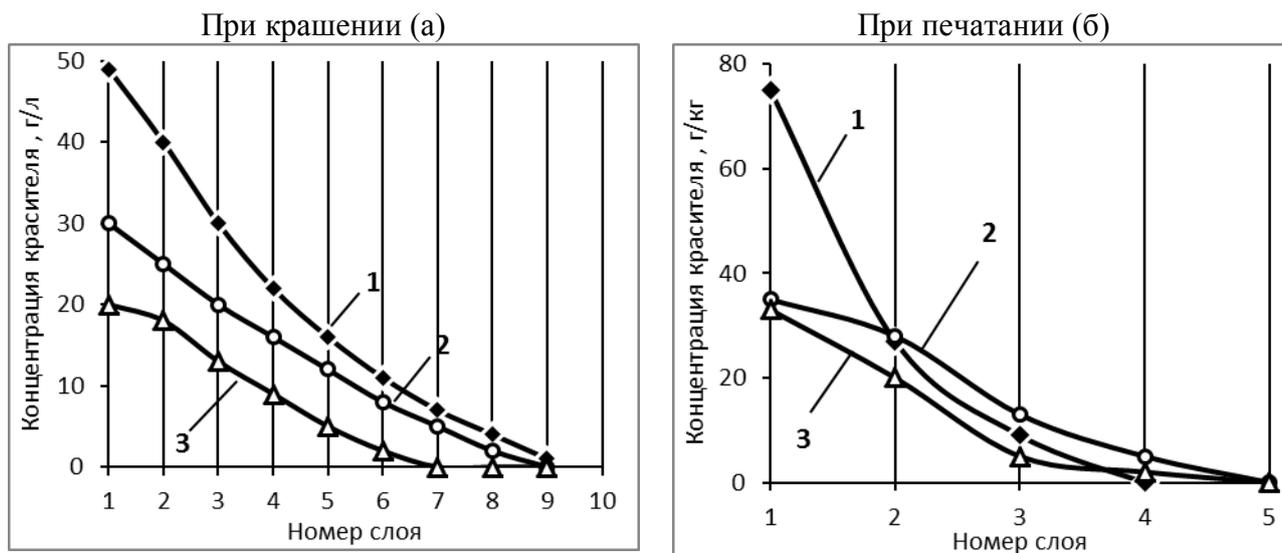
Аналогичным образом происходит увеличение разрывной нагрузки тканей из полиамидных и полиэфирных волокон после их обработке в поле ТВЧ. При обработке влажных полиамидных и полиэфирных тканей в поле ТВЧ в течение 4 с, зафиксировано повышение прочности образцов, в среднем, на 15 – 25%. Одновременно с возрастанием прочности волокна (в случаях, когда не производится его химическая модификация), происходит уменьшение показателя его удлинения.



1 – хлопчатобумажная ткань «бязь»; 2 – льняная ткань

Рис.1. Влияние энергии поля ТВЧ на физико-механические свойства целлюлозного волокна (а) и степень полимеризации целлюлозы

Изучены процессы диффузии активных красителей и отделочных препаратов в целлюлозосодержащий материал при моделировании процессов крашения, печатания и заключительной отделки в условиях различных тепловых обработок (рис.2).



Условия обработки: 1 - ВЧ-обработка; 2 – термообработка; 3 - запаривание
 Рис. 2 Распределение красителя активного ярко-красного СТ по слоям целлофановой мембраны

Выявлено, что под действием поля ТВЧ уровень сегментальной подвижности макромолекул целлюлозы оказывает значительное влияние на рост диффузионной проницаемости полимерного материала по отношению к красителям, а сами молекулы красителей приобретают большую диффузионную подвижность [9].

Сравнительная оценка показателей качества ткани, прошедшей заключительную отделку, представлена в табл.1. Установлено, что обработка в поле ТВЧ приводит к уменьшению количества поперечных сшивок и увеличению их длины. Это обуславливает возможность перераспределения нагрузки между отдельными структурными элементами волокна при разрыве и снижение потерь прочности тканей после прохождения малосминаемой отделки.

Таблица 1

Влияние условий тепловой обработки на показатели ткани, прошедшей малосминаемую отделку

ВЧ-обработка (7 с)				Традиционный способ			
Кол-во попер. сшивок	Длина попер. сшивки	Сумм. угол раскр., град	Снижение разрывн. нагрузки, %	Кол-во попер. сшивок	Длина попер. сшивки	Сумм. угол раскр., град	Снижение разрывн. нагрузки, %
4,27±0,16	2,55±0,15	212±5	30±3	4,51±0,16	2,02±0,15	210±5	33±3

Предложен способ получения ПВХ-покрытия или декорирования текстильного материала с использованием на этапе тепловой обработки ВЧ-нагрева, который заключается в последовательном проведении следующих операций: нанесение на поверхность ткани ПВХ-пластизоля ламинированием, трафаретной печатью или через сетчатые шаблоны; обработка ткани в поле токов высокой частоты в течение 16-20 с при частоте 40, 68 МГц. При этом одновременно происходят процессы сушки, вспенивания (при использовании пластизоловых красителей), отверждения и фиксации ПВХ-пластизоля на поверхности текстильного материала.

При использовании ТВЧ-нагрева были получены полимерно-тканевые композиции, превосходящие по своим качественным характеристикам материалы, полученные по традиционным технологиям: водоудерживающая способность полимерно-тканевых материалов увеличилась на 30 - 40%; устойчивость полимерного покрытия к истиранию возросла на 7 – 12%; мягкости грифа декорированного материала увеличилась на 10-15%.

На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований усовершенствованы технологические процессы отделки тканей, за счет подбора технических и технологических параметров их обработки в поле ТВЧ. Результатом проведенной работы также является сокращение расхода химических материалов при сохранении высоких показателей качества тканей, вследствие более полного протекания в ВЧ-поле процессов фиксации волокном красителя и аппрета. Пропорционально этому удается сократить количество промывных ванн и уменьшить расход воды, идущей на промывку полотна. За счет совмещения промежуточной сушки тепловой обработки в одну стадию также достигается сокращение производственного цикла и экономия производственных площадей, при этом время фиксации красителя, отделочного препарата и образование ПВХ-пленки на тканях сокращается со 120-180 с при традиционных способах отделки до 6 – 20 с при ВЧ-обработке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Княжевская, Г.С. (1989) Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов // Л.: Машиностроение. С.64
2. Тагер, А.А. (1968) Физикохимия полимеров // М.: Химия. С.536
3. Никифоров, А.Л. (2005) Механизм активирующего воздействия электромагнитных колебаний на систему волоконобразующий полимер – технологическая композиция/ А.Л. Никифоров, Б.Н. Мельников, О.Г. Циркина// Известия вузов. Технология текстильной промышленности. № 6. С.47-51.
4. Блиничева, И.Б. и др. (2005) Физика и химия волоконобразующих полимеров //Иваново: ИГХТУ. С. 376
5. Морыганов, А.П. и др. (2014) Растворы в химии и технологии модифицирования полимерных материалов: новое в теории и практике // Иваново: ОАО «Издательство «Иваново». С. 544.
6. Циркина, О.Г. (2013) Влияние энергии электромагнитных колебаний на физико-механические характеристики текстильных материалов / О.Г. Циркина, А.Л. Никифоров // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №2. С.85-90.
7. Шубина, Е.В. и др. (2003) Изучение особенности воздействия высокочастотного нагрева на процессы малосминаемой отделки целлюлозосодержащих тканей // Деп. в ВИНТИ. Москва. № 1387-В2003. С.21
8. Шубина, Е.В. (2003) Взаимосвязь диэлектрических характеристик и качественных показателей текстильных материалов при малосминаемой отделке в поле токов высокой частоты / Е.В. Шубина, А.Л. Никифоров, О.Г. Циркина // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №2. С. 55-57.
9. Новоселова, Е.П. (1999) Использование токов высокой частоты для фиксации активного красителя при печати хлопчатобумажных тканей / Е.П. Новоселова, А.Л. Никифоров, Е.Л. Владимирцева, Б.Н. Мельников// Известия вузов. Технология текстильной промышленности. № 3. С. 56-58.

REFERENCES

- 1.Kniajevskaya, G. S. (1989) High-frequency heating of dielectric materials // L.: Machingostroenie.S.64
2. Tager, A. A. (1968) Fizikokhimiya of polymers // M.: Chkimiya. S. 536.

3. Nikiforov, A. L. (2005) The mechanism of the activating impact of electromagnetic fluctuations on system voloknoobrazuyushchy polymer – technological composition / A. L. Nikiforov, B. N. Melnikov, O. G. Tsirkin // *Izvestiya vuzov. Technology of textile industry*. No. 6. P. 47-51.
4. Blinicheva, I. B. (2005) *Fizika i himiya voloknoobrazuyuchshih polimerov*//Ivanovo: IGCTU. S. 376
5. Moryiganov, A. P. (2014) Solutions in chemistry and technology of modifying of polymeric materials: new in the theory and practice // Ivanovo: OAO "Izdatelstvo "Ivanovo". S. 544
6. Tsirkina, O. G. (2013) Influence of energy of electromagnetic oscillations on the physicomachanical characteristics of textile materials / G. O. Tsirkina, A. L. Nikiforov // *Izvestiya vuzov. Technology of textile industry*. No. 2. Pp. 85-90.
7. Shubina, E. V. (2003) Studying of feature of impact of high-frequency processes of heating on the low-rumpled finishing the cellyuloze of fabrics // *Dep. v BINITI. Moskva*. No. 1387- - 2003. S. 21
8. Shubina, E. V. (2003) Interrelation of dielectric characteristics and qualitative indicators of textile materials at the low-rumpled finishing in the field of currents of high frequency / E. V. Shubina, A. L. Nikiforov, O. G. Tsirkina // *Izvestiya vuzov. Technology of textile industry*. No. 2. P.55-57.
9. Novoselova, E. P. (1999) Use of currents of high frequency for fixing of active dye at the press of cotton fabrics / E. P. Novoselova, A. L. Nikiforov, E. L. Vladimirtseva, B. N. Melnikov// *Izvestiya vuzov. Technology of textile industry*. No. 3. P. 56-58.

УДК 677.027.4

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ
ПРОЦЕССА КРАШЕНИЯ ШЕРСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ
НЕЛИНЕЙНОЙ ОБЪЕМНОЙ КАВИТАЦИИ**

**EXPERIMENTAL RESEARCH OF WAYS OF THE INTENSIFICATION OF PROCESS
OF DYEING OF THE WOOL WITH APPLICATION OF ELECTRO-BIT NONLINEAR
VOLUME CAVITATION**

О.Я. Семешко
O.Y. Semeshko

Херсонский национальный технический университет (Украина)
Kherson National Technical University (Ukraine)
E-mail: solgaya@gmail.com

В статье приведены результаты исследования интенсифицирующего влияния электроразрядной нелинейной объемной кавитации на процесс крашения шерстяного волокна кислотными красителями. Изучено воздействие электроразрядной обработки на воду, на раствор красителя и совместное воздействие на волокно, и раствор красителя. Эффективность процесса крашения оценивалась по сорбции красителя волокном и с помощью коэффициента отражения окрашенных образцов. Установлено, что крашение шерсти при одновременном воздействии электроразрядной обработки на волокно и раствор красителя позволяет получить более интенсивные окраски, чем при их индивидуальной обработке. Однако так как эта схема крашения является трудновоспроизводимой в производственных условиях, для дальнейшего исследования как наиболее перспективная была выбрана схема интенсификации процесса крашения посредством влияния электроразрядной нелинейной объемной кавитации на раствор красителя.

Ключевые слова: шерстяное волокно, растворы кислотных красителей, крашение шерсти, электроразрядная обработка, электроразрядная нелинейная объемная кавитация.

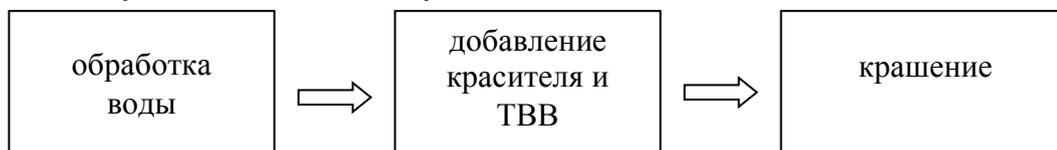
In the article results of research of intensifying influence electro-bit nonlinear volume cavitation on process of dyeing of a wool fiber by acid dyes are presented. Influence of electro-bit treatment on water, on a solution of dye and joint influence on a fiber and a dye solution are investigated. Efficiency of process of dyeing was estimated on sorption dye by a fiber and by means of a coefficient of reflection of colored samples. It is established, that wool dyeing at simultaneous influence of electro-bit treatment on a fiber and a dye solution allows receiving more intensive colorings, than at their individual treated. However, as this scheme is difficult to reproduce in a production conditions, for the further research as the most perspective has been chosen the scheme of an intensification of process of dyeing by means of influence electro-bit nonlinear volume cavitation on a dye solution.

Keywords: wool fiber, acid dye solutions, wool dyeing, electro-bit treatment, electro-bit nonlinear volume cavitation

Изучение эффектов электроразрядной обработки в текстильной промышленности, их осмысление с учетом современных достижений в развитии общей теории крашения способствовали формированию наших представлений о возможности использования электроразрядной обработки для управления межчастичным взаимодействием при крашении, инициированию превращений в заданный момент времени, а также изменению свойств раствора.

Для подтверждения предположения об интенсифицирующем влиянии электроразрядной обработки на процесс крашения шерсти на начальном этапе работы исследование проводилось по следующим направлениям:

1) исследование возможности использования электроразрядной нелинейной объемной кавитации (ЭРНОК) для интенсификации процесса крашения шерсти путем воздействия на воду. Крашение осуществлялось по следующей схеме:



В процессе крашения вода выступает в роли растворителя для красителей и ТВВ, т.е. в роли среды, в которой происходит процесс крашения, поэтому изменение ее свойств может значительно интенсифицировать процесс крашения. Так, известно, что применение воды, обработанной в магнитном поле, для крашения шерсти кислотными красителями позволяет увеличить поглощение красителей волокном, улучшить качество окраски и сохранить ценные потребительские свойства шерстяного волокна [1]. Это главным образом объясняется разупорядочением структуры воды.

Кавитация, как известно, также вызывает изменение свойств воды, потому представляло интерес исследовать влияние электроразрядной обработки воды на процесс крашения шерсти.

2) исследование возможности использования ЭРНОК для интенсификации процесса крашения шерсти путем воздействия на раствор красителя. Схема крашения представлена ниже:



На наш взгляд, при осуществлении второй схемы ЭРНОК будет оказывать влияние не только на воду как растворитель, но и на краситель и его гидратацию.

3) исследование возможности использования ЭРНОК для интенсификации процесса крашения шерсти путем совместного воздействия на волокно и раствор красителя. Крашение осуществлялось по следующей схеме:



При крашении по данной схеме ЭРНОК будет оказывать влияние на всю красильную систему: волокно, воду и растворенный в ней краситель.

Изменение свойств волокна под влиянием электроразрядной обработки на стадии его промывки было ранее изучено учеными Херсонского национального технического университета [2]. На основе микроскопических исследований установлено, что в результате электроразрядной обработки шерсти в течении 180 с при её промывке происходит модификация поверхности волокон, которая внешне выражается в сглаживании поверхности кутикулы. Результаты термогравиметрического анализа [3] показали, что волокна шерсти, очищенные по разработанной технологии, характеризуются высокими показателями гигроскопической влаги, что свидетельствует о высокой сорбционной способности мытой шерсти. При этом объем микропор и количество адсорбированной влаги образцов очищенной и исходной шерсти отличаются незначительно, то есть электроразрядная обработка не влияет на внутреннюю структуру, а ограничивается влиянием только на её поверхность. Также установлено что шерсть, очищенная с применением электроразрядной обработки, характеризуется высокими показателями белизны, что позволяет осуществлять крашение в светлые тона без предварительного беления.

При крашении по представленным схемам обработке подвергали отбеленную шерсть. Во всех случаях время электроразрядной обработки составляло 180 с, время крашения – 45 мин., температура крашения 100°C.

В настоящей работе использовали кислотные красители, характеризующиеся различным химическим строением и отличающиеся по молекулярной массе: кислотный красный 2С – азокраситель, кислотный ярко-синий антрахиноновый и кислотный зеленый, принадлежащий к трифенилметановым красителям.

Эффективность процесса крашения оценивалась по сорбции красителя волокном и с помощью коэффициента отражения окрашенных образцов с пересчетом на функцию Гуревича-Кубелки-Мунка (ГКМ). Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние электроразрядной обработки на сорбцию кислотных красителей шерстью

Краситель		Способ крашения			
		обработка воды	обработка раствора красителя	обработка волокна и раствора красителя	классический способ крашения
1		2	3	5	6
Кислотный красный 2С	Количество красителя на волокне, %	84,5	86,1	87,3	82
	Коэффициент отражения, R, %	4	4	3,5	5
	Значение функции ГКМ, K/S	11,52	11,52	13,3	9,02
Кислотный ярко-синий антрахиноновый	Количество красителя на волокне, %	87,8	90,7	92,3	84,7
	Коэффициент отражения, R, %	3	3	2,5	4
	Значение функции ГКМ, K/S	15,68	15,68	19,01	11,52
Кислотный зеленый	Количество красителя на волокне, %	88	91,7	92,9	86,4
	Коэффициент	5	5	4,5	6

	отражения, R, %				
	Значение функции ГKM, K/S	9,02	9,02	10,13	7,36

Как показывают данные табл. 1, применение электроразрядной обработки незначительно повышает сорбцию исследуемых кислотных красителей по данным схемам крашения в сравнении с классическим способом, о чем свидетельствует повышение их сорбции, уменьшение коэффициента отражения окрашенных образцов и увеличение значений функции ГKM. Незначительное повышение накрашивания шерсти на 4-6% можно объяснить тем, что крашение осуществлялось при температуре кипения красильного раствора, когда температурный фактор значительно влияет на диффузионные процессы. Мы предполагаем, что интенсифицирующее действие ЭРНОК в большей степени проявится при понижении температуры крашения.

Повышение интенсивности окраски, полученной при крашении обработанным раствором красителя и водой, на наш взгляд, можно объяснить тем, что вследствие электроразрядной обработки красильного раствора происходит изменение свойств воды [4, 5], что повышает диффузионную способность ионов красителя. Однако следует отметить, что электроразрядная обработка воды не столь эффективна как обработка раствора красителя. Предположительно ЭРНОК оказывает влияние не только на воду, но и на частицы красителя в растворе.

В случае совместной электроразрядной обработки волокна и раствора красителя накрашиваемость выше, чем при их индивидуальной обработке, что объясняется одновременным воздействием ЭРНОК как на структуру воды и волокна, так и на процессы массопереноса в красильной системе. Эти данные согласуются с ранее представленными результатами, полученными при крашении волокна, подвергнутого электроразрядной обработке на стадии промывки [6].

Анализ результатов (табл. 1) показывает, что крашение шерсти при одновременном воздействии ЭРНОК на волокно и раствор красителя позволяет получить более интенсивные окраски, чем при их индивидуальной обработке. Однако эта схема крашения является трудновоспроизводимой в производственных условиях из-за ограниченной доступности массы волокна воздействию ЭРНОК вследствие высокой плотности волокна в красильном аппарате. Использование схемы крашения с электроразрядной обработкой волокна затруднено вследствие того, что не все предприятия могут получать мытую шерсть такого качества. Потому для дальнейшего исследования как наиболее перспективная была выбрана схема интенсификации процесса крашения посредством влияния ЭРНОК на раствор красителя. Таким образом, в результате проведенных исследований показана особенность использования ЭРНОК в отделочном производстве. Найдены пути практической реализации основной научной гипотезы относительно интенсифицирующего воздействия электроразрядной обработки на процесс крашения шерстяного волокна кислотными красителями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Донских, Г.Н., Меерсон, С.И., Новорадовская, Т.С., Корчагин, М.В. (1985) Влияние электромагнитной обработки воды и водных растворов электролитов на их микроструктуру и термодинамику крашения шерсти кислотными красителями // Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности. №7. С. 60-63.
2. Ермолаева, А.В., Сарибекова, Ю.Г., Мясников, С.А. (2008) Обоснование выбора двухстадийной технологии обработки шерсти на основе метода электроразрядной нелинейной объемной кавитации и оптимизация ее параметров // Вісник Хмельницького національного університету. №1. С. 111-114.

3. Сарібєкова, Ю.Г., Єрмолаєва, А.В., Мясников, С.А., Злотенко, Б.М., Матвієнко, О.А. (2008) Дослідження порової структури вовни, підготовленої за допомогою методу електророзрядної нелінійної об'ємної кавітації // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. №6. С. 63-66.
4. Юткин, Л.А. (1986) Электродгидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение. 253 с.
5. Витенько, Т.Н., Гумницький, Я.М. (2007) Механизм активирующего действия гидродинамической кавитации на воду // Химия и технология воды. Т. 29, №5. С. 422-432.
6. Сарібєкова, Ю.Г. (2008) Влияние процесса первичной подготовки шерсти на сорбцию кислотного красителя при крашении волокна в светлые тона // Восточно-европейский журнал передовых технологий. № 4/6(34). С. 8-11.

REFERENCES

1. Donskih, G.N., Meerson, S.I., Novoradovskaya, T.S., Korchagin, M.V. (1985) Vliyanie elektromagnitnoy obrabotki vody i vodnykh rastvorov elektrolitov na ih mikro-strukturu i termodinamiku krasheniya shersti kislotnymi krasitelyami // Izvestiya VUZov. Tehnologiya tekstilnoy promyshlennosti. №7. S. 60-63.
2. Ermolaeva, A.V., Saribekova, Yu.G., Myasnikov, S.A. (2008) Obosnovanie vyibora dvuhstadiynoy tehnologii obrabotki shersti na osnove metoda elektrorazryadnoy nelineynoy ob'emnoy kavitatsii i optimizatsiya ee parametrov // Visnik Hmel'nitskogo natsionalnogo universitetu. №1. S. 111-114.
3. Saribekova, Yu.G., Ermolaeva, A.V., Myasnikov, S.A., Zlotenko, B.M., Matvienko, O.A. (2008) Doslidzhennya porovoyi strukturi vovni, pidgotovlenoyi za dopomogoyu metodu elektrorazryadnoyi nelineynoyi ob'emnoyi kavitatsiyi // Visnik Kiyivskogo natsionalnogo universitetu tehnologiy ta dizaynu. №6. S. 63-66.
4. Yutkin, L.A. (1986) Elektrodgdravlicheskiy effekt i ego primenenie v pro-myishlennosti. L.: Mashinostroenie. 253 s.
5. Vitenko, T.N., Gumnitskiy, Ya.M. (2007) Mehanizm aktiviruyuscheho deystviya gidrodinamicheskoy kavitatsii na vodu // Himiya i tehnologiya vody. Т. 29, №5. S. 422-432.
6. Saribekova, Yu.G. (2008) Vliyanie protsessa pervichnoy podgotovki shersti na sorbtsiyu kislotnogo krasitelya pri krashenii volokna v svetlyie tona // Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovyih tehnologiy. №4/6(34). S. 8-11.

УДК 677.042.72:577.15

РОЛЬ ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА

ROLE HEMICELLULOSES AT THE INTENSIFICATIONS OF ADSORPTION ACTIVITY OF LINEN FIBRE

П.Ю. Курзанова
P.Y. Kurzanova

**Ивановский государственный химико-технологический университет
Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (Иваново)**

**Ivanovo State University of Chemistry and Technology
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of RAS (Ivanovo)**

E-mail: svetlana19750710@gmail.com

Проведена сравнительная оценка сорбционных свойств льняного волокна в нативном состоянии и после его ферментативной обработки препаратом ксиланазного действия. Анализ адсорбционной активности волокнистых материалов осуществлен с использованием традиционного маркера, рекомендованного для анализа свойств сорбентов, – катионного красителя метиленового голубого. Экспериментально установлено, что снижение массовой доли гемицеллюлозных примесей в структуре биомодифицированных образцов льняного волокна способствует повышению адсорбционной емкости материала в отношении метиленового голубого.

Ключевые слова: льняное волокно, ферментативный катализ, ксиланаза, адсорбция, метиленовый голубой

The comparative estimation of adsorption properties of native linen fibre and linen fibre after enzyme treatment by preparation of xylanase actions was carried out. The traditional marker recommended for the analysis of sorbent properties was cation dye methene blue which was used for analysis adsorption activity of fibrous materials. It is experimentally established, that decrease of hemicellulose masses in structure of the biomodified linen fibre samples promotes to increase adsorption size of material to the methene blue.

Keywords: linen fabric, enzymatic catalysis, xylanase, adsorption, methylene blue

Научный поиск в направлении создания высокоэффективных и экономически привлекательных сорбентов на основе природного растительного сырья до настоящего времени остается весьма актуальной задачей. В качестве потенциального сырья для производства сорбентов рекомендуется использовать измельченный папоротник и топинамбур, шелуху чечевицы и пшеницы, горчицы и риса, косточки абрикоса и опилки ореховой скорлупы, волокна агавы американской и кокосового ореха, измельченные косточки оливок и скорлупки каштанов, лузгу подсолнечника, отходы сахарного тростника и фруктов и другие растительные материалы. При этом биополимерные материалы однолетних растений в сравнении с древесной целлюлозой характеризуются большей аморфностью в связи с губчатой структурой растительных тканей и высоким содержанием гемицеллюлоз, обладающих разветвленной структурой макромолекулы [1,2]. Например, удельная поверхность сорбентов из соломы пшеницы, составляет 10 м²/г [3]. Широкими перспективами в области создания высокоэффективных сорбентов обладают отходы льняного волокна. Однако имеющиеся в литературе сведения отражают лишь уровень достигаемых сорбционных характеристик конкретных видов природных материалов без анализа взаимосвязи с их химической природой. Между тем, характеризуя комплексное льняное волокно, которое представляет собой многокомпонентную гетерополимерную систему, содержащую нейтральные полиуглеводы, полиурониды, соединения белковой природы и др., следует отметить, что именно химический состав волокнистой системы предопределяет ее качественные характеристики [1, 4], включая сорбционные свойства.

В этой связи цель настоящих исследований заключалась в проведении сравнительного анализа сорбционной способности биомодифицированного льняного волокна при дозированном извлечении гемицеллюлозных примесей. Данная работа является одним из этапов комплексного научного поиска по выявлению ключевых полимерных компонентов льноволокна, способствующих улучшению его сорбционных характеристик.

Для проведения исследований в качестве исходного волокнистого сырья использована суровая ровница чесального льна №16. Биохимическая модификация образцов для селективного извлечения гемицеллюлозных соединений осуществлена с использованием ферментного препарата Ксиланаза, предоставленного предприятием ЗАО «Энзим» (г. Ладыжин, Винницкой обл., Украина), по методу [5] Ксиланазная активность в растворе, оцениваемая по методу [6], составила 546 ед./мл при отсутствии каталитической способности к деструкции целлюлозы. Целлюлазная активность препарата составила 0,1 ед./мл, что является ниже уровня точности определения показателя. Условия ферментативной обработки образцов льняной ровницы реализованы в соответствии с рекомендациями [7,8].

Анализ сорбционных свойств сурового и биомодифицированного льноволокна осуществлен по величине его адсорбционной активности в отношении метиленового голубого (А^{МГ}, мг/г) в соответствии с рекомендациями [9]. Специфика воздействия маркера обусловлена

тем, что размеры молекулы метиленового голубого достаточно велики ($1,97 \text{ нм}^2$) и их диффузия в микропоры (диаметром до 2 нм) затруднительна. Как следствие, по величине адсорбции метиленового голубого можно судить об изменениях, произошедших в мезо- (2–50 нм) и макропорах (>50 нм) сорбента.

Результаты исследований представлены в таблице. Сравнительный анализ показателя остаточного содержания гемицеллюлозных примесей в льняном волокне после проведения биомодификации ксиланазным препаратом позволил установить, что повышение степени извлечения данной полимерной компоненты при практически постоянном уровне содержания других составляющих волокна способствует существенному росту величины адсорбционной активности материала в отношении метиленового голубого. В частности, снижение массовой доли гемицеллюлоз в волокне в 1,5...3,2 раза способствует повышению показателя $A^{\text{МГ}}$ соответственно 1,8...2,7 раза. Темп прироста показателя сорбции в этом случае составляет 5,25 мг/масс. %.

Таблица 1

Характеристика льняной ровницы в суровом виде и после ее биомодификации

Волокно	Содержание основных полимерных компонентов, масс. %				$A^{\text{МГ}}$, мг/г
	гемицеллюлозы	пектин	лигнин	целлюлоза	
суровое	13,3	3,2	6,7	71,7	28,1
биомодифицированное	9,2	3,0	6,7	71,7	51,3
	8,4	3,2	6,7	71,7	58,9
	7,7	3,2	6,5	71,8	56,4
	6,8	3,1	6,6	71,7	65,1
	6,2	3,2	6,6	72,0	69,2
	6,0	3,1	6,6	71,8	68,5
	4,1	3,1	6,6	72,0	76,4

По-видимому, предварительная обработка волокна ферментами ксиланазного действия позволяет интенсифицировать процессы деструкции гемицеллюлоз в структуре связующих веществ лубяных пучков и получить материал с более развитой пористой структурой. В частности, увеличение сорбционной активности убедительно доказывает, что в этом случае обеспечивается формирование мезопор размером 2-50 нм и микропор, необходимых для транспорта метиленового голубого к адсорбционным центрам сорбента.

Таким образом, результаты исследований наглядно свидетельствуют о наличии взаимосвязи между сорбционными свойствами льняных материалов и их полимерным составом. При этом дальнейшее развитие исследований в направлении дифференциации вклада отдельных компонентов анализируемой биополимерной системы на его адсорбционную активность, позволят выявить определяющие факторы в регулировании сорбционных характеристик материала, которые могли бы послужить ключом к совершенствованию технологических процессов получения нанопористых волокнистых структур с уникально высокой сорбционной емкостью, сопоставимой с уровнем для синтетических сорбентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований №15-43-03075цпр, под руководством д.т.н. проф. Кокшарова С.А.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алеева, С.В. (2013) Влияние содержания лигнина и гемицеллюлоз на жесткость льняных тканых полотен // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. №5. С. 129-131.

2. Кудряшова, Т.А. Кудряшов, А.Ю., Кокшаров, С.А., Алеева, С.В. (2008) Влияние условий выращивания льна-долгунца сорта «Алексим» и первичной обработки льнотресты на свойства трепаного волокна // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №2. С. 31-34.
3. Ставицкая, С.С., Миронюк, Т.И., Картель, Н.Т., Стрелко, В.В. (2001) Сорбционные свойства «пищевых волокон» во вторичных продуктах переработки растительного сырья // Журнал прикладной химии. Т. 74. №4. С. 575–578.
4. Алеева, С.В. Кокшаров, С.А. (2011) Дифференцированная оценка влияния примесей льняного волокна на свойства пряжи // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №1. С.66-70.
5. Алеева, С.В., Кокшаров, С.А. (2008) Оценка качества подготовки льняного волокна к прядению с использованием единичных показателей пряжи // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №4. С. 9-12.
6. Кокшаров, С. А., Алеева, С.В. (2004) Метрологический контроль качества ферментных препаратов на текстильном предприятии: учеб. пособие. - Иваново: ИГТА. 48 с.
7. Лепилова, О.В., Алеева, С.В., Кокшаров, С.А. (2009) Новые возможности использования ферментативного катализа при подготовке и белении льняных тканей // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. №3. С. 51-53.
8. Алеева, С. В. (2006) Мацерация технического льняного волокна и комплексный показатель качества подготовки льняной ровницы к прядению // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №5. С. 26-29.
9. Гиндулин, И.К., Юрьев, Ю.Л. (2011) Технический анализ нанопористых материалов: метод. указания. – Екатеринбург: УГЛТУ. 17 с.

REFERENCES

1. Aleeva, S.V. (2013) Influence content of lignin and hemicellulose on the stiffness of linen fabric // *Izv. Vys. Uchebn. Zaved. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. №5. P. 129-131.
2. Kudryshova, T.A. Kudryshov, A.Y., Koksharov, S.A., Aleeva, S.V. (2008) Influence of conditions of flax-dolguntza cultivation of a kind «Alexim» and of preprocessing of treated plant linen fibres on the properties of fibres after scutch // *Izv. Vys. Uchebn. Zaved. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. №2. P. 31-34.
3. Stavitskaya, S.S., Myronyuk, T.I., Cartel, N.T., Strelco, V.V. (2001) Sorption properties of "dietary fiber" in secondary processed products of vegetable raw materials // *Journal of Applied Chemistry*. V. 74. №4. P. 575–578.
4. Aleeva, S.V. Koksharov, S.A. (2011) The differentiated estimation of influence of impurity in the linen fibre to yarn properties // *Izv. Vys. Uchebn. Zaved. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. №1. P.66-70.
5. Aleeva, S.V. Koksharov, S.A. (2008) Estimation of quality of linen fibre prepared to spinning with use of individual yarn rates // *Izv. Vys. Uchebn. Zaved., Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. №4. P. 9-12.
6. Koksharov, S.A., Aleeva, S.V. (2004) Metrological quality control of enzyme preparations in the textile enterprises. – Ivanovo: IGTA. 48 p.
7. Lepilova, O.V., Aleeva, S.V., Koksharov, S.A. (2009) New Possibilities of Use of Enzyme Catalysis for the Preparation and Bleaching of Linens // *Izv. Vys. Uchebn. Zaved, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. N 3. P. 51-53.
8. Aleeva, S.V. (2006) Maceration of technical linen fibre and a complex rate of preparation quality of linen rove to spinning // *Izv. Vys. Uchebn. Zaved., Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. №5. P. 26-29.
9. Gindulin, I.K., Yuriev, Y.L. (2011) New Possibilities of Use of Enzyme Catalysis for the Preparation and Bleaching of Linens – Ekaterinburg: UGLTU. 17 p.

**ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕКТИНА ЛОПУХА
НА ЕГО ХЕМОСОРБЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ**

**INFLUENCE OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE BURDOCK PECTIN
TO IT ABILITY TO FORMATION OF COMPLEXES**

О.В. Лепилова¹, Г.В. Чистякова¹, С.А. Кокшаров^{1,2}
O.V. Lepilova¹, G.V. Chistiukova¹, S.A. Koksharov^{1,2}

**Институт химии растворов им. Г.А. Крестова РАН (Иваново)
Ивановский государственный политехнический университет
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the RAS (Ivanovo)
Ivanovo State Politechnical University
E-mail: lov@isc-ras.ru**

В исследовании проведены количественная оценка содержания пектина в надземной массе зелени лопуха большого *Arctium lappa L.* и изучение его физико-химических свойств для обоснования возможности применения полисахарида для получения биосорбентов. Установлено, что в данном виде сырья содержится высокое количество пектина и составляет 18,51 масс. %. Выявлено, что пектин лопуха является низкометоксилированным. Предположено, что установленное наличие в его составе большого содержания звеньев со свободными карбоксильными группами может обуславливать высокие комплексообразующие свойства по отношению к ионам меди. Показано, что данный вид пектина характеризуется более высокой величиной кинематической вязкости в сравнении со значением, полученным для традиционного апельсинового полисахарида. Высокое значение показателя кинематической вязкости предложено связать с высоким содержанием в пектине лопуха звеньев в Са-пектинатной форме, которые составляет 28,37 %, что 1,58 раза выше по сравнению с результатами, полученными для апельсинового пектина, и с большей величиной относительной молекулярной массы в 1,2 раза.

Ключевые слова: пектин лопуха *arctium lappa l.*, степень метоксилирования, реологические свойства, относительная молекулярная масса, комплексообразующая способность

In research the quantitative estimation of the pectin containing in the burdock big *Arctium lappa L.* grass and studying of its physical and chemical properties are make for basis of possibility for polysaccharide application in the medical purposes. It is established, that the high quantity of pectin contains in the this raw kind and make up 18,51 mass. %. It is revealed, that the burdock pectin is low methoxylation. It is assumed, that the established presence in its structure much of links with free carboxyl groups can cause the high ion-exchanging properties. It is shown, that this pectin kind is characterised by higher size of kinematic viscosity in comparison with the value received for traditional orange polysaccharide. The high value of kinematic viscosity is offered to connect with the high containing in burdock pectin of Ca-pektinatic form links which are make up 28,37 %, that 1,58 times high in comparison with the results received for orange pectin, and with large value of relative molecular weight in 1,2 times.

Keywords: burdock *arctium lappa l.* Pectin, degree of methoxylation, rheological properties, relative molecular mass, ability to formation of complexes

Пектин является перспективным, экологически чистым продуктом. Пектиновые вещества характеризуются проявлением комплекса ценных свойств, в том числе сорбционной активности, в частности по отношению к ионам тяжелых металлов. Данная группа полисахаридов присутствует практически во всех растениях. Для рационального использования пектина необходимо всестороннее изучение его физико-химических свойств при экстрагировании из нетрадиционного растительного сырья. Для выделения продукта могут быть использованы широко применяемые в фитотерапии лекарственные травы, в частности, лопух большой *Arctium lappa L.*, являющийся наиболее распространенным растением в северных областях на территории РФ. Данный вид сырья содержит в своем составе биологически активные вещества, в том числе и пектин.

Цель данной работы состояла в количественном определении содержания пектиновых веществ в лопухе и оценке его хемосорбционной способности при изучении физико-химических свойств.

Для исследования использовалась надземная масса зелени лопуха большого *Arctium lappa* L. Биомасса высушивалась при комнатной температуре и измельчалась до размера частиц твердой фазы 0,3-0,5 см. Количество пектина в лопухе оценивалось кальций-пектатным методом. Выделение пектина из сырья для использования в дальнейших этапах исследования проведено в среде 1%-ного цитрата аммония при 80°C в течение 2 ч с последующим его осаждением этанолом и сушкой при комнатной температуре. Оценка физико-химических свойств пектина лопуха (ПЛ) проведена в соответствии со стандартными методиками: содержание форм карбоксильных групп методом ИК-спектроскопии [1], степень этерификации [2], кинематическая вязкость, молекулярная масса [3], комплексообразующая способность. В качестве образца сравнения использован цитрусовый пектин (ПЦ), выделенный аналогичным образом из апельсиновой цедры, являющейся традиционным видом сырья для получения пектина.

На рис.1 представлены результаты оценки содержания пектина (C_n) в цедре апельсина и в лопухе. Нетрудно видеть, что трава лопуха содержит 18,51 масс. % ценного продукта, что в 2 раза выше по сравнению с количественным показателем для традиционного вида сырья. Полученные данные могут свидетельствовать о том, что используемый нетрадиционный вид сырья может быть использован в качестве источника для выделения пектина.

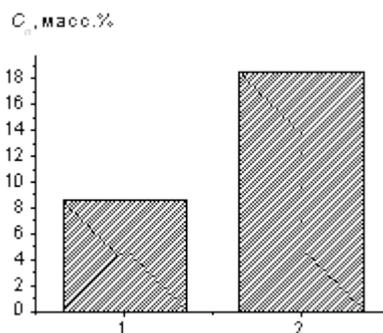


Рис. 1 Содержание пектина в цедре апельсина (1) и лопухе (2)

В работе оценены реологические свойства полисахарида по показателю кинематической вязкости его гидрогелей разной концентрации. В ходе проведенных исследований установлено, что в водных растворах цитрусового и лопухового пектинов при переходе от низкой концентрации (0,2%) к более высокой (1 %) их вязкость возрастает в 3,36 и 3,73 раза соответственно. При этом лучшими реологическими свойствами обладает пектин лопуха. Представленные в табл. 1 результаты свидетельствуют, что величина кинематической вязкости 1%-ных гидрогелей ПЛ в 1,32 раза выше по сравнению с соответствующим показателем ПЦ. По-видимому, это связано с высоким содержанием в структуре ПЛ многовалентных катионов, в частности, ионов кальция, которые обеспечивают сшивку макромолекул так называемыми «кальциевыми мостиками». Выявлено, что для ПЛ содержание звеньев в кальций-пектатной форме в 1,58 раза выше по сравнению с аналогичным показателем для ПЦ. Высокие реологические свойства гидрогелей ПЛ обусловлены также большей относительной молекулярной массой полиуронидов. Величина M , рассчитанная по уравнению Марка-Хувинка-Куна, для лопухового пектина в 1,2 раза выше по сравнению с численным значением, полученным для цитрусового пектина.

Таблица 1

Физико-химические характеристики цитрусового и лопухового пектинов

Сырье	Содержание звеньев в пектине, %	СЭ, %	Э	$\eta_{\text{кин}}^0$, мм ² /с	M
-------	---------------------------------	-------	---	--	-----

	ГК-Н, %	ГК-СН ₃ , %	ГК- Ca, %				
цедра апельсина	35,72	46,32	17,95	56,45	422	6,05	17000
лопух	38,36	33,27	28,37	46,45	340	7,28	20300

Основным показателем качества пектина является степень его этерификации (СЭ). Установлено, что в отличие от высокометоксилированного цитрусового пектина полисахарид лопуха имеет в своем составе большее содержание звеньев со свободными карбоксильными группами (ГК-Н) и является низкометоксилированным (менее 50%). Выявленный факт привлекателен в свете рекомендации к использованию пектина лопуха для получения сорбентов на растительной основе. В частности, значительное количество звеньев ГК-Н обуславливает довольно высокие ионообменные свойства, что подтверждено результатами оценки комплексообразующей способности отдельных структурных компонентов пектина по отношению к ионам меди ($C_{Cu^{2+} \text{исх.}} = 0,117 \text{ г/100 мл}$) при pH 3,8. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние изменения состояния карбоксильных групп полиуронидов на комплексообразующую способность препаратов при pH 3,8

Образец	КС, мг/г пектина			
	исходный пектин ГК-Са ГК-СН ₃ ГК-Н	пектинат кальция ГК-Са ГК-СН ₃	пектовая кислота ГК-Н	пектат кальция ГК-Са
25 °С				
ПЦ	261	-	251	-
ПЛ	281	-	270	-
35 °С				
ПЦ	362	161	804	-
ПЛ	389	155	863	-
45 °С				
ПЦ	402	207	905	60
ПЛ	432	170	971	98

Как видно из представленных данных, комплексообразующая способность полисахарида изменяется в зависимости от состояния мономерных звеньев в главной цепочке макромолекулы пектина. Основной вклад в величину показателя КС полисахарида вносит пектовая кислота, что характерно как для ПЦ, так и для ПЛ. Выявлено, что при комнатной температуре пектинат и пектат кальция не проявляют металлосвязывающей способности. Повышение температуры способствует дополнительному увеличению показателя КС, что может быть объяснено частичным гидролизом замещенных форм карбоксильных группировок. Вместе с тем для анализируемых препаратов зафиксировано снижение вязкости гидрогелей в 1,6 раза, что свидетельствует о частичной деструкции α -1,4-глюкозидных связей и образовании дополнительных концевых альдегидных групп.

Таким образом, на основании совокупности полученных экспериментальных данных можно констатировать, что выделенный из лопуха пектин по своим физико-химическим свойствам обладает более высокой комплексообразующей способностью в сравнении с цитрусовым образцом. Выявленный факт позволяет рассматривать пектин лопуха как привлекательный материал для получения высокоэффективных сорбентов на основе природного сырья и их использования в процессах извлечения ионов тяжелых металлов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ № 15-43-03075.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алеева, С.В., Чистякова, Г.В., Кокшаров, С.А. (2009) Спектроскопический метод определения степени метоксилирования полиуронидных соединений льняного волокна // Изв. вузов. Химия и хим. технология. Т.52. № 10. – С. 119-122.
2. Караколев, Г., Огнянов, И., Маринов, М. (1956) Пектиновые вещества: Химия, производство, применение. – София.: Наука и искусство. 1956. С. 27-29.
3. Донченко, Л.В. (2000) Технология пектина и пектинопродуктов. / Учебное пособие. – М.: ДеЛи. 2000. 256 с.

REFERENCES

1. Aleeva, S.V., Chistiukova, G.V., Koksharov, S.A. (2009) Spectroscopic method of definition of degree metoxyliation of polyuronid compounds of linen fibre. // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.. V.52. № 10. P. 119-122.
2. Karakolev, G., Ognynov, I., Marinov, M. (1956) Pectin compounds: Chemistry, production, application. Sofiy.: Nauka i iskusstvo. 1956. P. 27-29.
3. Donchenko, L.V. (2000) Pectin technology and products from pectin. / Uchebnoe posobie. – М.: DeLi. 2000. 256 p.

УДК 677.042.72:577.15

ВЛИЯНИЕ ПЕКТОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ПРОЯВЛЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА

INFLUENCE OF PECTINASES TO DISPLAY ADSORPTION PROPERTIES OF LINEN FIBRE

П.Н. Галкина
P.N. Galkina

**Ивановский государственный политехнический университет
Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук (Иваново)
Ivanovo State Polytechnical University
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of RAS (Ivanovo)
E-mail: ksa@isc-ras.ru**

В сопоставимых условиях ферментативной обработки льняного волокна пектиназами проведена оценка интенсификации сорбционных свойств волокнистого материала по результатам изменения долевого содержания в нем пектиновых примесей. В качестве сорбата использован метиленовый голубой, применение которого является одним из способов количественного определения площади удельной поверхности волокна и оценки пространственной его доступности для химических реагентов. На примере биомодифицированного льняного волокна изучено влияние природы и содержания пектиновых веществ в структуре лубяного пучка на его сорбционные свойства.

Ключевые слова: льняное волокно, ферментативный катализ, пектиназа, адсорбция, метиленовый голубой

The enzyme treatment of linen fibre was made in comparable conditions by pectinases. The estimation of intensification in adsorption properties of fibrous material was carried out rather results of change of pectin contain in linen fibre. The sorbet was methene blue the application of it is one of ways for quantitative definition of specific surface square in fibre and for estimation of its spatial availability to chemical reagents. The influence of pectin nature and it contain in structure of bast bunch to it adsorption properties is studied in model of biomodified linen fibre.

Keywords: linen fabric, enzymatic catalysis, pectinase, adsorption, methylene blue

Изучение свойств полисахаридных комплексов льняного волокна, обладающих высокой реакционной активностью [1-3], во взаимосвязи с его полимерным составом является весьма перспективным направлением поиска эффективных рычагов управления сорбционной способностью материала с целью создания нанопористых сорбентов на основе природных растительных композиций. Эффективным вариантом воздействия на поглотительную способность льняных текстильных материалов является применение ферментативного катализа, обеспечивающего селективное воздействие на гетерополимерную волокнистую систему [4,5].

В настоящих исследованиях в сопоставимых условиях ферментативной обработки льняного волокна пектиназами проведена оценка интенсификации сорбционных свойств волокнистого материала по результатам изменения долевого содержания в нем пектиновых примесей.

В работе использовали суровую ровницу чесального льна №16 из ассортимента сырьевой базы ОАО «Вологодский текстиль». Для извлечения пектиновых веществ, не затрагивая гемицеллюлозы и лигнин, образцы волокна подвергали ферментативной обработке пектиназным препаратом, предоставленным биохимическим предприятием ЗАО «Энзим» (г. Ладыжин, Винницкой обл., Украина). Используемый биопрепарат представляет собой водорастворимый порошок мелкой фракции светло-коричневого цвета со следующими физико-химическими свойствами: - содержание белка $2,25 \pm 0,75$ г/л, водородный показатель pH 6,5; - температура замерзания $-5 \pm 1,0^\circ\text{C}$; - условия хранения: при температуре $25 \pm 5^\circ\text{C}$ в течение 2 недель, при $0 \dots +5^\circ\text{C}$ - 30 суток (возможно длительное или многократное замораживание с потерей активности ферментов на 10...30 %).

Активность пектолитического препарата, содержащего компоненты пектиназного МЭК, оценивали по отношению к 1%-ному раствору модельных субстратов в соответствии с рекомендациями [6] следующими методами: - пектинэстеразную активность (ПЭ, ед./мл) - по количеству освобожденных карбоксильных групп на основании измерения скорости гидролиза сложно-эфирных связей в макромолекуле высокометоксилированного яблочного пектина; после односторонней ферментации субстрата проводили потенциометрическое титрование 0,1N раствором NaOH; - активность эндополигалактуроназы (эндоПГ, ед./мл) - по снижению вязкости тестового раствора полигалактуроновой кислоты в ходе ферментации; замеры вязкости реакционной смеси осуществляли на термостатируемом при $30,0 \pm 0,1^\circ\text{C}$ вискозиметре ВПЖ-2 с диаметром капилляра 0,8 мм; - активность экзогенных ферментов (экзоПГ, ед./мл) - по увеличению числа концевых альдегидных групп при ферментативной деструкции полигалактуроновой кислоты с использованием метода обратного титрования раствором тиосульфата натрия. Расход препаратов в сухой выпускной форме составил следующим рекомендуемым уровням активности ферментов в технологическом растворе (ед./мл): ПЭ=135; эндоПГ=426; экзоПГ=270. Варьирование количества извлекаемых примесей обеспечивали регулированием длительности воздействия реагентов в интервале 60...240 мин.

Содержание полимерных компонентов в льняном волокне определяли путем их последовательной экстракции из волокнистого материала в соответствии с методиками [7-9].

В качестве сорбата использован метиленовый голубой, применение которого является одним из способов количественного определения площади удельной поверхности волокна и оценки пространственной его доступности для химических реагентов. Сорбцию проводили из водного раствора при pH 6,4 при комнатной температуре. Определение сорбционной ёмкости по метиленовому синему (A^{M1} , мг/г) осуществляли на спектрофотометре ЮНИКО 2100 при длине волны 665 нм в кюветах с толщиной поглощающего свет слоя 10 мм. Определение удельной поверхности сурового и биомодифицированного льняного волокна осуществляли по ГОСТу 13144-79.

В таблице приведена совокупность данных изменения полимерного состава волокнистого материала и его адсорбционной ёмкости в ходе ферментативной обработки

пектолитическим препаратом. Сравнительный анализ данных показывает, что интенсификация сорбционной активности комплексного льняного волокна необходимо обеспечить в волокнистом образце высокое содержание пектиновых веществ. При практически постоянном уровне содержания других составляющих волокна показатель сорбционной емкости в условиях установившегося равновесия в системе прирастает в 1,13 раза при повышении массовой доли полиуронидов на 80 %. Наблюдаемый эффект обусловлен наличием высокого средства катионов метиленового синего к карбоксильным группам пектиновых веществ. Как следствие, их увеличение в системе приводит к повышению реакционных центров льняного волокна, необходимых для взаимодействия с молекулами катионного красителя.

Таблица 1

Эффективность расщепления полимерных компонентов льноволокна и изменение его адсорбционной активности при воздействии пектолитических ферментов

№ образца	Активность ферментов, ед./мл			Остаточное содержание примесей, масс. %				A ^{МГ} , мг/г
	ПЭ	эндоПГ	экзоПГ	пектин	гемицеллюлозы	белки	лигнин	
1	135	426	270	0,64	13,27	1,47	6,71	28,1
2				0,76	13,31	1,47	6,71	28,5
3				0,83	13,31	1,47	6,69	28,7
4				0,92	13,32	1,48	6,70	29,1
5				1,06	13,27	1,48	6,72	29,6
6				1,26	13,31	1,48	6,71	29,9
7				1,52	13,28	1,48	6,70	30,4
8				1,84	13,29	1,49	6,72	30,6
9				2,06	13,32	1,49	6,68	30,8
10				2,25	13,28	1,49	6,70	31,1
11				2,60	13,34	1,49	6,71	31,3
12				2,80	13,23	1,50	6,70	31,5
13	0	0	0	3,28	13,35	1,50	6,71	31,8

Вместе с тем условия ферментативной обработки должны обеспечивать эффективное расщепление структурных образований примесных связующих веществ в льняных комплексах, наличие которых создает стерические препятствия для проникновения молекул красителя вглубь волокна.

Это подтверждается данными рисунка, где представлены результаты изменения площади удельной поверхности волокна под действием мультиэнзимной композиции протеаз и ферментов β-глюканазного и ксиланазного комплексов, позволяющие экспериментально оценить степень развитости микропористой структуры анализируемых объектов.

Как видно, глубокое деструктурирующего влияния биопрепарата на нано- и микрометровые структурные образования связующих веществ в льняных комплексах позволяет создать условия необходимые для формирования в волокне развитой микропористой матрицы. Площадь удельной поверхности биомодифицированного волокна возрастает в 3 раза, что свидетельствует об образовании в структуре материала новых сорбционных центров.

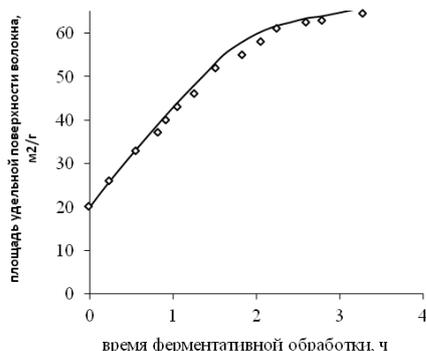


Рис. 1 Влияние эффективности воздействия биопрепарата на изменение удельной поверхности

Таким образом, в ходе исследований экспериментально установлено, что для инициирования процессов повышения сорбционной емкости волокнистых материалов целесообразно обеспечить сохранность в льняном волокне пектиновых соединений при обеспечении глубокой ферментативной деструкции микрометровых образований связующих веществ с целью формирования в волокнистой матрице развитой системы мезо- и макропор.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований №15-43-03075чр под руководством д.т.н., доц. Алеевой С.В.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лепилова, О.В., Алеева, С.В., Кокшаров, С.А. (2006) Проявление редуцирующих свойств растворов мономерных структурных элементов полисахаридных примесей льняного волокна // Изв. вузов. Химия и хим. технология. Т. 49. Вып. 7. с. 69-73.
2. Lepilova, O.V., Aleeva, S.V., Koksharov, S.A. (2012) Comparison of the reducing power of aldose solutions // Russ. J. Org. Chem. V. 48. N 1. P. 83-88.
3. Алеева, С.В. Кокшаров, С.А. (2011) Дифференцированная оценка влияния примесей льняного волокна на свойства пряжи // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №1. С.66-70.
4. Алеева, С.В. (2013) Влияние содержания лигнина и гемицеллюлоз на жесткость льняных тканых полотен // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. №5. С. 129-131.
5. Лепилова, О.В., Алеева, С.В., Кокшаров, С.А. (2009) Новые возможности использования ферментативного катализа при подготовке и белении льняных тканей // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. №3. С. 51-53.
6. Кокшаров, С. А., Алеева, С.В. (2004) Метрологический контроль качества ферментных препаратов на текстильном предприятии: учеб. пособие. - Иваново: ИГТА. 48 с.
7. Гурусова, А. А., Иванов, А. Н. (1989) Влияние структурных факторов на прядильную способность льняных волокон различных селекционных сортов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №1 (187). С. 19-21.
8. Алеева, С. В. (2006) Мацерация технического льняного волокна и комплексный показатель качества подготовки льняной ровницы к прядению // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №5. С. 26-29.
9. Алеева, С.В., Кокшаров, С.А. (2008) Оценка качества подготовки льняного волокна к прядению с использованием единичных показателей пряжи // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №4. С. 9-12.

REFERENCES

1. Lepilova, O.V., Aleeva, S.V., Koksharov, S.A. (2006) Manifestation of reducing properties of solutions of monomeric building blocks polysaccharide impurities flax fiber // *Izv. Vys. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* V.49. №7. P.69-73.
2. Lepilova, O.V., Aleeva, S.V., Koksharov, S.A. (2012) Comparison of the reducing power of aldose solutions // *Russ. J. Org. Chem.* V. 48. N 1. P. 83-88.
3. Aleeva, S.V. Koksharov, S.A. (2011) The differentiated estimation of influence of impurity in the linen fibre to yarn properties // *Izv. Vys. Uchebn. Zaved. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* №1. P.66-70.
4. Aleeva, S.V. (2013) Influence content of lignin end hemicellulose on the stiffness of linen fabric // *Izv. Vys. Uchebn. Zaved., Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* №5. P. 129-131.
5. Lepilova, O.V., Aleeva, S.V. Koksharov, S.A. (2009) New possibilities of enzyme catalysis use for the preparation and bleaching of linen fabrics // *Izv. Vys. Uchebn. Zaved., Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* №3. P. 51-53.
6. Koksharov, S.A., Aleeva, S.V. (2004) Metrological quality control of enzyme preparations in the textile enterprises. – Ivanovo: IGTA. 48 p.
7. Gurusova, A. A., Ivanov, A. N. (1989) Influence of structural factors on the ability of spinning flax fibers of different breeding varieties // *Izv. Vys. Uchebn. Zaved., Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* №1 (187). P. 19-21.
8. Aleeva, S.V. (2006) Maceration of technical linen fibre and a complex rate of preparation quality of linen rove to spinning // *Izv. Vys. Uchebn. Zaved., Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* №5. P. 26-29.
9. Aleeva, S.V. Koksharov, S.A. (2008) Estimation of quality of linen fibre prepared to spinning with use of individual yarn rates // *Izv. Vys. Uchebn. Zaved., Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti.* №4. P. 9-12.

УДК 677.042.72:577.15

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ ЛЬНЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВАРЬИРУЕМЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ СПУТНИКОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

RESEARCH ADSORPTION SIZE OF LINEN MATERIALS WITH THE VARIED CONTEIN OF POLYMERIC CELLULOSE COMPANIONS

П.С. Рязанова
P.S. Ryazanova

**Ивановский государственный политехнический университет
Институт химии растворов им. Г.А. Крестова Российской академии наук (Иваново)
Ivanovo State Polytechnical University
G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of RAS (Ivanovo)
E-mail: sva@isc-ras.ru**

Осуществлен сравнительный анализ изменения адсорбционной активности льняного волокна по отношению к йоду в зависимости от полимерного состава лубяных комплексов. Исследования осуществлены на широком спектре льняных материалов в нативном и биомодифицированном состоянии, характеризующихся различным соотношением полимерных компонентов в своем составе путем их дозированного извлечения. Экспериментально установлено, что предварительная обработка композицией протеаз, пектиназ при ее усилении ферментами целлюлазного комплекса позволяет интенсифицировать процессы деструкции связующих веществ в структуре лубяных пучков и получить материал с развитой пористой структурой.

Ключевые слова: льняное волокно, ферментативный катализ, адсорбционная активность

The comparative analysis of change adsorption activity of linen fibre with iodine depending to polymeric components of bast complexes was carried out. Researches are carried out for wide spectrum of native linen materials and after biomodification. The linen materials were characterizes by various parity of polymeric components in the structure because have the dosed extraction. It is experimentally established, that preliminary treatment by a composition proteases, pectinases with cellulases to intensify destruction of binding compounds in structure of bast bunches and to receive a material with the developed porous structure.

Keywords: linen fabric, enzymatic catalysis, adsorption

Перспективным вариантом получения высокоэффективных и дешевых сорбентов является развитие новых методов совершенствования нанопоровой структуры и химической активности льняных волокнистых материалов с применением биокатализируемых процессов. В рамках указанной проблемы были проведены исследования, цель которых заключаются в сравнительном изучении сорбционной емкости льняных волокнистых материалов по отношению к йоду.

Исследования осуществлены на широком спектре льняных материалов в нативном и биомодифицированном состоянии, характеризующихся различным соотношением полимерных компонентов в своем составе [1-3] путем их дозированного извлечения по методу, описанному в работе [4]. Сорбционную активность материалов в отношении йода определяли согласно методу, изложенному в ГОСТ 6217-74. Выбранный метод анализа позволяет количественно оценить содержание в адсорбенте микропор с размерами эффективных диаметров 0,6-1,5 нм.

В результате исследований установлено, что адсорбционная активность по йоду, характеризующая микропористость сорбентов, увеличивается незначительно после щелочной обработки волокнистого материала по режиму традиционной варки ровницы. По-видимому, несмотря на гидролиз полисахаридов волокна (целлюлозы, гемицеллюлоз), пектиновых веществ и глюкопротеинов реализация данного метода модификации не позволяет существенно увеличить объем микропор в структуре сорбента.

Реализованы методы целенаправленной биокатализируемой деструкции полимерных спутников льняной целлюлозы с последовательной их экстракцией. Ферментные препараты пектолитического, ксиланазного, протеолитического, целлюлолитического действия и их композиции предоставлены предприятием ЗАО «Энзим» (г. Ладыжин, Винницкой обл., Украина). Биомодификацию льняных материалов проводили в соответствии с рекомендациями [5].

В ходе эксперимента установлено, что после расщепления белковых примесей протеолитическими ферментами адсорбционная активность материала в отношении йода возросла в 1,9 раза. Обработка композицией пектолитических энзимов повышает сорбционный уровень в 2,5 раза, а в случае применения биопрепарата с ферментами гемицеллюлазного комплекса – в 2,8 раза.

Вместе с тем предварительная обработка композицией протеаз, пектиназ при ее усилении ферментами целлюлазного комплекса позволяет интенсифицировать процессы деструкции связующих веществ в структуре лубяных пучков и получить материал с развитой пористой структурой. В частности, увеличение сорбционной активности данного образца в 3,1 раза убедительно доказывает, что в этом случае обеспечивается формирование пор, необходимых для транспорта сорбционных веществ (молекулярного йода) к адсорбционным центрам в объеме частиц сорбента. Последующая делигнификация образца в щелочных растворах полиоксиальдегидов, генерируемых в системе при реализации ферментативно-пероксидного режима подготовки льняной ровницы, позволяет дополнительно повысить контролируемый показатель еще в 3,5 раза.

Таким образом, установлено, что изменение полимерного состава льняного волокна оказывает влияние на его сорбционные свойства. Выявленные закономерности позволяют

оценить вклад каждого компонента льняных текстильных материалов в проявление его сорбционных характеристик и обосновать условия получения нанопористых волокнистых структур с уникально высокой сорбционной активностью, сопоставимой с уровнем для традиционных сорбентов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований №15-43-03075цчр, под руководством к.т.н. Лепиловой О.В.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алеева, С.В. Кокшаров, С.А. (2011) Дифференцированная оценка влияния примесей льняного волокна на свойства пряжи // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №1. С.66-70.
2. Кудряшова, Т.А. Кудряшов, А.Ю., Кокшаров, С.А., Алеева, С.В. (2008) Влияние условий выращивания льна-долгунца сорта «Алексим» и первичной обработки льнотресты на свойства трепаного волокна // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №2. С. 31-34.
3. Алеева, С.В., Кокшаров, С.А. (2008) Оценка качества подготовки льняного волокна к прядению с использованием единичных показателей пряжи // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №4. С. 9-12.
4. Алеева, С.В. (2013) Влияние содержания лигнина и гемицеллюлоз на жесткость льняных тканых полотен // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. №5. С. 129-131.
5. Лепилова, О.В., Алеева, С.В., Кокшаров, С.А. (2009) Новые возможности использования ферментативного катализа при подготовке и белении льняных тканей // Изв. вузов. Технология текст. пром-сти. №3. С. 51-53.

REFERENCES

1. Aleeva, S.V. Koksharov, S.A. (2011) The differentiated estimation of influence of impurity in the linen fibre to yarn properties // Izv. Vys. Uchebn. Zaved. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. №1. P.66-70.
2. Kudryshova, T.A. Kudryshov, A.Y., Koksharov, S.A., Aleeva, S.V. (2008) Influence of conditions of flax-dolguntsa cultivation of a kind «Alexim» and of preprocessing of treated plant linen fibres on the properties of fibres after scutch // Izv. Vys. Uchebn. Zaved. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. №2. P. 31-34.
3. Aleeva, S.V. Koksharov, S.A. (2008) Estimation of quality of linen fibre prepared to spinning with use of individual yarn rates // Izv. Vys. Uchebn. Zaved., Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. №4. P. 9-12.
4. Aleeva, S.V. (2013) Influence content of lignin end hemicellulose on the stiffness of linen fabric // Izv. Vys. Uchebn. Zaved. Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. №5. P. 129-131.
5. Lepilova, O.V., Aleeva, S.V., Koksharov, S.A. (2009) New Possibilities of Use of Enzyme Catalysis for the Preparation and Bleaching of Linens // Izv. Vys. Uchebn. Zaved, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. N 3. P. 51-53.

**К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОКЛЕЕВЫХ
ПРОКЛАДОЧНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**TO A QUESTION ABOUT THE PROSPECT OF GETTING INTERLINING CUSHIONING
NANOSTRUCTURED MATERIALS**

М.Б. Караваева, О.В. Радченко, А.В. Евдокимов, Е.Н. Прохорова
M.B. Karavaeva, O.V. Radchenko, A.V. Evdokimov, E.N. Prokhorova

**Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University**

E-mail: mbkaravaeva@mail.ru, radchenale@yandex.ru, alexevd92@mail.ru,
prokhorova.zhenya2015@yandex.ru

Рассматриваются перспективы получения термоклеевых прокладочных наноструктурных материалов на основе щеточных сополимеров. Представлены результаты исследования упруго-деформационных характеристик текстильной основы для получения полимерно-волокнутого композиционного материала, модифицированной акрилатными дисперсиями АкратамAS-02, Акрэмос-304, Акрэмос-306 и Акрэмос-402. Высказаны предположения о связи изменения несминаемости и жесткости модифицированной текстильной основы с дисперсным составом и возможностью проникновения частиц в субмикроскопические и наноразмерные поры целлюлозных волокон.

Ключевые слова: термоклеевые прокладочные материалы для швейной промышленности, щеточные полимеры, полиакрилатные дисперсии, жесткость, несминаемость, мезогены

This work focuses on theoretical and applied aspects of some thermogluce nanostructured gasket materials based on brush copolymers. The elastic-deformation characteristics of a polymer-fiber composite modified by acrylate dispersions Akkratam AS-02, 304-Akremos, Akremos-306 and Akremos-402 is analysed. Assumptions about the changes in wrinkle resistance and hardness after this dopants penetration in the submicroscopic and nanoscale pores of base cellulose fibers fabric were discussed.

Key words: thermal adhesive gasket materials for the garment industry, brush polymers, polyacrylate dispersions, stiffness, wrinkle resistance, mesogens

В настоящее время наиболее широко применяются термоклеевые прокладочные материалы, где в роли адгезива используются терморезактивные или термопластичные смолы, нанесенные на тканую, трикотажную, либо нетканую основу [1]. В процессе дублирования с основным материалом образуется полимерно-волокнустый композит, свойства которого будут определяться характеристиками склеиваемых материалов и адгезива, а также механизмами и полнотой протекания процесса склеивания. Существует множество теорий, объясняющих явление адгезии. Во главе каждой из них лежит главенство какого-либо одного процесса: диффузии, механического сцепления (блокировки адгезива в порах и трещинах материала), адсорбции, поглощения (термодинамическая теория), химических связей и др.[2, 3]. В реальности адгезия обычно протекает сразу по нескольким механизмам, поэтому предсказать свойства конечного композита можно довольно приблизительно. Есть масса сложностей, которые могут препятствовать использованию клеевых материалов из-за ухудшения внешнего вида готового изделия или его эксплуатационных свойств, поэтому открывается большой простор для разработки вспомогательных материалов с учетом характера склеиваемых поверхностей (натуральное, синтетическое или искусственное волокно, наличие окраски, пленочных покрытий, аппретов, металлизированных нитей, ворса и т.д.) и финальных требований к пакету (жесткость, упругость, несминаемость, формообразование, формозакрепление, драпируемость, воздухо-

и влагопроницаемость, специальные защитные свойства, способность сохранять все эти характеристики во время технологического процесса и эксплуатации изделия).

С появлением в науке и технике понятия «наноматериалы», с развитием технологий получения таких материалов, появлением нанокompозитов и нанотекстиля, появились принципиально новые возможности получения прокладочных материалов со специальными свойствами, регулируемые в нужном диапазоне [4]. Принципиальные отличия наноматериалов от обычных в том, что традиционные технологии предусматривают внедрение химических препаратов в структуры, образованные нитями, волокнами, фибриллами волокна, а в наноматериалах необходимые свойства задаются на уровне надмолекулярных структур. Одним из перспективных методов наноконструирования является получение «щеточных» полимеров, или «дендримеров», - разветвленных полимерных систем с определенной структурой, состоящих из основной и боковых цепей. Включая в состав полимера различные функциональные группы, меняя природу основных и боковых цепей и плотность прививки, можно получать композиты с заданными свойствами. В зависимости от гибкости(или жесткости) макромолекул, все полимеры можно условно разделить на гибко- и жесткоцепные. При химическом связывании гибких и жестких фрагментов в одну макромолекулу образуется линейная или разветвленная (гребнеобразная) структура, в которой в качестве жестких фрагментов обычно используются молекулы низкомолекулярных жидких кристаллов или их мезогенные группы, а роль гибких фрагментов (или развязки - «спейсера») играют включенные в макромолекулу цепи полиэтилена, полипропилена, полидиметилсилоксана или атомы кислорода, серы, химические группы, нарушающие симметричность строения цепи. Одновременно со снижением жесткости достигается снижение температуры плавления такого полимера. [5].

Важным условием получения нанокompозитного прокладочного термоклеевого материала является проникновение частиц полимерной дисперсии в субмикроскопические внутриволоконные поры текстильного носителя [6] и формирование боковых ветвей дендримера непосредственно в этих структурах. Таким образом, достигается армирование текстильной подложки клеевой композицией, и боковые ветви полимера будут играть роль упругого компонента.

Известно, что наиболее часто в промышленных термоклеевых прокладочных материалах в качестве адгезиваиспользуются высокомолекулярныеполиамиды, точно наносимые на текстильный материал,которые дают прочные клеевые соединения при минимальных усилиях, температуре и продолжительности прессования. После расплавления в процессе дублирования они локализуются в межволоконном пространстве, не затрагивая микро- и субмикроскопические структуры. Одним из известных способов получения молекулярных полимерных щеток является прививка на полиамидную цепь полиакрилатных олигомеров. Полиакрилатытакже используются в качестве адгезивов в швейной промышленности в виде полимерных водных дисперсий или растворов мономеров, полимеризующихся во время склеивания по мере испарения растворителя. Особенностью полиакрилатов является малый (до 100 мкм) размер частиц. Их не применяют для тяжелых тканей, т.к. они дают недостаточно прочные соединения, однако малый размер частиц позволяет им проникать в микропоры волокон текстильного носителя. Свойства финального композитного материала будут определяться характеристиками обоих полимеров, образующих щетку.

Задача исследования – установление связи между изменением упруго-деформационных характеристик материала и способностью частиц армирующего полимера проникать в надмолекулярные структуры текстильного носителя. В качестве армирующих полимеров выбраны акриловые дисперсии Акрэмос-304, Акрэмос-306, Акрэмос-402 (ООО «Опытный завод акриловых дисперсий» г. Дзержинск Нижегородской обл.) и тонкодисперсная стирол-акриловая дисперсия Акратам-AS-02М (ОАО «Пигмент» г. Тамбов), в качестве модельного текстильного носителя тканая основа, содержащая 43% хлопка и 57 % полиэфирного волокна, аналогичная применяемой для производства отечественного термоклеевого

прокладочного материала (ОАО «Искож» г. Нефтекамск, Башкортостан, артикул 508/4). Важной чертой акриловых дисперсий является их экологическая чистота (отсутствие летучих компонентов, нетоксичность, негорючесть).

Текстильный носитель обрабатывался в пропиточной ванне полимерной дисперсией на водной основе, концентрации варьировались от 50 до 450 г/л, пропускался через двухвальную плюсовку для равномерного распределения дисперсии в полотне, высушивался при комнатной температуре, затем имитировались условия, возникающие в процессе технологического цикла производства швейного изделия (дублирование и ВТО). После каждой стадии измерялись жесткость и несминаемость полученного материала согласно ГОСТ 10550-93 и ГОСТ 19204-73.

Ниже представлены графики изменения жесткости E , $\text{мкН}\cdot\text{см}^2$, и угла восстановления, град, от содержания полимерной дисперсии в текстильном носителе по стадиям обработки. 1-я стадия – пропитка и сушка, 2-я стадия – обработка на проходном прессе JapsewSR-600 (Китай), температура валов 90°C , давление 0,1 МПа с минимальной скоростью, 3-я стадия – имитация ВТО - обработка материала с помощью промышленного утюга с парогенератором SuperVapor BF073 (Италия). При этом сначала материал насыщался перегретым паром в течение 10 с, а затем 25 с обрабатывался подошвой утюга, нагретой до температуры сшивки щеточного сополимера полиамида с полиакрилатом (140°C).

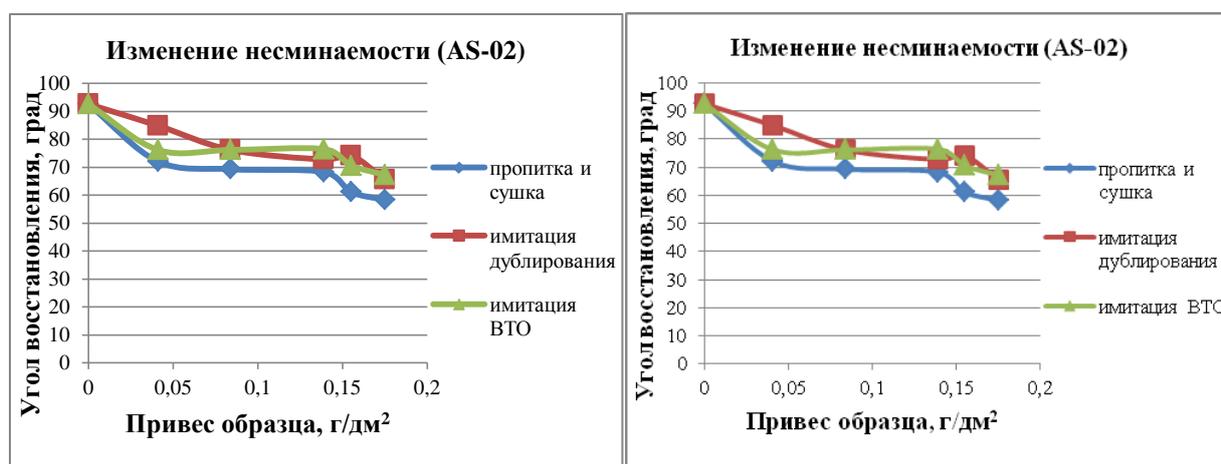


Рис. 1 Изменение упруго-деформационных характеристик материала, обработанного дисперсией АкратамAS-02

Жесткость увеличивается с ростом удельной массы дисперсии в образце у всех выбранных полимеров и у всех образцов после прохождения дублирующего пресса жесткость выше, чем после 1 стадии, а вот после обработки паром несколько снижается. У первого образца (AS-02) с ростом содержания дисперсии в образце несминаемость снижается сильнее всего после 1 стадии (на 37%), а после пресса и ВТО на 25-27%. При этом на кривой имеется плато, где с ростом содержания адгезива и значительным увеличением жесткости несминаемость не меняется.

У материала, обработанного дисперсией Акрэмос-402, показатель несминаемости ухудшается с ростом содержания дисперсии (на 92% на 1 стадии и на 60% после ВТО) и увеличение жесткости самое незначительное. Обработка текстильного носителя препаратами Акрэмос-304 и -306 с ростом удельного содержания дисперсии и увеличением жесткости приемлемое снижение несминаемости, причем у образца, обработанного Акрэмос-306 после тепловой обработки показатели несминаемости лучше, чем в исходном образце.

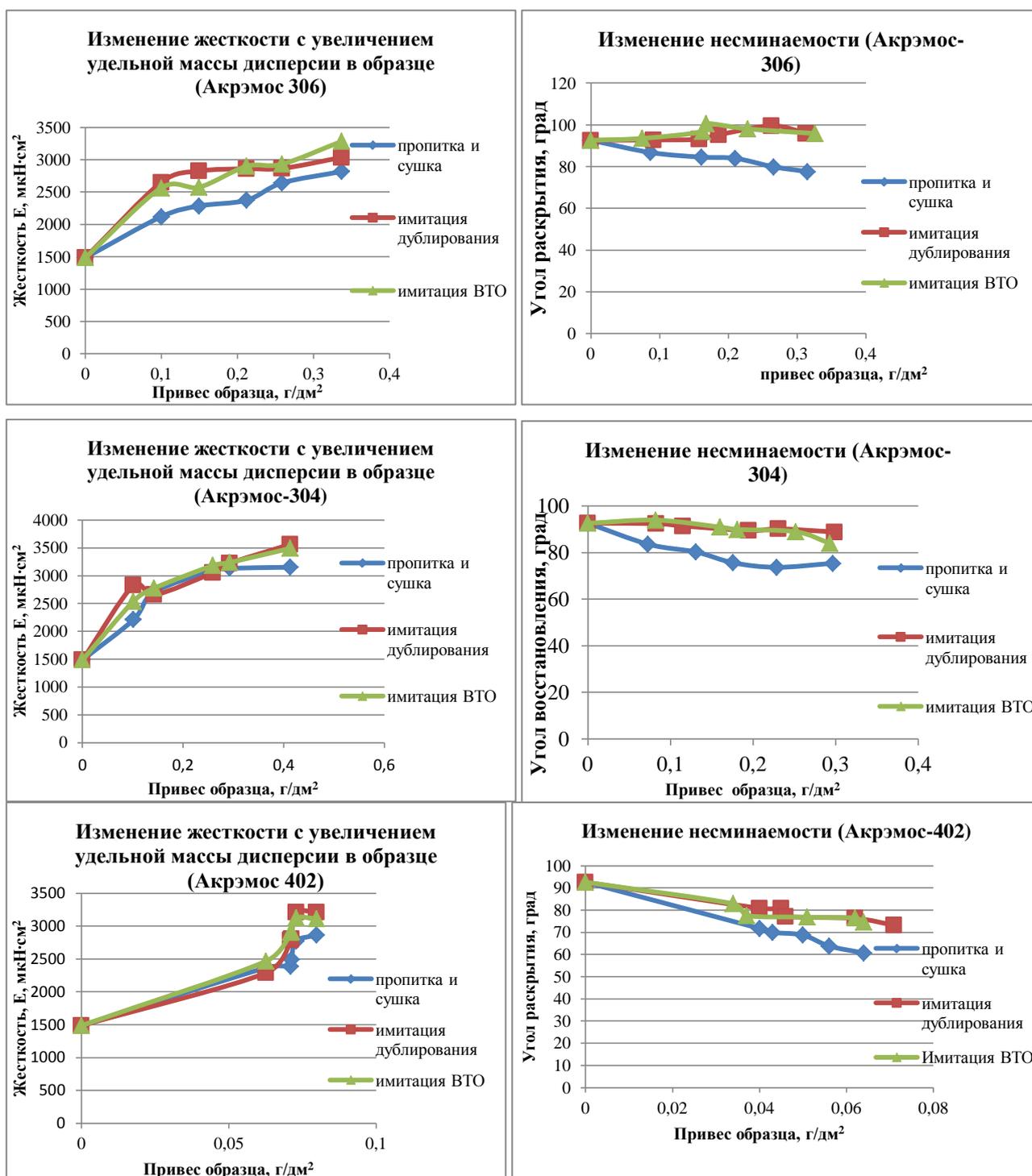


Рис. 2 Изменение упруго-деформационных характеристик материала, обработанного дисперсиями Акрэмос-306, -304 и -402

Для объяснения подобных эффектов необходимо привлечь данные о дисперсном составе используемых полимеров. Оценка размера частиц (r , нм) в гидрозоле полимерных дисперсий проведена методом динамического светового рассеяния с использованием анализатора Zetasizer Nano ZS (ф. Malvern Instruments Ltd. Англия). В таблице представлены данные кривых распределения, а именно: интервалы размеров частиц ($r_{(ДФ)}$, нм), на которые приходятся пики кривой распределения по размеру относительного объема дисперсной фазы $V = f(r)$, площади пика, отражающей долю суммарного объема дисперсной фазы, приходящейся на соответствующие размерные фракции ($V_{(ДФ)}$, %), а также размерного диапазона

доминирующих фракций на кривых распределения по размеру относительного числа частиц $N = f(r)$ и относительной их численности ($N_{(ДФ)}$, %).

Таблица 1

Результаты оценки размера частиц в гидрозолях перспективного ассортимента армирующих полимерных модификаторов

Препарат	Данные кривых $V = f(r)$		Данные кривых $N = f(r)$	
	$r_{(ДФ)}$, нм	$V_{(ДФ)}$, %	$r_{(ДФ)}$, нм	$N_{(ДФ)}$, %
Акратам AS 02	99,1 ... 171,0	82,5	70,9 ... 127,5	85,4
Акрэмос 304	82,1 ... 147,7	84,0	70,9 ... 127,5	86,9
Акрэмос 306	82,1 ... 147,7	81,8	70,9 ... 127,5	83,0
Акрэмос 402	52,9 ... 110,1	73,5	45,6 ... 82,1	85,6

Размер субмикроскопических пор в фибриллярных структурах целлюлозного волокна составляет 1-2 нм, а расстояния между фибриллами 10-15 нм в сухом состоянии. При прохождении через валы дублирующего пресса эти расстояния еще уменьшаются, а при проведении влажно-тепловой обработки волокна набухают и поры несколько увеличиваются. Соответственно, ни одна из исследуемых дисперсий не может проникать в субмикроскопические структуры и мезопоровые пространства на 1 и 2 стадиях эксперимента, но и после 3 стадии проникновение дисперсий в эти структуры маловероятно. Используемые препараты формируют на поверхности и в межволоконных пространствах пленку, увеличивающую жесткость материала, что и подтверждается результатами эксперимента. Очевидно, что для армирования наноструктур волокна частицами полимера необходимо прибегать к ультрадиспергированию используемых составов [6, 7] либо изыскивать способы изменения микро- и нанорельефа текстильных носителей.

Исследование выполнено в рамках государственного задания №11.1898.2014/К Минобрнауки России в сфере научной деятельности с использованием приборной базы Центра коллективного пользования научным оборудованием «Верхневолжский региональный центр физико-химических исследований» под руководством д.т.н., проф. Кокшарова С.А.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бузов, Б.А., Смирнова, Н.А. Современный ассортимент термоклеевых материалов для одежды и разработка их классификации [Текст] // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - 2012. - №2(338). - с.105-109.
2. Кузьмичев, В.Е. Теоретическая концепция формирования и разрушения адгезионных соединений текстильных материалов [Текст] // Успехи современного естествознания. - 2003. - № 1. - с. 11 – 15.
3. Кузьмичев В.Е. Теория и практика склеивания деталей одежды: Учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений [Текст]. - М.: Издательский центр «Академия», 2005 – 256 с.
4. Дащенко, Н.В., Киселев, А.М. Нанотекстиль: принципы получения, свойства и области применения [Текст] // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007. - №2(297). – с.51-57.
5. Шибаев В.П. Жидкокристаллические полимеры [Текст] // Соросовский образовательный журнал. -1997. - №6. – с. 40-48.
6. Кокшаров С.А., Корнилова Н.Л., Арбузова А.А., Караваяева М.Б. Разработка полимерно-волоконистых прокладочных материалов для швейных изделий: определение роли дисперсионного состояния армирующего полимера [Текст] // Механика и моделирование процессов технологии -2012, №2, с. 86-92.

REFERENCES

1. Buzov, B.A, Smirnova N.A Modern assortment of thermoglutinous materials for clothes and their classification development [Text] // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. - 2012. - №2(338). - p.105-109.
2. Kuz'michev, V.E. The theoretical concept of formation and destruction of the adhesive connections of textile materials [Text] // The successes of modern natural science . - 2003. - № 1.- p. 11 - 15.
3. Kuz'michev, V.E .Theory and practice of gluing details of clothing: The student textbook for high school [Text] .- М.: Publishing center "Academy", 2005 - 256 p.
4. Dashchenko, NV, Kiselev AM Nanotekstil: principles, properties and applications [Text]// Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. – 2007. - №2(297). – p.51-57.
5. Shibaev, V.P. Liquid- crystalline polymers [Text] // Soros Educational Journal. -1997. -№6. - p. 40-48.
6. Koksharov, S.A., Kornilova, N.L., Arbuzova, A.A., Karavaeva, M.B. Elaboration of polymer-fiber gasket materials for garments: defining the role of the dispersion state of the reinforcing polymer [Text]// Mechanics and modeling of technology. -2012, №2, p. 86-92.

УДК 677.051.174

РАЗРАБОТКА СПОСОБА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ АРМИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

DEVELOPMENT OF A METHOD AND MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF PRODUCTION OF TEXTILE REINFORCED MATERIALS

И.Г. Хосровян
I.G. Khosrovyan

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University

E-mail: ask_smart@mail.ru

Рассматривается технология производства текстильных армированных материалов, включающая в себя процессы выравнивания питающей волокнистой смеси в шахте бункерном питателе, разрыхления волокнистой смеси, аэродинамического съема волокон и волокнистых комплексов, аэродинамической рассортировки волокнистого потока на фракции, получения нетканых материалов и их сложения с одновременным армированием. Представлены основные этапы математического моделирования подготовки волокнистой смеси к процессу рассортировки. Выведена зависимость для расчета плотности волокнистой смеси бункере, являющаяся базовой для определения линейной плотности настила и разработки алгоритма для минимизации его неровноты. Выведено соотношение для определения распределения скоростей воздушного потока в зоне аэродинамического съема. Представлено дифференциальное соотношение для определения дуги аэродинамического съема численным методом.

Ключевые слова: Нетканые материалы, армирование, бункерный питатель, аэродинамический съем волокон, рассортировка, математическое моделирование

The technology of production of textile reinforced materials, which includes the alignment processes of the supply of the fibrous mixture in the bunker feeder mine, loosen the fibrous mixture, the aerodynamic removal of fibres and fibrous complexes, aerodynamic sorting of fibrous stream into fractions, obtain nonwovens and their addition with simultaneous reinforcement. Presented the main stages of mathematical modeling of the preparation of the fibrous mixture in the process of sorting out. Removed dependency to calculate the density of the fibrous mixture hopper, which is the base for determination of the linear density of the web and the development of an algorithm to minimize its irregularity. Derived the ratio for determining the velocity

distribution of the air flow in the area of aerodynamic removal. Presents the differential ratio to determine the arc of aerodynamic removal by numerical method.

Keywords: nonwovens, reinforcement, hopper feeder, aerodynamic removal of fibers, sorting, mathematical modeling

Современные текстильные материалы уникальны и разнообразны по своей структуре и свойствам, которые обуславливают все более широкое применение их в различных отраслях современного народного хозяйства и, как следствие, небывалый рост их производства по сравнению с производством традиционной текстильной продукции. Производители делают ставку на преимущества нетканых материалов по сравнению с тканями, например: их можно кроить лазерным ножом и при пошиве не обрабатывать срезы, т.к. края не осыпаются и не распускаются, поэтому нетканые полотна очень технологичны, просты в обработке.

В настоящее время наиболее перспективным в текстильной промышленности является производство нетканых композитных материалов. Одним из видов композитных материалов являются армированные текстильные материалы.

Нами разработан новый способ получения армированных текстильных материалов, в которых роль арматуры выполняет включаемое между двумя (лицевым и изнаночным) волокнистыми слоями тканое полотно [1]. В настоящее время данный вид текстильных материалов, полученных с использованием шерстяных волокон, может заменять сукно при производстве текстильной продукции со специальными свойствами, например, костюмов сварщика и металлурга, вачег и рукавиц и т.п.

Разработанный нами новый способ получения армированных текстильных материалов заключается в интенсивном разрыхлении клочков волокон, вплоть до их разделения на отдельные волокна [2,3], качественной рассортировке волокнистого материала в камере распределения и формировании двух волокнистых слоев – лицевого и изнаночного, равномерных по длине и толщине волокон, а затем армировании выходящих волокнистых слоев путем включения между ними тканого полотна.

С целью проектирования оптимальной конструкции установки разработана математическая модель процесса обработки волокнистой смеси рабочими органами и программа для численного моделирования этого процесса.

Математическая модель процесса состоит из трех блоков:

- первый блок содержит модель процесса движения волокнистой смеси в бункерном питателе с наклонными боковыми стенками [4];
- второй блок включает в себя математическую модель процесса аэродинамического съема волокнистой смеси с зубьев гарнитуры пильчатого барабана;
- третий блок содержит математические модели движения воздушных потоков в камере аэродинамической рассортировки волокнистой смеси и механики одиночных волокон, волокнистых комплексов и сорных частиц.

Выравнивание по толщине настилов после рассортировки волокон и их формирования в настилы имеет большое значение при изготовлении текстильных армированных материалов [5,6]. В процессе теоретических исследований была выведена зависимость для расчета линейной плотности выходящего из бункера настила. Полученная зависимость позволила определить влияние физико-механических характеристик волокнистого продукта и геометрических параметров шахты бункера на линейную плотность настила.

Математическая модель для расчета линейной плотности выходящего из бункера настила опирается на законы механики, что служит основой для изучения его неровноты [6]. В качестве параметров, влияющих на неровноту настила, были выбраны

- плотность наступающего в шахту волокнистого продукта;
- высота наполнения шахты волокнами.

Результатом проведенных исследований явилась математическая модель, позволяющая определить влияние на неровноту настила коэффициента вариации плотности

поступающего в бункер волокнистого продукта и коэффициента вариации высоты волокнистого столба. Разработанная математическая модель позволила уже в процессе проектирования бункера оптимизировать его с целью минимизации неровноты настила.

Второй блок математической модели процесса относится к процессу аэродинамического съема волокнистого материала с зубьев гарнитуры пильчатого барабана. При составлении уравнений движения волокон и волокнистых комплексов в процессе аэросъема учитывались их размеры, расположение и неравномерное распределение скорости воздуха в межвитковом пространстве. Получено дифференциальное соотношение, связывающее величину дуги аэросъема с характеристиками волокон и волокнистых комплексов, параметрами гарнитуры, а также радиусом и частотой вращения пильчатого барабана. Задача оптимизации процесса аэродинамического съема заключалась в определении таких геометрических параметров устройства аэродинамического съема, которые бы обеспечили максимальную минимизацию расхода потребляемого воздуха.

Разработка математической модели в третьем блоке относилась к процессу аэродинамической рассортировки волокон. Рассматривалось турбулентное движение воздушной среды в камере устройства, где происходит разделение волокнистого потока на фракции. Расчет осуществлялся с помощью современных компьютерных программ для расчета аэродинамических явлений. Процесс проектирования заключался

- в подборе таких геометрических размеров камеры, чтобы исключить существование воздушных вихрей в камере, что позволяет стабилизировать процесс рассортировки волокон;
- в определении благоприятных аэродинамических условий для вывода в зону влияния конденсоров уже разделенных на фракции волокнистых потоков;
- в оптимальном размещении аспирационных устройств для осуществления сбора пыли и сорных частиц и перемещении их в зону утилизации.

Выводы.

1. Разработан способ получения текстильных армированных материалов.
2. Разработаны состоящая из трех блоков математическая модель процессов обработки волокнистой смеси рабочими органами и получения волокнистых слоев, а также программа для численного моделирования этих процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хосровян, Г.А. (2013) Способ получения многослойных волокнистых материалов и устройство для его осуществления // Патент № 2471897 Российская Федерация.
2. Хосровян И.Г., Красик Т.Я., Хосровян Г.А. Общая теория динамики волокнистых комплексов в процессе их взаимодействия с рабочими органами разрыхлителя / И.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №6. С. 194...197.
3. Хосровян, И.Г. Математическое моделирование движения волокнистого комплекса на колке барабана разрыхлителя / И.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №4. С. 85...88.
4. Тувин, М.А. Математическое моделирование процесса движения волокнистой смеси в бункерном питателе с переменной площадью поперечного сечения шахты/ М.А. Тувин, И.Г. Хосровян, Т.Я. Красик, Г.А. Хосровян, А.А. Тувин// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №2. С. 83...87.
5. Красик, Т.Я. Методика определения линейной плотности настила на выходе из бункерного питателя, оснащенного системой обеспыливания / Т.Я. Красик, А.Г. Хосровян, Г.А. Хосровян // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, №5. С. 79...82.

6. Хосровян, И.Г. (2013) Разработка теории выравнивающей способности устройства для получения многослойных волокнистых // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – № 6, С. 79...82.

REFERENCES

1. Patent of Russian Federation № 2471897. A method for producing a multilayer fibrous materials and device for its implementation. Khosrovyan G.A., Khosrovyan I.G., Khosrovyan A.G., Krasik T.Ya., Zhegalina T.V. 10.01.2013.
2. Khosrovyan I.G., Krasik T.Ya., Khosrovyan G.A. The general theory of the dynamics of fibrous complexes in the process of their interaction with the working elements of opener. Proceedings of higher education institutions. Textile Industry Technology. (2012) №6. P. 194...197.
3. Khosrovyan I. G., Krasik T.Ya., Khosrovyan G.A. Mathematical modeling of movement of a fibrous complex on spike of opener drum. Proceedings of higher education institutions. Textile Industry Technology. (2013) №4. P. 85...88.
4. Tuvin M.A., Khosrovyan I.G., Krasik T.Ya., Khosrovyan G.A., Tuvin A.A. (2015) Mathematical modeling of the process of fibrous mixture motion in hopper feeder with variable cross-sectional area of the column. Proceedings of higher education institutions. Textile Industry Technology. №2. P. 83...87.
5. Krasik T.Ya., Khosrovyan A.G., Khosrovyan G.A. The technique of determination of a linear density of covering in the section of exit from a hopper feeder equipped with a dust collection system. Proceedings of higher education institutions. Textile Industry Technology. (2011) № 5, P. 79...82.
6. Khosrovyan I. G., Khosrovyan A.G., Krasik T.Ya., Khosrovyan G.A. Development of the theory of reveling ability of the device for producing multilayered fibrous materials. (2013) №6. P. 79...82.

УДК 677.37.024

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТКАНИ ИЗ НАТУРАЛЬНОГО ШЁЛКА НА БЕСЧЕЛНОЧНЫХ ТКАЦКИХ СТАНКАХ

IMPROVEMENT TECHNOLOGY FORMING FABRICS MADE FROM NATURAL SILK ON SHUTTLELESS LOOMS

О.А. Ахунбабаев, М. Эргашов
O.A. Axunbabayev, M. Ergashov

Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон
Uzbek Scientific-Research Institute of the Natural Fibers
E-mail: margilon_shoyi@yahoo.com

Актуальной проблемой в технологии ткачества является улучшение условий формирования ткани на ткацком станке. В работе совершенствована технология формирования ткани из натурального шелка на ткацком станке путём разработки модернизированной конструкции скальной системы бесчелночного ткацкого станка. Модернизированная скальная система бесчелночного ткацкого станка обеспечивает увеличение длины нити основы в упругой системе заправки станка без изменения компоновочных размеров основных узлов и механизмов станка, снижение жесткости упругой системы заправки станка и улучшение условий формирования ткани. Модернизированная скальная система внедрена на новом бесчелночном ткацком станке типа СТБУ-ШН, предназначенном для выработки тканей из натурального шелка. На новую конструкцию скальной системы получен Патент Республики Узбекистан № FAP 00431 «Бесчелночный ткацкий станок». Результаты работы могут быть применены

при модернизации действующих, а также при проектировании и разработке новых типов ткацких станков.

Ключевые слова: технология ткани, ткацкий станок, скало, ткань, формирование ткани, качество

Current problems in weaving technology is to improve the conditions of formation of the fabric on the loom. In this paper we improve the technology of producing tissue from silk on a loom by developing modernized design of rock shuttleless looms. The upgraded system is rock shuttleless looms provides an increase in the length of the warp threads in the elastic system of refueling machine without changing the layout size of the main components and mechanisms of the machine, reducing the stiffness of the elastic system filling machine and improve the conditions for the formation of tissue. Upgraded rock system is implemented on a new type of loom-STBU SHN intended to produce fabrics of silk. On new construction rock system to obtain a patent of the Republic of Uzbekistan № FAP 00431 "Shuttleless loom." The results can be used in the modernization of existing, as well as the design and development of new types of looms.

Keywords: fabric technology, loom, crag, fabric, tissue formation, quality

При выработке тканей на ткацком станке формируются не только их качественные показатели, но и потребительские свойства, в частности, креповый эффект – зернистость, легкость и мягкость на ощупь, воздушность, характерный блеск и приятное туше. Вышеуказанные особенности также зависят от структуры ткани и условий их формирования на ткацком станке. Актуальной проблемой является обеспечение этих свойств на высоком уровне.

На структуру ткани и создание крепового эффекта большое влияние оказывают также следующие основные факторы: соотношение натяжения основных и уточных нитей, которое влияет на расположение нитей в ткани; соотношение длин упругой системы заправки нитей основы и ткани; соотношение количества основных и уточных нитей приходящихся на единицу длины; сила прибора уточной нити; конфигурация конструктивно-заправочной линии; отвод и уборка наработанной ткани.

В современный период экономических реформ по мере насыщения рынка различными ассортиментами шёлковых тканей большое значение в экономической эффективности производства имеет структура самой ткани, её художественно-колористическое оформление и качество тканей, которое зависит от технического уровня и совершенствования технологического оборудования.

Недостатком известных бесчелночных ткацких станков являются неблагоприятные условия формирования ткани, обусловленные высокой жесткостью упругой системы заправки станка.

На основании проведенных нами аналитических исследований условий сматывания нитей основы с ткацкого навоя [1] и конструктивно-заправочной линии бесчелночного ткацкого станка [2] разработана скальная система бесчелночного ткацкого станка, обеспечивающая увеличение длины нити основы в упругой системе заправки станка и улучшение условий формирования ткани.

Сущность разработки поясняется чертежами, где показаны на рис. 1 – схема заправки бесчелночного ткацкого станка, на рис. 2 – вариант выполнения скальной системы бесчелночного ткацкого станка (вид сверху).

Бесчелночный ткацкий станок (рис. 1), содержит навой 1 для нитей основы 2, подскальную трубу 3, прикрепленную к боковым рамам 4 станка посредством кронштейна 5 (рис. 2), натяжное скало 6, установленное на рычаге 7, смонтированном на подскальной трубе 3 с возможностью качания относительно оси, другое плечо 8 которого связано с исполнительным звеном 9 (на чертеже показан условно) механизма отпуска основы. Станок снабжен дополнительным скало (направляющим валиком) 10, который установлен на встроенных держателях 11, смонтированных на подскальной трубе 3, причем дополнительное скало 10 размещено между навоем 1 и скалом 6 в наружной стороне от

вертикальной оси скала 6. При этом диаметр дополнительного скало (направляющего валика) d_{HB} и диаметр скала d_C находятся в следующем соотношении:

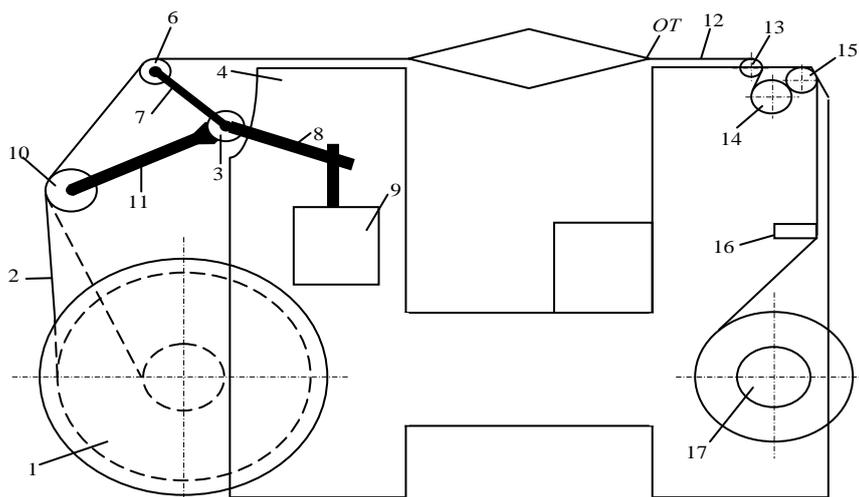


Рис. 1. Схема заправки бесчелночного ткацкого станка

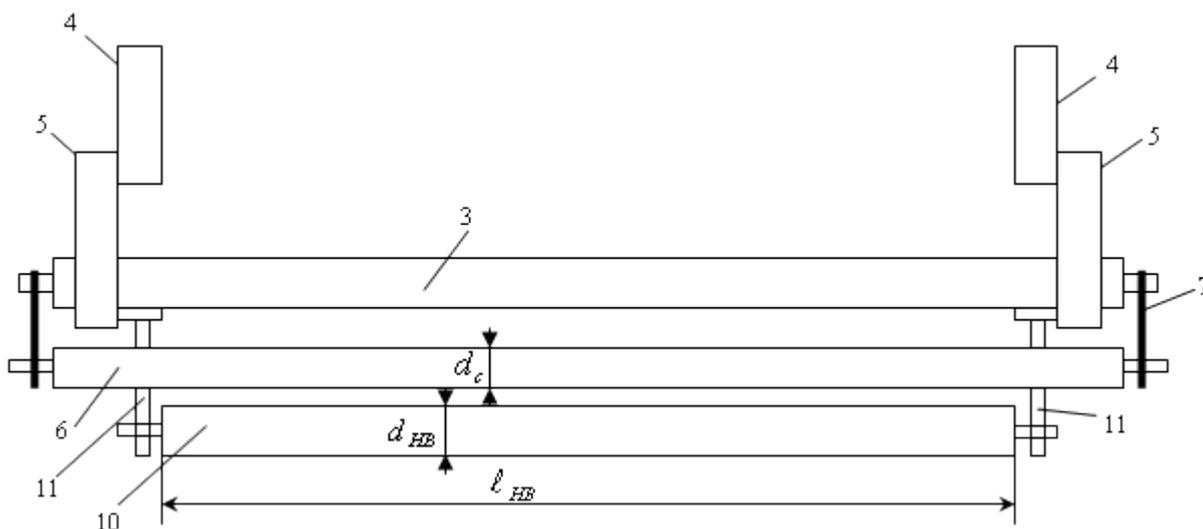


Рис. 2. Вариант выполнения скальной системы бесчелночного ткацкого станка (вид сверху)

$$1,0 \leq \frac{d_{HB}}{d_C} \leq 2,5 \quad (1)$$

Диаметр дополнительного скало (направляющего валика) d_{HB} выбран в зависимости от его длины l_{HB} в соответствии с условием:

$$d_{HB} \geq (0,05 \div 0,07) l_{HB} \quad (2)$$

Например, для станка типа СТБ 220 $d_{HB} = 132 \text{ мм}$. Из выше приведенного соотношения принимаем $d_C = 52 \text{ мм}$. Занижение указанного предела приводит к нежелательному увеличению диаметра скало и увеличению инерционности скало, а её завышение приводит к снижению жесткости и прогибу скало. При этом диаметр

направляющего валика d_{HB} и диаметр скала d_C предпочтительно находятся в следующем соотношении:

$$2,0 \leq \frac{d_{HB}}{d_C} \leq 2,5 \quad (3)$$

Во время работы станка нити основы 2 сматываемые с ткацкого навоя 1 огибают дополнительное скало 10, натяжное скало 6 и проходят над подскальной трубой 3. Сформированная ткань 12 огибая грудницу 13, вальян 14, прижимной валик 15 и планку 16 навивается на товарный валик 17.

Как видно из чертежа, введение в конструкцию станка дополнительного скала (направляющего валика) 10 и размещение его между ткацким навоем 1 и натяжным скалом 6 в наружной стороне станка от вертикальной оси скала приводит к увеличению длины нити основы, заключенной от ткацкого навоя 1 до опушки ткани ОТ, в упругой системе заправки станка без изменения компоновочных размеров основных узлов и механизмов станка, что обуславливает снижение жесткости упругой системы заправки станка и улучшение тем самым условий формирования ткани.

Таким образом, можем отметить следующее:

- совершенствована технология формирования ткани из натурального шелка на ткацком станке путём разработки модернизированной конструкции скальной системы бесчелночного ткацкого станка;

- разработаны технические решения, обеспечивающие увеличение длины нити основы, заключенной от ткацкого навоя до опушки ткани, в упругой системе заправки станка без изменения компоновочных размеров основных узлов и механизмов станка, что обуславливает, снижение жесткости упругой системы заправки станка и улучшение тем самым условий формирования ткани;

- проведены патентные исследования, подана заявка и получен патент Республики Узбекистан № FAP 00431 на «Бесчелночный ткацкий станок» [3];

- результаты работы могут быть применены при модернизации действующих, а также при проектировании и разработке новых типов ткацких станков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахунбабаев О.А. Исследование сматывания нити основы с ткацкого навоя при выработке тканей из натурального шелка // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. № 2С. С. 73-76.
2. Ахунбабаев О.А. Сравнительный анализ основных элементов конструктивно-заправочной линии ткацких станков // Проблемы механики. 2006. № 6. С. 30-37.
3. Ахунбабаев О.А., Валиев Г.Н. Бесчелночный ткацкий станок : патент Республики Узбекистан № FAP 00431. 2008. Бюл. № 12.

REFERENCES

1. Axunbabayev O.A. (2008). Issledovanie smatyvaniya niti osnovy s tkatskogo navoya pri vyrabotke tkaney iz naturalnogo shelka [Study to uncoil string of the base with weaver's beam at production fabric from natural silk]. Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstilnoy promyshlennosti – Textile Industry Technology, No. 2С, pp. 73-76.
2. Axunbabayev O.A. (2006). Sravnitelnyy analiz osnovnykh elementov konstruktivno-zapravochnoy linii tkatskikh stankov [Benchmark analysis main element constructive-refueling Lines loom]. Problemy mekhaniki – The Problems of Mechanics, No. 6, pp. 30-37.

3. Axunbabayev O.A., Valiyev G.N. (2008). Beschelnochnyy tkatskiy stanok [Shuttleless loom]. Patent UZ, No. FAP 00431.

УДК [677.074:687.11/2]:677.21

О ЖЕСТКОСТИ НИТИ НА ИЗГИБ В СТРУКТУРЕ СТРОЕНИЯ ТКАНИ

THE STIFFNESS OF THE THREADS IN BENDING IN THE STRUCTURE OF STRUCTURE OF THE FABRIC

Н.М. Сокерин, Н.А. Грузинцева, М.С. Рощупкина
N.M. Sokerin, N.A. Gruzintseva, M.S. Roschupkina

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: ng@ivgpu.com

В работе представлен один из вариантов определения изменений жесткости нитей в структуре строения ткани с учетом линейных плотностей нитей (текс) и линейных плотностей расположения нитей (н/дм).

Ключевые слова: нить, жесткость, ткань, изгиб, прочность, разрывная нагрузка

The paper presents one of the variants of identify changes in stiffness of the filaments in the structure of structure of the tissue based linear density of yarn (Tex) and linear densities of yarns (n/dm).

Key words: thread, stiffness, fabric, bending, strength, breaking load

Известно, что в процессе формирования ткани на ткацком станке нити основы и утка претерпевают различные деформации растяжения и изгиба. Особое внимание уделяется в большей степени нитям основы, которые перенапрягаются в условиях образования зева и прибоа утка.

Количество циклов механического воздействия на нити основы зависит от линейной плотности ткани по утку, толщины нитей обеих систем (основы и утка) и от длины нитей основы в заправке станка от навоя до опушки ткани [1, 2].

Для определения жесткости нити на изгиб в структуре строения ткани воспользуемся рекомендуемой проф. Г.В. Степановым формулы [2, с. 290]:

$$F_x = 4\pi^2 \cdot A_x \cdot \frac{P_z^2}{R_z^2}, \quad (1)$$

где F_x - натяжение соответствующей системы нити в ткани, Н;
 A_x - жесткость нити на изгиб в структуре ткани, Н/мм²;
 P_z - линейная плотность ткани по основе или утку, нити/мм;
 R_z - раппорт ткани по основе или утку, нитей.

В расчете примем две ткани костюмной группы с параметрами по плотности 4,03 нити/мм и 3,9 нити/мм. Линейные плотности по основе этих тканей 36 и 42 текс, по утку – 50 и 42 текс соответственно. Одна ткань работает атласным переплетением 5/2, а другие – обратной саржей 3/1 с раппортом по основе 8 нитей [3].

В работе определялись удельные разрывные нагрузки нитей через средневзвешенные значения из сортировок хлопка-волокна с показателями прочности волокна, штапельной длины волокон и их линейной плотности. При этом были получены следующие численные величины (P_x) удельных разрывных нагрузок 10, 12, 15 и 25 сн/текс [4].

$$F_x = F_n = P_x \cdot T_i, \text{ (сн)}, \quad (2)$$

где P_x - удельная разрывная нагрузка нити, полученная по уравнению А.Н. Соловьева;
 T_i - линейная плотность пряжи, текс.

Жесткость нити в ткани на изгиб при ее формировании на ткацком станке определяется с учетом (1 и 2) в виде

$$A_x = F_{нз} \cdot \frac{R_z^2}{4\pi^2 P_z^2}, \text{ н/мм}^2 \quad (3)$$

Подстановкой численных значений в уравнение (3) получаем величины жесткости нити на изгиб в принятых тканях при максимальных значениях натяжения нитей $[(F) \downarrow (н)]$

Результаты расчетов по определению жесткости нитей на изгиб в тканях согласно переплетения с раппортом нитей 5/2 представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчетов жесткости нитей на изгиб в атласном переплетении 5/2

Удельная разрывная нагрузка, P_x , (сн/ T_x)	36 текс		42 текс		50 текс	
	прочность на разрыв, $F_{нз}$, (сн)	жесткость на изгиб A_x (н/мм ²)	прочность на разрыв, $F_{нз}$, (сн)	жесткость на изгиб A_x (н/мм ²)	прочность на разрыв, $F_{нз}$, (сн)	жесткость на изгиб A_x (н/мм ²)
10	360	0,1129	420	0,1311	500	0,1561
12	432	0,1345	504	0,1574	600	0,1873
15	540	0,1686	630	0,1937	750	0,2342
25	900	0,2810	1050	0,3279	1250	0,3903

Результаты расчетов по определению жесткости нитей на изгиб в тканях саржевого переплетения с раппортом переплетения обратная саржа 3/1 (8 нитей в раппорте) представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты расчетов жесткости нитей на изгиб в обратной сарже 3/1

Удельная разрывная нагрузка, P_x , (сн/ T_x)	36 текс		42 текс		50 текс	
	прочность на разрыв, $F_{нз}$, (сн)	жесткость на изгиб A_x (н/мм ²)	прочность на разрыв, $F_{нз}$, (сн)	жесткость на изгиб A_x (н/мм ²)	прочность на разрыв, $F_{нз}$, (сн)	жесткость на изгиб A_x (н/мм ²)
10	360	0,3073	420	0,3585	500	0,4288
12	432	0,3687	504	0,4302	600	0,5121
15	540	0,4609	630	0,5377	750	0,6402
25	900	0,7682	1050	0,8962	1250	1,0669

По результатам данных таблиц построены графики изменения жесткости нити на изгиб ткани с учетом разрывной прочности.

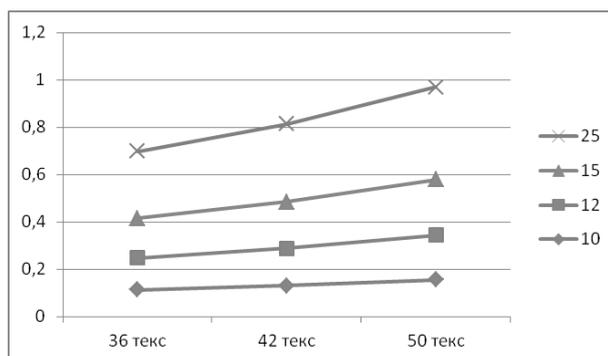


Рис. 1. График изменения жесткости нитей на изгиб в атласном переплетении 5/2

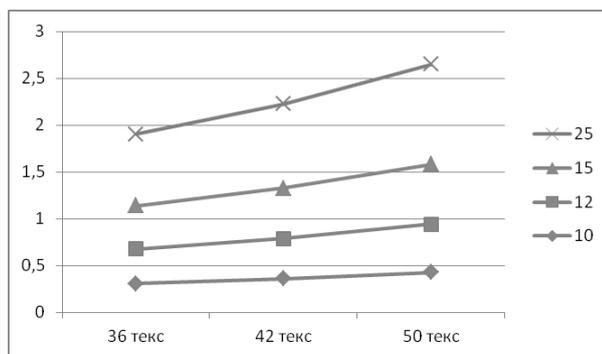


Рис. 2. График изменения жесткости нитей на изгиб в саржевом переплетении 3/1

По данным результатов работы и графиков видно, что при одинаковых линейных плотностях нитей и одинаковых разрывных нагрузках жесткость нити на изгиб в формируемых тканях не имеют прямопропорциональной зависимости от разрывной прочности. Жесткость нити на изгиб возрастает с увеличением раппорта нитей в ткани, и значительно увеличивает изгибную жесткость увеличение разрывной прочности нити.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миловидов, Н.Н. Выносливость пряжи при многократном растяжении / Н.Н. Миловидов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, 1964, №2, с. 77.
2. Сокерин, Н.М. Вариация натяжения нити изменением зазора между шайбами / Н.М. Сокерин, Н.А. Грузинцева, М.В. Комиссарова // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, 2009, №2, С. 114-116.
3. Степанов, Г.В. Теория строения ткани / Г.В. Степанов, С.Г. Степанов. – Иваново. 2004. – 492 с. [с. 290. ф. 7.31].
4. Панин, А.И. Оптимизация способов питания ткацких станков утком / А.И. Панин, О.А. Ракова, И.В. Рыбулина, Н.А. Николаева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, 2014, №6, С. 58-61.

REFERENCES

1. Milovidov, N.N. Endurance yarn repetitive sprain / N. N. Milovidov // Izv. universities. Technology of textile industry, 1964, №2, p. 77.
2. Sakerin, N.M. The variation of the yarn tension changes of the gap between the washer / N.M. Sakerin, N.A. Gruzintseva, M.V. Komissarova // Izv. universities. Technology of textile industry, 2009, №2, P. 114-116.
3. Stepanov, G.V. Theory of the structure of the fabric / G.V. Stepanov, S.G. Stepanov. – Ivanovo. 2004. – 492 p. [p. 290. f. 7.31].
4. Panin, A.I. Optimization methods for power looms the carpet / A.I. Panin, O.A. Rakov, I.V. Rubolino, N.A. Nikolaev // Izv. universities. Technology of textile industry, 2014, № 6, P. 58-61.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ОЦЕНКА НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВОЛОКОН В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ПРЯЖИ

COMPUTER EVALUATION OF THE UNEVEN ARRANGEMENT OF FIBERS IN THE CROSS SECTION OF THE YARN

О.А. Мякишева С.В. Павлов

O.A. Myakisheva, S.V. Pavlov

**Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University**

E-mail: olga.myakisheva@rambler.ru, pavlov_sergej12@mail.ru

Разработан компьютерный метод оценки секториальной и радиальной смешанности волокон в пряже, основанный на анализе цифрового изображения ее поперечного сечения, полученного при фотографировании. При проведении исследования первоначально была разработана обоснованная последовательность выполнения операций по подготовке и фотографированию поперечного среза пряжи. Непосредственное измерение проводилось на основании специально разработанной компьютерной программы, где первоначально оператору необходимо выделить периметр сечения пряжи для определения его центра, относительно которого программа проводит разделение поперечного сечения на сектора. В каждом секторе программа подсчитывает количество волокон, на основании которых определяет коэффициенты секториальной и радиальной неровноты, а также коэффициент миграции. Кроме этого, программа рассчитывает общее процентное соотношение волокон, составляющих смесь. Программа защищена Свидетельствами о регистрации электронного ресурса.

Ключевые слова: волокно, пряжа, неровнота, поперечное сечение

A computerized method of assessing sectorial and diversity within the radial fibers in the yarn, based on the analysis of digital images of its cross-section obtained when photographing. The study was originally developed by a legitimate sequence of operations for preparing and photographing the cross-section of yarn. Direct measurement was conducted using a specially developed computer program, where the original operator is necessary to highlight the perimeter of the cross section of the yarn to determine its center relative to which the software performs the separation of the cross section on the sector. In each sector, the program calculates the number of fibers on the basis of which determines the sectorial coefficients and radial irregularity, and the migration rate. In addition, the program calculates the total percentage of fibers that make up the mixture. The program is protected by Certificates of registration of an electronic resource.

Keywords: fiber, yarn, yarn uniformity, cross section

Свойства смешанных тканей в значительной мере обусловлены величиной процентного соотношения видов волокон, используемых в смеси, в том числе равномерным распределением волокон внутри пряжи по ее поперечному сечению. Существуют классические методы измерения, традиционно применяющиеся на предприятиях и являющиеся достаточно трудоемкими при проведении анализа расположения волокон в пряжи [1]. Перспективными являются информационные технологии, основанные на обработке информации об объекте измерения, полученной с помощью компьютерной программы [2,3]. Это связано не только с доступностью данной техники, но и возможность решения большего круга задач с меньшими затратами.

Разработанный метод по оценке качества смешанности волокон различного природного происхождения по цифровому изображению поперечного среза пряжи позволяет в полуавтоматическом режиме рассчитать такие показатели смешанности как: процентное соотношение волокон, радиальную и секториальную неровноту расположения волокон в поперечном сечении пряжи, индекс миграции волокон. Формулы расчета указанных показателей описано в [4,5]. В качестве конкретного объекта исследования была проанализирована суровая хлопколавсановая пряжа линейной плотностью $T=25$ текс.

Подготовка пряжи для срезов проводилась следующим образом. Для того, чтобы сохранить структуру и форму продукта, конец пряжи заправлялся в капсулу и через отверстие в ее дне закреплялся в пластичном материале (пластилине). Другой конец закреплялся на держателе таким образом, чтобы капсула была в подвешенном состоянии, а пряжа в капсуле располагалась по ее центру. Подготовленная капсула с пряжей затем заливалась эпоксидным клеем, состоящим из эпоксидной смолы, пластификатора и отвердителя. Полученным раствором заливается пряжа в капсуле, где происходит постепенное его затвердевание образуя затвердевший блок, который легко режется. Из затвердевшего блока готовится пирамидка и на ультрамикротоме УМТ-2 сколом стеклянного ножа делаются срезы. Срез помещается между лабораторными стеклами и закладывается под микроскоп, на конце которого располагается фотоаппарат, позволяющий под увеличением сделать фотографию поперечного сечения (среза) пряжи. Полученная фотография сохраняется как изображение в формате jpg, удобное для дальнейшей его обработки в специальной компьютерной программе, способную в полуавтоматической форме обработать фотографию и рассчитать показатели распределения волокон в поперечном сечении пряжи, на которую получено Свидетельство о регистрации [6].

Проведем описание работы в программе при количественной оценке волокон и расположения их относительно центра поперечного сечения.

Получив фотоизображение поперечного сечения пряжи, оператор открывает его в программе. Для этого необходимо выбрать в контекстном меню на «ветви» «Изображение» пункт «Открыть». Выбранное изображение появляется на рабочей панели. Далее оператор выделяет границы изображения. Для этого необходимо выделить на «ветке» «Рабочая область» пункт «Добавить границу».

После выбора необходимой границы оператор кликает на то место на изображении, где должна находиться граница. Изменить положение границы можно, либо удалив границу, и снова добавив ее, либо в свойствах границы. Чтобы добавить компоненты в проект, оператор выбирает на «ветке» «Компоненты» и в появившемся диалоге выбирает количество компонентов. В свойствах компонента можно задать имя волокна и изменить цвет. Далее оператор на «ветке» «Компоненты» выбирает «Начать рисование». После этого программа перейдет в режим рисования, в котором оператор выделяет точки-волокна на рисунке. Оператор, выбрав волокна конкретного вида, выделяет их с помощью компьютерной мыши (рис. 1). Затем аналогичным образом выделяет волокна другого волокна. Чтобы выйти из режима рисования, нужно на «ветке» «Компоненты» выбрать «Закончить рисование». Для оценки неровности расположения волокон по сечению пряжи оператор на «ветке» «Координатная сетка» и выбирает «Добавить координатную сетку». В появившемся диалоге выбирает тип сетки (кольцевая или секторная) и количество секторов. Удаление, изменение вида сетки и количества секторов оператор может в свойствах сетки.

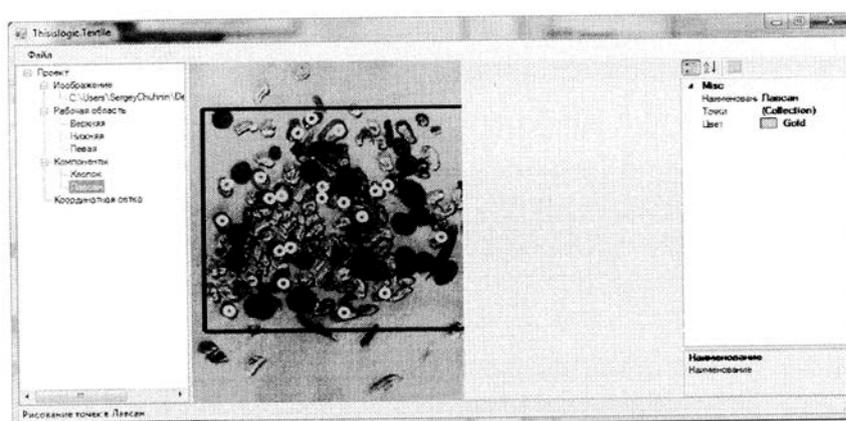


Рис. 1 Выделение волокон разными цветами

Так для оценки радиальной неровноты расположения волокон в рабочем окне программы выбирается операция «Тип сетки, кольцевая» (рис. 2), после чего программа в автоматическом режиме делит поперечное сечение на 5 колец одинакового размера в соответствии с размерами выделенного сечения, заданными ранее. Далее при нажатии клавиши «Произвести расчет» программа в автоматическом режиме вычисляет радиальную неровноту. Для хлопкового волокна она составила 54%, а для лавсана 46%. Такие значения означают, что волокна хлопка и лавсана расположены относительно центра сечения пряжи очень неравномерно. Для оценки секториальной неровноты смешанности волокон в рабочем окне программы выбирается операция «Тип сетки, секторная» (рис. 3). После нажатия клавиши программа в автоматическом режиме зарисовывает сетку из 12 одинаковых секторов центром в сетки в центре поперечного сечения пряжи. Далее при нажатии клавиши «Произвести расчет» программа в автоматическом режиме вычисляет секториальную неровноту. При выполнении указанных действий программа определила, что секториальная квадратическая неровнота по хлопковому волокну составляет 38%, а по лавсановому волокну 39%. Получив такие результаты, был сделан вывод о том, что неровнота секториального расположения волокон хлопка и лавсана очень высокая.

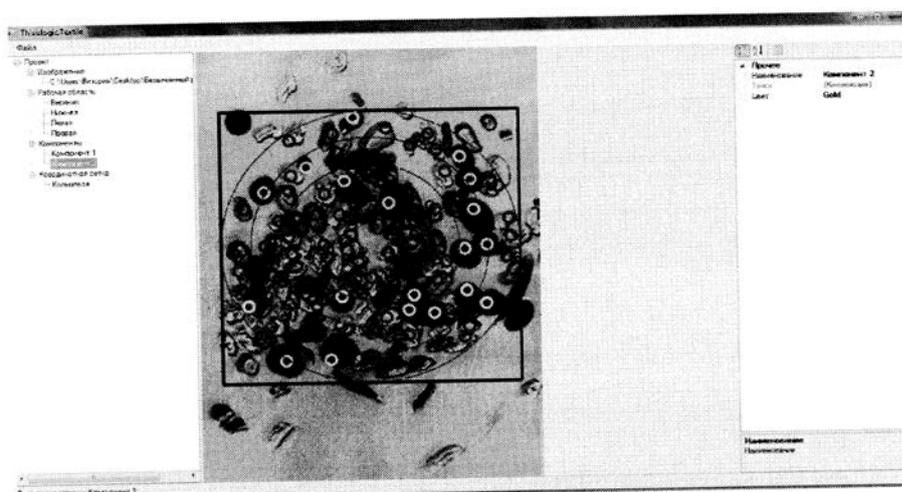


Рис. 2 Определение радиальной неровноты

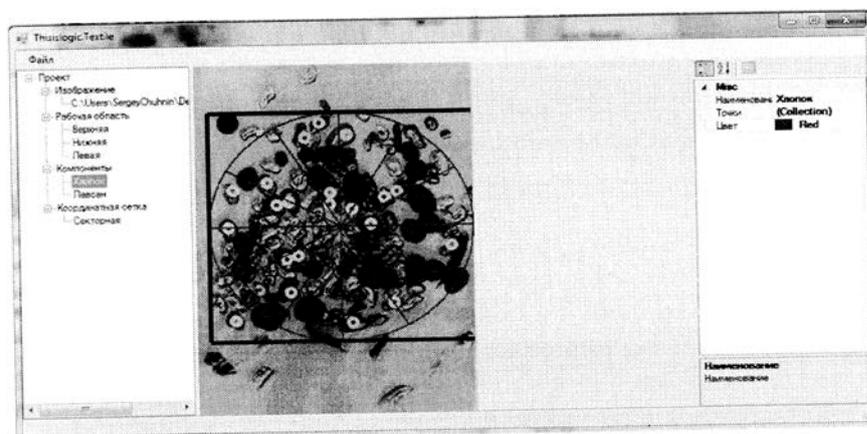


Рис. 3. Определение секториальной неровноты

Кроме этого, программа в автоматическом режиме по введенным в нее формулам рассчитывает индекс миграции, который для хлопка составил 12%, а для лавсана - 7%. На основании полученных значений делаем вывод, что миграция компонента хлопка

происходит в наружные слои пряжи, а компонента «лавсан» происходит во внутренние слои пряжи.

Имея данные о количестве волокон хлопка и лавсана в поперечном сечении, программа определяет процентное соотношение смеси волокон. Поскольку общее количество волокон в сечении составляет 132 волокна и из них хлопка 104, а лавсана 28, то процентное соотношение составит: хлопка – 78%, а лавсана -22%.

Представленный компьютерный способ позволяет оценить в полуавтоматическом режиме смешанность волокон разного природного происхождения, проводя анализ цифрового фотоизображения поперечного сечения пряжи и позволяющий определить значения секториальной и радиальной неровноты, индекс миграции, а также процентное соотношение волокон в смеси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тувин А.А. Совершенствование системы контроля технологических процессов прядильного производства / А.А. Тувин, С.П. Зимин, Б.Н. Гусев // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - №5. – 2004.
2. Алеева С.В. Определение соотношения полиэфирных и льняных волокон в пряже на основе цветовых измерений / С.В. Алеева, С.А. Кокшаров // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - №5. – 2009.
3. Гончаренко Ю.А. Исследование метода компьютерного распознавания волокнистого состава двухкомпонентной пряжи / Ю.А. Гончаренко // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - №3. – 2012.
4. Кукин, Г.Н., Соловьев, А.Н., Кобляков, А.И. (1985)Текстильное материаловедение (волокна и нити): Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат – 352 с.
5. Севостьянов, А.Г. (1980) Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности: Учебник для вузов текстил. пром-ти. — М.: Легкая индустрия, - 392 с.
6. Мякишева, О.А., Павлов, С.В. (2013) Свидетельство регистрации электронного ресурса №19244 в ИНПИ «ОФЭРНиО» // Программа оценки радиальной и секториальной неравномерности расположения волокон в поперечном сечении пряжи

REFERENCES

1. Tuvin A.A. Improvement of control systems of technological processes of spinning production / A.A. Tobin, S.P. Zimin, B.N. Gusev, *Izv. universities. Technology of textile industry.* - No. 5. – 2004.
2. Aleeva, S. V. Determining the ratio of polyester and linen fibres in the yarn based on color measurements / Aleev, S.V., S.A. Koksharov, *Izv. universities. Technology of textile industry.* - No. 5. – 2009.
3. Goncharenko Y.A Research method for computer recognition of the fibrous composition of two-component yarn / Y.A. Goncharenko, " *Izv. universities. Technology of textile industry.* - No. 3. – 2012.
4. Kukin, G.N., Soloviev, A. N., Koblyakov, A.I. (1985)Textile materials (fibers and threads): Textbook for universities. 2-e Izd., revised and enlarged extra - M.: Legprombytizdat – 352 p.
5. Sevostyanov, A.G. (1980) Methods and tools to study the mechanics and processes of the textile industry: Textbook for universities carpets. industry. - M: Light industry, - 392 p.
6. Myakisheva, O.A., Pavlov, S.V. (2013) Evidence of registration of electronic resource No. 19244 in INPI "OFERNiO" // Program to evaluate the radial and sectorial irregular arrangement of fibers in the cross section of the yarn

**АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШВЕЙНЫХ МАШИН
УНИВЕРСАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С РАЗНЫМ НАБОРОМ АВТОМАТИЧЕСКИХ
ФУНКЦИЙ**

**ANALYSIS OF NECESSARY USAGE OF ALL-PURPOSE SEWING MACHINES
WITH DIFFERENT KINDS OF AUTOMATIC FUNCTIONS**

В.В. Козырев¹, О.В. Радченко², М.В. Козырев³
V.V. Kozurev¹, O.V. Radchenko², M.V. Kozurev³

Ивановский государственный политехнический университет

ООО «ТрансМеталл» (Иваново)

Ivanovo State Polytechnic University

ООО «TransMetall» (Ivanovo)

E-mail: kozirev@yandex.ru, radchenale@yandex.ru, m.kozirev@transmetall.ru

С учетом инновационных направлений развития швейного оборудования предложена систематизация швейных машин общего назначения с разным набором вспомогательных автоматических функций, ориентированных на ресурсосберегающие технологии швейной промышленности

Ключевые слова: швейное производство, ресурсосберегающие технологии, швейные машины, вспомогательные автоматические функции, встроенный двигатель, сервопривод

In the light of innovative directions of sewing equipment development the classification of general purpose machines with different kinds of additional automatic functions was offered. The mentioned functions are directed to resources-saving technologies of sewing production

Key words: clothing manufacture, resource-saving technologies, sewing machines, supporting automatic functions, direct drive, servo drive

Технологические аспекты выбора швейных машин для производств, выпускающих одежду из ткани и трикотажных полотен, основываются на информации о специализации предприятия, мощности, свойствах, перерабатываемых материалов, и организации процесса изготовления [1,с.86, 2,с.109]. Насколько актуален подобный подход в современных условиях, и какие новые возможности предлагают производители оборудования, установлено при проводимом на протяжении ряда лет системном изучении инновационных направлений развития технических средств для оснащения швейных потоков [3, с.24, 4,с.105].

Снижение трудоемкости, выпускаемой продукции, энергоемкости технологии всегда является приоритетной задачей для любого производства. В настоящее время для большинства предприятий, выпускающих швейные изделия, изменяется основной вектор решения данной задачи. Реализация общепринятой ранее концепции комплексной механизации всего производственного процесса входит в противоречие с уменьшением величины заказов при широкой шкале размеро-ростов, необходимостью постоянного изменения выпускаемых моделей, а часто и изменением ассортиментной политики предприятия. Не пригодна комплексная механизация и для предприятий малой мощности, часто использующих пачковый запуск при организации пошива изделий с частичным разделением труда или концентрации выполнения операций на одном рабочем месте. В такой ситуации одним из путей снижения трудоемкости является уменьшение затрат времени на вспомогательные приемы внутри операции или группы операций.

Цель работы – систематизация швейных машин общего назначения с разным набором вспомогательных автоматических функций, ориентированных на ресурсосберегающие

технологии швейной промышленности. Современный рынок швейного оборудования создает все необходимые предпосылки, предлагая универсальные машины разнообразного функционального исполнения для соединения материалов с разными свойствами. Это дает возможность выбора машин, имеющих рациональное техническое оснащение, способное гарантировать максимальный эффект при минимальном сроке окупаемости.

В общем виде переход на машины с автоматикой вспомогательных приемов не ограничивается снижением трудоемкости. Такой переход гарантирует изменение качественных показателей изделий, повышает общую культуру производства. Эти факторы нельзя не учитывать, но для оценочных действий при выборе уровня автоматизации перспективным является ориентация на экономическую целесообразность.

В работе проведен системный анализ основных автоматических функций универсальных швейных машин челночного стежка в их взаимосвязи с условиями производственного процесса. В качестве объекта исследования рассмотрено оборудование торговой марки JASK (производитель Китай), что обосновано:

- умеренной ценовой группой;
- значительными объемами поставок машин на рынок России;
- вариативностью оборудования по набору автоматических функций;
- постоянная работа производителя по совершенствованию машин.

К первой оценочной группе отнесен класс JK-9100 В (ВН), не относящийся по своей классификации к машинам с автоматизацией вспомогательных приемов. JK-9100 В (ВН) имеет встроенный электропривод и рекламируется поставщиками как оборудование с минимальным энергопотреблением. Технологические преимущества такого оборудования гораздо шире. Рекламные материалы производителя и опыт практической эксплуатации показывают, что возможность регулирования скорости обеспечивает:

- рост коэффициента использования скорости шитья за счет быстрого выхода на её целесообразное значение;
- снижение обрывности ниток за счет рациональной и постоянной динамики разгона и останова.

Указанные преимущества могут быть реализованы на универсальных швейных машинах, оснащенных не только на оборудование со встроенными, но и внешними энергосберегающими приводами. При поставке должна быть оговорена замена фрикционного привода на энергосберегающий.

Для машин со встроенными сервоприводами или для оборудования с внешними энергосберегающими приводами в более дорогом исполнении характерно наличие функции позиционирования иглы в одном заданном и заранее настроенном положении. Наличие такой опции может обеспечить технологическое преимущество при выполнении перехватов и поворотов за счет исключения проскальзывания материала под лапкой при её слабом прижиме (настройка позиционирования иглы в нижнем положении). Регулировки малого усилия прижима пакета материалов под лапкой часто необходимы для легкодеформируемых и посаживаемых материалов. Целесообразно выполнять настройку нижнего позиционирования и для шитья по сложному контуру с поворотами.

Таким образом, класс JK-9100 В (ВН) - это машины общего назначения для небольших производств, где на рабочем месте выполняется множество разнообразных технологических операций ниточного соединения деталей с близкой конфигурацией и длиной срезов на одной рациональной скорости шитья. В ходе изучения данного оборудования выявлен общий недостаток, как прямых приводов, так и внешних энергосберегающих приводов. Необходимо отметить, что особенность крепления двигателя к машине без возможности их расцепления требует от оператора приложить значительные усилия при ручном вращении махового колеса для точного позиционирования прокола относительно срезов. Рост усилий отмечен по сравнению с использованием классического фрикционного привода.

Пример оборудования второй группы – это класс JK-SHIRLYI II B с ограниченным числом функций автоматизации вспомогательных приемов: обрезка ниток, позиционер иглы, автоматическая закрепка, нитеотводчик, регулирование скорости шитья. Данный класс относится к машинам массового применения в технологических процессах разной мощности, выпускающих широкий ассортимент изделий. Замена ручных подготовительно-заключительных приемов на автоматизированные (за исключением подъема лапки в конце строчки) позволяет существенно снизить трудоемкость прокладывания ниточных строчек по линиям с простой конфигурацией. Отсутствие выносного блока управления предполагает выполнение операций с одной рациональной скоростью шитья, закрепки одного вида и размера в течение длительного времени. Такая техника шитья массово применяется в производстве при подачи полуфабриката из рулона или поштучно из пачки без подъема лапки.

Третья группа - класс JK-SHIRLYI II B- 4 с полным объемом функций автоматизации вспомогательных приемов: обрезка ниток, позиционер иглы, автоматическая закрепка, нитеотводчик, регулирование скорости шитья, автоматический подъем лапки. Наличие функции подъема лапки позволяет использовать оборудование на операциях выполняемых внутри детали, эффективно выполнять операции с поворотами на сложном контуре.

В последних разработках фирмы JACK для классов JK-SHIRLYI II B и JK-SHIRLYI II B-4 со встроенными приводами дополнительно введена панель настроек параметров автоматических функций, размещенная справа на стойке рукава швейной машины. Данная особенность позволяет создать рабочее место, на котором оператор (швея) может самостоятельно изменять параметры автоматических опций.

Ранее на рынке швейного оборудования торговой маркой JACK были представлены модели машин имеющие выносной блок управления, расположенный в удобной для оператора верхней зоне рукава. Например, класс JK8991DYN-4SS (четвертая группа) позволяет быстро осуществить переход с одной операции на другую с различными наборами автоматических приемов, последовательности их выполнения и с разными параметрами настройки шаблонов шитья. Подобные машины широко представлены на рынке оборудованием других производителей Juki, Siruba, Maxdo, Typical и др.

Общие рекомендации по применению машин общего назначения с автоматизацией вспомогательных приемов сформулированы в таблице 1.

Таблица 1

Рекомендации использования машин общего назначения с различным набором автоматических функций

Набор вспомогательных автоматических функций для универсальной швейной машины торговой марки JACK				Рекомендации использования швейных машин. Уровень ценовой группы (в процентах от базовой комплектации универсальной машины JACK)
регулировка и установка постоянной скорости шитья	обрезка ниток, позиционер иглы, автоматическая закрепка, нитеотводчик	автоматический подъем лапки	пульт с шаблоном и шитья	
Первая группа JK-9100 B	-	-	-	- малая мощность; - многоассортиментные потоки. Уменьшение цены на 3-5 %
Вторая группа JK-SHIRLYI II B	-	-	-	- малая и средняя мощность; - пачковый запуск; - обработка деталей, имеющих прямые или несложной конфигурации срезы. Увеличение цены на 105-110%

Третья группа JK-SHIRLYI II B-4	-	- средняя мощность; - пачковый запуск; - обработка деталей со срезами различной кривизны. Увеличение цены на 130-135%
Четвертая группа JK8991DYN-4SS		Рекомендации аналогичны третьей группе машин с набором автоматических функций. Дополнительно - соединение деталей по заданному контуру с отсчетом количества стежков, закрепками вначале и конце строчки при условии высокой точности кроя настрачиваемых деталей, сопряженности срезов стачиваемых деталей. Увеличение цены на 165-175%

Таким образом, при ориентации производства на использование машин с автоматикой необходимо учитывать не только экономическую эффективность от применения такого оборудования, но и изменения в системе «человек-машина» связанные с сокращением трудовых нерациональных приемов. Внедрение таких технических средств необходимо начинать с переподготовки кадров по целесообразному применению функций автоматике и правильному управлению исполнительными механизмами автоматике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изменение в принципах технологического выбора швейных машин / В.В. Козырев, О.В. Радченко, М.В. Козырев // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-2013): Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. – Иваново: ИГТА, 2013. Часть 2– С.86-88.
2. Метелева, О.В. Теоретическое обоснование эффективного применения химических материалов при изготовлении защитных швейных изделий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. – №4. – С.109-113.
3. Корнилова Н.Л., Чистобородов Г.И., Федосов С.В. Будущее отрасли – технический текстиль, функциональные материалы с новыми или улучшенными эксплуатационными свойствами // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2014. – №4. – С.24-28.
4. Метелева, О.В. Самоклеящийся материал как основа формирования непроницаемого соединения в одежде / О.В. Метелева, Е.В. Дьяконова, Л.И. Бондаренко // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – Том 353. – № 5. – С. 105-109

REFERENCES

1. The change in principles of technological selection of sewing machines/ V.V. Kozurev, O.V. Radchenko, M.V. Kozurev // Modern science-intensive technologies and advanced materials of textile and light industry (Progress-2013): Report theses of international scientific-and-technological conference – Ivanovo: ISTA, 2013. Part 2 – P.86-88.
2. Meteleva, O.V. Theoretical Substantiation of Effective Application of Chemical Materials when Manufacturing Protective Garments // Textile industry technology. 2013. – №4. – p.109-113.
3. Kornilova N.L., Chistoborodov G.I., Fedosov S.V. Industry Trends Focused on Technical Textiles, Functional Materials with New or Improved Operational Properties // Textile industry technology. 2014. – №4. – p.24-28.
4. Metelyova O.V., Dyakonova E.V., Bondarenko L.I. Self-Glued Material as the Basis of Formation of Impenetrable Connection in Clothes // Textile industry technology. 2014. – №5. – p.105-109.

К ПРОБЛЕМЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАСКИРОВОЧНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ И ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

TO THE PROBLEM OF ASSESSING THE EFFECTIVENESS OF MASKING PROPERTIES OF MATERIALS AND GARMENTS FOR SPECIAL PURPOSES

И.Ю. Белова

I.Y. Belova

Ивановский государственный политехнический университет

Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: belovairina2012@mail.ru

В статье приведен краткий аналитический анализ методов оценки маскировочных свойств материалов и изделий специального назначения. Показана целесообразность комплексного исследования для получения объективной оценки эффекта камуфлирующей защиты, включающей в себя, оценку отражательной способности текстильных материалов в видимой области спектра электромагнитного излучения и ближней ИК-области, а также получение термографических изображений, характеризующих способность материалов пропускать (рассеивать) тепловое излучение, идущее от объекта.

Ключевые слова: маскировка, электромагнитное излучение, спектральная область, приборы ночного видения, термографическое изображение

The article provides a brief analysis of the analytical methods for assessing the properties of camouflage materials and products for special purposes. The expediency of a comprehensive study to obtain an objective assessment of the effect of camouflage protection: score textile reflectance in the visible region of the electromagnetic spectrum and the near infrared region; obtain infrared images that characterize the ability of materials to pass (scatter) thermal radiation coming from the object.

Key words: masking, electromagnetic radiation, the spectral region, night vision devices, infrared images

Изменившаяся за последние десятилетия геополитическая картина мира привела к возрастанию роли войск специального реагирования в укреплении обороноспособности страны. Разработка современной и обоснование перспектив усовершенствования экипировки военнослужащих провозглашаются одной из приоритетных задач государства в плане модернизации и переоснащения вооружённых сил Российской Федерации. Такой подход не случаен, так как экипировка – одна из важнейших составляющих обеспечения боеспособности солдат, повышения их выживаемости и сохранения тысяч жизней.

В общих чертах современная боевая экипировка – сложная интегрированная система, функционально объединяющая в себя элементы подсистем поражения, защиты, управления, жизнеобеспечения и энергообеспечения.

Ведущие страны мира в настоящее время проводят обширные экспериментально-теоретические исследования в области экипировки с целью резкого повышения возможностей отдельного военнослужащего на поле боя. В ведущих странах НАТО в рамках национальных программ проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в целях совершенствования существующей и создания новой экипировки военнослужащих, в том числе в рамках программы «солдат будущего». Приоритетные направления – широкое использование новых материалов и технологий для разработки перспективного носимого вооружения, единого информационного поля, уменьшение массы комплекта обмундирования и снаряжения, повышение их защитных свойств, в том числе камуфлирующей защиты и износостойкости, обеспечение комфортных условий при длительном ношении, а также снижение стоимости серийных образцов.

Для изготовления изделий специального назначения, в том числе средств маскирующей защиты, разрабатываются новые технологии колорирования текстильных материалов, а также новые виды композиционных материалов, обеспечивающие электромагнитный камуфляж объекта в дневное и ночное время суток и блокирующих возможность обнаружения его приборами, детектирующими инфракрасное излучение. Маскировка фигуры или предмета в дневное время (то есть в видимой области спектра электромагнитного излучения) – это визуальное "расчленение", "разбивка" силуэта с целью лишения объекта характерных для него формы и цвета, а также придания очертания и цвета объектов окружающей среды. Таким образом, маскируемые предметы или тела "исчезают", теряя свои визуальные признаки и одновременно приобретая характерный вид для объектов окружающей среды - пятен зеленой массы листвы, стволов деревьев, камней, земли, песка и т.д.

Электромагнитное излучение инфракрасной области спектра используется в приборах ночного видения при недостаточном видимом свете, чтобы хорошо видеть, для расширения и преобразования имеющегося окружающего мира путем использования приборов ночного видения, которые увеличивают видимость в темноте, без использования видимого источника света. Область ближнего инфракрасного спектра лежит в пределах 700-1200 нм., однако в современных мобильных, полевых приборах ночного видения используется еще меньшая её часть – от 900 до 1000 нм [1].

Маскировка в ночное время, то есть в ближней инфракрасной области спектра, в которой работают современные приборы ночного видения, имеет тот же принцип, что и в дневное время. Разница заключается в том, что вместо цветовых характеристик объектов в спектральном диапазоне 400-700 нанометров выступают их характеристики в диапазоне 700-1200 нм, т.е. ближней ИК-области спектра. Вторая разница заключается в том, что маскируемый объект в дневное время скрывается от регистрации человеческим глазом, а в ночное время – приборами ночного видения. Данные приборы являются монохромными, т.е. предметы и объекты выглядят, в них различающимися только по светлоте.

Актуальность проблемы маскировки в ближней инфракрасной спектральной области, которая лежит в пределах от 700 до 1100 нм была затронута и проработана в процессе разработки технологии колорирования текстильных материалов с камуфлирующей окраской в соответствии со специальными требованиями силовых структур [2], т.к. было сказано выше именно в этой области работают современные приборы ночного видения (кроме их третьего поколения, работающего в пределах до 2000 нм и более). На рисунке 1 представлена взаимосвязь между спектральными характеристиками объекта в соответствующих полосах отражения и визуальным восприятием объекта, одетого в изделие, изготовленное из текстильного материала в приборе ночного видения.

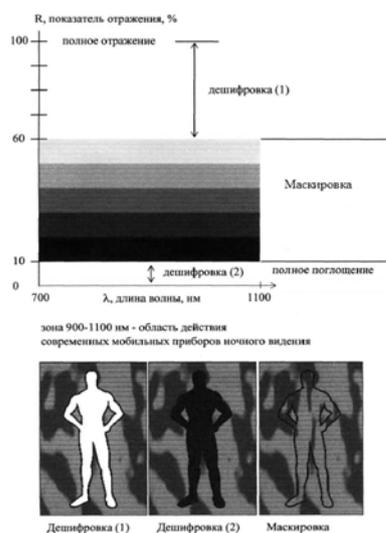


Рис. 1. Взаимосвязь между спектральными характеристиками объекта в соответствующих полосах отражения и визуальным восприятием объекта, одетого в изделие, изготовленное из текстильного материала, в приборе ночного видения

При значениях отражения, значительно превышающих 60-70%, фигура человека ярко "горит" и легко обнаруживается приборами ночного видения (1). При использовании материалов отражательные свойства, которых ниже 5-10% силуэт "проваливается" сквозь природный фон, выглядит четким черным пятном (2) и также легко дешифруется.

Эффект маскировки (3) достигается за счет того, что камуфлированный текстильный материал состоит из пятен, показатели ИК-отражения которых близки к ремиссионным характеристикам данной местности, с поправкой на необходимость "тушения" собственного излучения тела человека. Таким образом, набор значений показателей ремиссии, характерных для конкретной местности (ремиссионный профиль), называется рабочей зоной маскировки в данной местности. Таким образом, каждый вид камуфляжа, формируемый рисунком, наносимым на текстильный материал и способом его последующей отделки, обеспечивает маскировку только в той местности, для которой он разработан и предназначен. В другой местности его использование будет приводить к дешифровке объектов.

Использование инфракрасного света и приборов ночного видения не следует путать с тепловидением, которое создает изображения на основе различий в температуре поверхностей путем обнаружения излучения в инфракрасной (тепловой) области спектра, которое исходит от объектов и их окружающей среды. Появление приборов ночного видения, основанных на чувствительности в ИК- области электромагнитного спектра (области теплового излучения), привело к необходимости маскировать объекты излучающие тепло, то есть максимально снизить контраст маскируемого объекта по степени теплового излучения с окружающей средой, так как отличный способ для получения информации об объекте, т.е. его дешифровки, получение его теплового изображения в инфракрасной области спектра. Для этих целей используют приборы, детектирующие тепловое излучение. Обычно блок фокусных плоскостей таких приборов позволяет обнаруживать излучение в средней (от 3 до 5 мкм) и длинной (от 8 до 15 мкм) инфракрасной спектральной области электромагнитного излучения.

Разработка и исследование материалов и швейных изделий, обладающих теплозащитными (экранирующими) свойствами – широкое направление научно-исследовательских работ [3, 4, 5], однако все ранее выполненные работы не были связаны с тепловой маскировкой. Таким образом, для комплексной оценки эффективности маскировочных свойств материалов в производстве швейных изделий специального назначения необходимо проведение исследований как на оценку их ремиссионных свойств, т.е. оценку их отражательной способности в видимой области спектра электромагнитного излучения и ближней ИК-области, так и на получение термографических изображений готового изделия, характеризующих способность материалов, которые используются для их изготовления, пропускать (рассеивать) тепловое излучение, идущее от объекта.

На рисунках 2 и 3 представлены некоторые данные проводимых исследований маскировочных свойств материалов и изготавливаемых из этих материалов швейных изделий.

На рисунке 2 – результаты спектрального анализа двух текстильных материалов с камуфлирующей раскраской, а на рисунке 3 – термографические изображения камуфлирующих образцов, изготовленных из этих материалов (основной слой и камуфлирующие лепесточки). Исходя из представленных выше аналитических данных взаимосвязи результатов спектрального анализа исследуемых материалов и камуфлирующего эффекта, который они обеспечивают в интервале видимой области спектра, эффект камуфлирующей защиты будет определяться ландшафтом окружающей среды и, в данном случае, можно только сопоставить полученные данные и рекомендовать

исследуемые материалы для их использования в соответствующих условиях, т.к. показатели, характеризующие отражательную способность материалов лежат в требуемой для обеспечения эффекта маскировки области (30-50%). В интервале ближней ИК-области спектра полученные данные также показали, что отражательная способность материала лежит в области от 25 до 28 %, что также подтверждает возможность их применения и обеспечения камуфлирующей защиты при использовании приборов ночного видения, однако данные рисунка 3 (а) показали, что исследуемый материал не обеспечивает необходимого экранирования теплового излучения, идущего, в данном случае, от тепловыделяющего объекта. Изменение конструкции изделия, дополнительные слои композиционных материалов позволили усилить маскировочный эффект изделия и, соответственно получить термографическое изображение (рис.3 б), подтверждающего эффективность камуфлирующей защиты.

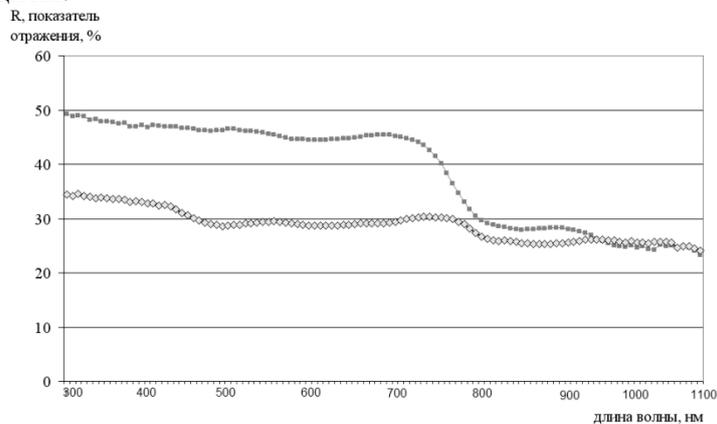


Рис. 2 Спектральный анализ материалов

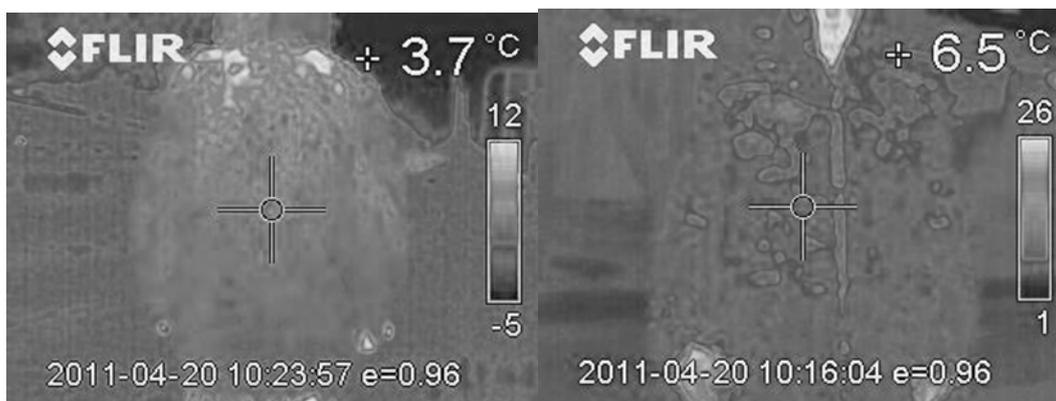


Рис. 3 Термографические изображения камуфлирующих образцов

Таким образом, только комплексное исследование материала и готового изделия, а также оценка местности использования специального изделия может спрогнозировать эффект камуфлирующей защиты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курбатов, Л.Н. Краткий очерк истории разработок приборов ночного видения на основе электронных оптических преобразователей и усилителей изображения// *Вопр. Обо-рон. Техники. Сер. 11.* - 1994 - Вып. 3(142) - 4(143).
2. Разуваев, А.В. Разработка технологии колорирования текстильных материалов с камуфлирующей окраской в соответствии со специальными требованиями силовых структур: дис. на соиск. уч.степ. канд.техн.наук: защищена 5.10.2004 /А.В.Разуваев. – Москва: 2004. – 225 с.

3. Королёв, П.В. Исследование теплозащитных свойств инновационных материалов / П. В. Королёв [и др.] // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2012. - № 6 (342). - С. 32-36
4. Назарова, М. В. Особенности проектирования ткани для спецодежды / М. В. Назарова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2009. - N 1 (313). - С. 122-124.
5. Куликов, Б. П. Совершенствование методики исследования теплообмена в пакетах одежды методом электротепловой аналогии / Б. П. Куликов, Н. А. Коробов, Н. А. Румянцев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2008. - N 1 (305). - С. 62-66.

REFERENCES

1. Kurbatov LN A brief sketch of the history of development of night vision devices based on electronic optical converters and image intensifiers // Problems. Defense. Tech-nicks. Ser. 11 - 1994 - Vol. 3 (142) - 4 (143).
2. Razuvaev, AV Development of technology for coloring textiles materials with camouflage coloring with the special requirements of the security forces: dis. candidate of Science: 10.05.2004 /A.V.Razuvaev. - Moscow: 2004. - 225 p.
3. Korolev, PV The study of heat-shielding properties of innovative materials / PV Korolev [et al.] // Proceedings of the universities. The technology of the textile industry. - 2012. - № 6 (342). - P. 32-36
4. Nazarov, MV Features of designing fabrics for clothing / MV Nazarov // Proceedings of the universities. The technology of the textile industry. - 2009. - N 1 (313). - P. 122-124
5. Kulikov BP Improving research methods of heat transfer in packages of clothes by electrothermal analogy / BP Kulikov, N. A. Korobov, NA Rummyantsev // Proceedings of the universities. The technology of the textile industry. - 2008. - N 1 (305). - P. 62-66

УДК 677.112

ЭЛЕМЕНТАРИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ВОЛОКОН – НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ ЛУБЯНЫХ ВОЛОКОН К ПРЯДЕНИЮ

ELEMENTARIZATION OF COMPLEX FIBERS - A NEW TREND IN BAST FIBERS PREPARATION FOR SPINNING

И.Ю.Ларин, Е.Р.Воронина
I.Yu. Larin, E.R.Voronina

Ивановский государственный политехнический университет

Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: larin_igor@inbox.ru, ver1001@rambler.ru

В работе рассмотрены проблемы производства пряжи, содержащей льняной котонин разных способов подготовки. Предложено новое направление подготовки лубяных волокон к промышленной переработке, заключающееся в получении элементаризованных волокон путем целенаправленного разрушения срединных пластинок. Получаемое волокно предполагается использовать для замены хлопкового волокна.

Ключевые слова: льняной котонин, льняные элементаризованные волокна, циклическое деформирование, подготовка к прядению, разрушение срединных пластинок, качество пряжи

The paper considers the problem in the production of yarn, which contains linen kotonin got by the different ways of preparation. A new direction is being suggested in the bast fibers preparation for industrial

processing with the receipt to get filament fibers by the targeted destruction of the middle lamella. Extracted fibers are supposed to be used for the replacement of cotton ones.

Key words: flax kotonin, flax fiber, elementarized fibers, cyclic deformation, preparations for the spinning, destruction of the middle lamella, yarn quality

Как известно, классическая технология мокрого прядения льна достаточно трудоёмка, многопереходна, затратна, энергоёмка, низкопроизводительна, неэкологична и низкорентабельна. Поэтому в мире на протяжении более ста лет ведутся активные работы по поиску новых способов подготовки льняного волокна к прядению [1 - 3], которые в дальнейшем позволят перерабатывать его по более прогрессивным и рентабельным классическим системам прядения хлопка и шерсти.

Основным направлением этих работ является котонизация льняного волокна. Подтверждением определенного успеха данного направления может служить создание линий модификации льняного волокна фирмами ООО ИПФ «ТексИнж» (Россия), «LAROCHE» (Франция), «ТЕМАФА» (Германия), «RIETER» (Швейцария) и др. Наиболее прогрессивная технология, разработанная совместно фирмами «ТЕМАФА» и «RIETER», внедрена на Оршанском льнокомбинате Республики Беларусь. Однако, опыт промышленной эксплуатации показал, что линия имеет много недостатков, ограничивающих рентабельность производства и область использования получаемого котонизированного волокна.

Занимаясь с 1994 года исследованиями в области котонизации и переработки льняного котонина в прядении, мы пришли к выводу о бесперспективности данного направления подготовки льняного волокна к промышленной подготовке. В силу своей природы и неравномерности биологических процессов, происходящих при первичной переработке, льняным волокнам присуща большая неровнота по степени одревеснения, жесткости, прочности соединения элементарных волокон в комплексные.

В процессе котонизации волокна разной степени одревеснения по-разному сопротивляются действию расщепляющих, будь-то механических, химических, биологических или иных обработок. При обработках, позволяющих из мягких технических волокон получать тонкие комплексы и элементарные волокна, более жесткие волокна образуют грубые комплексы и неразработанные волокна. Увеличение интенсивности или длительности воздействий рабочих органов приводит к повреждению и разрушению мягких комплексных волокон, повышению содержания коротких волокон и большой дисперсии по толщине и жесткости. Грубые комплексы и неразработанные волокна в прядении приводят к неравномерному распределению крутки по длине пряжи, её низкой средней прочности, повышенной неровноте по прочности и обрывности.

Нами создаётся новое направление подготовки лубяных волокон к промышленной переработке – элементаризация комплексных лубяных волокон, заключающаяся в циклическом деформировании волокнистых пучков приводящем к целенаправленному разрушению срединных пластинок связывающих элементарные волокна в комплексные и разделении, таким образом, пучка на отдельные составляющие его элементарные волокна [4]. Затем проводится очистка элементаризованных волокон от жестких одревесневших неразработанных волокон, частиц костры, пыли и разделение волокон на фракции по длине. Элементаризованное волокно можно использовать для производства льняной и смесовой пряжи, хирургической и глазной ваты, нетканых полотен медицинского назначения, неразработанные волокна – для производства нетканых полотен технического назначения, утеплителей, наполнителей, сорбентов и так далее. Для исследования геометрических и механических свойств получаемых волокон проведена элементаризация и очистка чесаного льна № 10 по разработанному нами способу и выделена из общей массы для испытаний прядомая «хлопковая» фракция волокон, составляющая 55,7% от общей массы. Характеристики длины определяли методом рассортировки штапеля на группы длин на приборе Жукова, характеристики толщины – методом «вырезки», разрывную нагрузку – методом разрыва штапелька на приборе ДШ-3. Результаты испытаний представлены в

таблице, для наглядности сравнения там же представлены данные по хлопковому волокну селекционного сорта 108-Ф урожая 1994 года.

Таблица 1

Характеристики геометрических и механических свойств волокон

№ п/п	Наименование показателей	Прядомая «хлопковая» фракция элементаризованных волокон льна	Хлопковое волокно селекции 108-Ф
1	Средняя линейная плотность, мтекс	213	179
2	Абсолютная разрывная нагрузка, сН	8,6	4,4
3	Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	40,4	25,0
4	Средняя массодлина, мм	24,4	26,1

Анализ данных таблицы показывает что, льняные элементаризованные волокна прядомой «хлопковой» фракции по сравнению с хлопком средневолокнистых сортов, имеют большую толщину, близкие показатели длины и значительно превышают по прочности. Большая удельная разрывная нагрузка льняных элементаризованных волокон свидетельствует о том, что разработанный способ дробления комплексных волокон позволяет вести бережную обработку волокон без их повреждения и нарушения структуры. Минимальная линейная плотность льняной пряжи, в поперечном сечении которой находится 100 элементаризованных волокон [5], составит 21,3 текс, что значительно меньше толщины пряжи, производимой в настоящее время из котонина. Учитывая опыт хлопкопрядения по производству тонкой пряжи можно полагать, что для производства равномерной льняной пряжи с содержанием в поперечном сечении менее 100 волокон необходимо использовать гребенную систему прядения.

Пуховая фракция волокон является отличным сырьём для производства целлюлозы. Целлюлоза из льна обладает очень высоким качеством и может использоваться в производстве сигаретной бумаги, гигиенических изделий и денежных банкнот. Так же льняная целлюлоза может быть использована для производства эфиров целлюлозы. Эфиры целлюлозы используются для получения пороха, клеев, химических волокон, лаков и красок, составов для добычи нефти.

Производство элементаризованных льняных волокон позволит, при необходимости, полностью заменить хлопковое волокно при производстве пряжи большой и средней линейной плотности, и частично – в производстве пряжи малых линейных плотностей.

Работа выполнена при финансовом содействии Российского фонда фундаментальных исследований (Проект: № 15-48-03021)

ЛИТЕРАТУРА

1. Корабельников А.Р., Корабельников Р.В. Получение короткоштапельного льняного волокна из отходов трепания методом разрыва // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002. № 4-5.
2. Охлидал В., Хортлик Ф. Производство смешанной пряжи с повышенным содержанием волокон котонизированного льна на основе использования эффективной технологии прядения штапельных волокон // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004. № 4.
3. Дорофеев В.В. Разумеев К. Э., Захаров В.Н. Исследование влияния параметров обработки ударно-волнового воздействия на свойства короткого льноволокна. // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности – 2013. № 4. С. 49-52.

4. Пат. 2497982 Российская Федерация, МПК7 D 01 В 5/00. Способ обработки комплексных лубяных волокон и устройство для его реализации [Текст] /Ларин И. Ю., Свинов Е. Р. ; заявитель и патентообладатель Ларин И. Ю. и Савинов Е. Р. . – № 2012100574/12 ; заявл. 10.01.12 ; опубл. 10.11.13, Бюл. № 31 – 7 с. : ил.
5. Севостьянов, А. Г. Методы исследования неровноты продуктов прядении [Текст] / А. Г. Севостьянов ; – М. : Ростехиздат, 1962. – 368 с.

REFERENCES

1. Korabelnikov A. R., R. V. Korabelnikov Getting korotkostebel flax fiber from waste scutching gap method, " Izv. Universities. Technology of textile industry. – 2002. No. 4-5.
2. Have ohlidal V., Hartly F. Production of blended yarns with a high content of fibers cottonized flax through the use of effective technologies of spinning staple fibers, Izv. Universities. Technology of textile industry. – 2004. No. 4.
3. Dorofeev V. V. Rasulev K. E., Zakharov V. N. Research of influence of parameters of processing of the dynamic effects on the properties of short flax fibre. Izv. HEI. Technology of textile industry – 2013. No. 4. P. 49-52.
4. Pat. Russian Federation, 2497982 MPK7 D 01 В 5/00. A Method of the complexbastfibersprocessing and the device for its realization [text]/LarinI.Yu., Savinov E.R.; the applicant and patentee LarinI.Yu. , SavinovE.R.. -No. 2012100574/12; Appl. 10.01.12 ; Publ. 10.11.13., Bulletin. No. 31-7 p.: ill.
5. Sevostyanov A.G. Methods for investigation of variation in the spun products [Text]/A.G.Sevostianov; -M: Rostehizdat, 1962. -368 p.

УДК 339.138:663.674

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО РЫНКА ПОСТЕЛЬНОГО БЕЛЬЯ ПОВЫШЕННОЙ КОМФОРТНОСТИ С ОЗДОРАВЛИВАЮЩИМ ЭФФЕКТОМ

ANALYSIS THE RUSSIAN MARKET OF ENHANCED COMFORT BED LINEN WITH REVITALIZING EFFECT

А.Н. Васенев
A.N. Vasenev

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: anvasenev@mail.ru

В статье представлены результаты работы по изучению рынка текстильной продукции с оздоравливающим эффектом. Исходя из разработанных ивановскими учеными волокон и нитей из ПЭТФ, содержащих в своем составе косметические, антибактериальные или ароматерапевтические средства, можно предложить использование их как для производства ткани, так и трикотажного полотна, что, в свою очередь, значительно увеличивает возможности расширения ассортимента выпускаемой продукции. Для этого в статье предложен анализ рынка постельного белья. В первую очередь были рассмотрены емкости рынков, динамика их развития за последние годы и целевые сегменты потребителей. До настоящего времени прослеживалась тенденция увеличения емкости внутреннего российского рынка КПБ и на сегодня российский рынок постельного белья близок к насыщению.

Ключевые слова: текстильный кластер, рынок постельного белья, пэт, птэф, кпб

The article represents the results of research on the market of textile products with health-improving effect. Based on developed by Ivanovo scientists fibers and filaments from a PET composition containing in cosmetics, antibacterial agents or aromatherapy, we propose to use them for the production of fabrics and

knitted fabrics, which in turn increases the possibility of expanding the range of products. To do this, the article offers an analysis of the market of bed linen. The first examined the size of markets, the dynamics of their development in recent years and targeted consumer segments. So far, the tendency was to increase the capacity of the Russian domestic market of bed linen and today the Russian market of bed linen is close to saturation.

Keywords: textile cluster, the market of bed linen

За последние четверть века резко возрос спрос на полимерные материалы, которые применяются в повседневной жизни: в медицине, сельском хозяйстве, быту и т.п. Полиэтилентерефталат (ПЭТ, ПЭТФ) занимает пятое место в мире от объема потребления всех полимерных материалов. Сферами его применения являются: одежда (нижнее белье, одежда для отдыха, верхняя одежда и пр.); гигиена и медицина; промышленная сфера (ткань для шинного корда, веревки, бечевки, швейные нитки, геотекстиль и т.п.); бытовое применение (напольные покрытия, одеяла, постельное белье, полотенца и прочее). Полиэстер – единственный из полимеров, который демонстрирует рост производства и потребления с 1980 года. Рост спроса был вызван, во-первых, более низкой себестоимостью по сравнению с другими видами химических волокон и нитей, во-вторых, широким спектром применения в связи с прекрасными свойствами материала: по прочности и удлинению, по светоустойчивости и формоустойчивости, по низкой гигроскопичности и высокой термостойкости.

На ежегодно проводимых в Москве международных конференциях «ПЭТФ», приводятся цифры, характеризующие мировой рынок полиэтилентерефталата. Так отмечается, что в 2011 г. мировой рынок всех видов текстильных волокон увеличился на 6% и составил 84,2 млн. тонн, из которых на полиэфирные приходится 38,7 млн. тонн. Лидирующие позиции сохраняют Китай (68%) и Индия (8%). В 2011 г. объем российского рынка полиэфирных волокон увеличился на 18,4% и составил 211,4 тыс. тонн, из них штапельное волокно – 167,5 тыс. тонн, технические нити – 12,3 тыс. тонн, текстильные нити – 31,6 тыс. тонн [1]. Потребление полиэфирных волокон и нитей в 2013 г. составило 186 тыс. т (в 2012 г. - 207 тыс. т), импорт со 155 тыс. т снизился до 133 тыс. т (это связано с тем, что в России осталось очень мало переработчиков полиэфира). Производство сохранилось примерно на прошлогоднем уровне (57 тыс. т), экспорт с 3.4 тыс. т вырос до 4.2 тыс. т. [2].

По итогам 2014 г. мировой спрос на ПЭТФ составил 19.5 млн т, при этом установленная мощность всех производителей достигла 29.4 млн т. Резкий рост разницы между спросом и предложением начался в 2012 г. и до 2017 г. будет увеличиваться. Наибольший объем потребления ПЭТФ - около 40% - пришелся в 2014 г. на страны АТР, далее следуют США (20%) и Западная Европа (15%). Дальнейший рост спроса будет обеспечен также азиатскими странами, в частности, Китаем. Лидером по потреблению является упаковка напитков, этот сегмент рынка растет ежегодно, в 2014 г. достигнув 70%. Мировым лидером по производству ПЭТФ является Азиатско-Тихоокеанский регион: 49 производителей обеспечивают почти 50% общемирового объема выпуска. В России внутренний спрос составляет 550 тыс. т/год, тогда как производство оценивается в объеме около 450 тыс. т. [3].

Структура потребления ПЭТ в России коренным образом отличается от видовой структуры потребления в остальном мире, где наибольшая доля производимого ПЭТ (65%) перерабатывается в волокна и нити. Формирование российского рынка ПЭТ находится в основном также под влиянием развития упаковочной отрасли. В России на производство волокон уходит всего лишь 2% от совокупного потребления ПЭТФ - гранулята. Потребление первичного ПЭТФ в России (по итогам 2011 г.) характеризуется тем, что странами СНГ (в основном Беларуссией) произведено 27,7%, странами дальнего зарубежья – 67,7% и лишь остальные 4,6% - это отечественный ПЭТФ. Потребление полиэфирных волокон в 2014 г. выросло существенно - со 186 тыс. т до 215 тыс. т. Внутреннее производство не успевало за увеличением спроса, разница была компенсирована за счет импорта (+17%).

По итогам 2014 г. производство ПЭТФ в России составило 432 тыс. т, из них на экспорт отправлено 30 тыс. т. На фоне снижения курса рубля выпуск отечественной продукции, в частности, полиэфирных волокон, становится все привлекательнее. В Ивановской области в рамках создания нового кластера текстильного производства планируется запуск предприятия по производству штапельного волокна и специализированных волокон, мощность которого составит 180 тыс. т первичного ПЭТФ в год и до 200 тыс. т вместе со вторичным (включая гранулят). Это позволит практически полностью обеспечить российский рынок штапельными волокнами, тем самым вытеснив импортный аналог. Запуск предприятия планируется на 2017 г.

Стратегическая программа развития кластера на своем первом этапе предполагает организацию производства полиэфирного волокна и нитей, создание условий для перехода к выпуску продукции из химического волокна и освоение нового ассортимента продукции. Разработка нового ассортимента продукции является ключевой задачей для успешного функционирования на рынке.

Для разработки нового ассортимента продукции необходимо, в первую очередь, провести маркетинговое исследование, которое нацелено на изучение емкости рынка, выявления аналогов и сравнения их технико-экономических характеристик.

Исходя из разработанных ивановскими учеными волокон и нитей из ПЭТФ, содержащих в своем составе косметические, антибактериальные или ароматерапевтические средства, можно предложить использование их как для производства ткани, так и трикотажного полотна, что, в свою очередь, значительно увеличивает возможности расширения ассортимента выпускаемой продукции. В связи с этим, были проанализированы рынки постельного и нательного белья, чулочно-носочных изделий и изделий для фитнеса. В первую очередь были рассмотрены емкости рынков, динамика их развития за последние годы и целевые сегменты потребителей.

Более подробно рассмотрим рынок постельного белья. Постельное бельё — изделия из ткани, используемые для обустройства постели. Понятие «постельное бельё» подразумевает единый комплект тканых изделий (КПБ). Один стандартный комплект, как правило, включает 1 пододеяльник, 1 простыню и 2 наволочки. Всё бельё подразделяется на несколько категорий, в зависимости от величины матраса, подушек и одеяла, и бывает односпальным, полуторным и двуспальным.

Емкость внутреннего российского рынка комплектов постельного белья меняется, и в последние годы по оценке Агентства «Анитэкс», приближается к 90 млн. комплектов в год [4]. При этом прослеживалась тенденция увеличения емкости внутреннего российского рынка комплектов постельного белья. Официальные цифры Росстата не дают полной картины о выпуске постельного белья в России. По различным оценкам, неучтенное производство превышает официальное в 2,0-2,5 раза. Однако, можно прогнозировать снижение объемов производства постельного белья в связи с изменением курсов валют и снижением цен на нефть, а также насыщением рынка постельного белья.

По цене рынок постельного белья эксперты делят на несколько основных сегментов: низкий (до 700 рублей за комплект) - емкость сегмента – до 50 %, средний (700-2000 рублей за комплект) – 36 %, low -премиум (2000-7000 рублей) – 8 % и премиум (свыше 7000 рублей) – 6%. В нижнем сегменте представлена российская (в основном, это мелкие региональные швейные предприятия), турецкая и китайская продукция. Самая значительная доля принадлежит среднему ценовому сегменту, к которому относится продукция крупных российских и зарубежных производителей. Наибольшей популярностью пользуется продукция в нижнем и среднем ценовом сегменте. Белье стоимостью выше 7000 рублей за комплект приобретается, как правило, на подарок. В основном, такие комплекты предлагают зарубежные компании. Российские производители отдают предпочтение бюджетным вариантам.

По составу сырья - наибольшим спросом пользуются комплекты из натуральных материалов – хлопка, льна, шелка. Причем свыше 60% российских потребителей отдают

предпочтение постельному белью, изготовленному из бязи. Льяное белье не столь популярно: его приобретают 18% жителей нашей страны. На третьем месте стоят комплекты из сатина (15%), а на четвертом – белье из натурального шелка. Его низкая популярность связана с высокой стоимостью продукции (от 10 тысяч за комплект).

Для сравнения технико-экономических характеристик в ресурсных сетях Интернет были выбраны следующие аналоги: 1) постельное белье сатин KENZO артикул: 18/055 из сатина с ионами серебра, 2) КПБ «Евро» - практичное в уходе, не требующее утюжки, обладающее оздоравливающим микро-массажем коллекции «Креп», которое изготавливается из «жатой» ткани, имеющей эффект «гофре», 3) постельное белье с биофотонами, где лечебное воздействие осуществляется с помощью биоволн, изготовленное из 100% хлопчатобумажной ткани, не вызывающее аллергию и не раздражающее кожу, 4) КПБ, выполненный из ткани, представляющей собой комбинацию эвкалиптового волокна Лиоцель Tencel с вытяжкой морских водорослей и ионами чистого серебра, оказывающее целенаправленное косметическое и антиаллергенное действие, 5) комплект функционального постельного белья FОНOW, где в состав материала входят природные энергетические минералы, испускающие отрицательно заряженные ионы и обладающие свойством длинноволнового инфракрасного излучения, 6) постельный комплект: (простынь + наволочка) с медной нитью, дающей антибактериальный эффект, 7) постельное белье из бамбука обладающее натуральными антимикробными свойствами, состав волокна которого содержит компоненты из пектина, бамбукового меда, аминокислот, витамина Е, 8) постельное белье тенсел, представляющее собой шелковистую ткань нового поколения, произведенную из древесины эвкалиптового дерева путем сложнейших нанотехнологических процессов, 9) белье "На здоровье" созданное на основе науки – цветотерапии, в качестве основного материала представлена 100% хлопчатобумажная ткань и комплекту постельного белья прилагается 1,5 мл. эфирного масла.

Анализ представленных аналогов показал большое разнообразие применяемых средств и материалов для создания повышенной комфортности изделий с оздоравливающим эффектом, значительный разброс цен (от минимальной 3194 рубля на шестой аналог до максимальной 63000 рублей пятый аналог), который можно объяснить не только применяемыми средствами и методами для создания оздоравливающего эффекта, но также количеством предметов в комплекте, их размерами, производителями постельного белья и пр.

Анализируя динамику развития российского рынка постельного белья и аналогов, можно сделать вывод о том, что доля импорта постепенно растет и в настоящее время составляет около 33 %. При этом производство указанной продукции повышенной комфортности с оздоравливающим эффектом находится как в России, так и в таких странах, как Китай, Турция и др.

Таким образом, до настоящего времени прослеживалась тенденция увеличения емкости внутреннего российского рынка комплектов постельного белья и на сегодня российский рынок постельного белья близок к насыщению. Найти своего потребителя можно разрабатывая постельное белье из натуральных материалов с добавлением волокон из ПЭТФ, обладающее оздоравливающим эффектом в нижнем и среднем ценовом сегменте.

ЛИТЕРАТУРА

1. Консультационная группа CREON Energy [Электронный ресурс] / Статьи и публикации – Электрон. дан. – 2012 – режим доступа: <http://www.creonenergy.ru/...> – Загл. с экрана. – Яз. рус.
2. Российский рынок ПЭТФ. Можем и больше. [Электронный ресурс] / Статьи и публикации – Электрон. дан. – 2014 – режим доступа: <http://neftegaz.ru/analysis/view/8166> – Загл. с экрана. – Яз. рус.

3. Проверка на прочность. Итоги 11-ой международной конференции ПЭТФ 2015. [Электронный ресурс] / Статьи и публикации – Электрон. дан. – 2015 – режим доступа: <http://neftegaz.ru/analysis/view/8318>– Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. Новости текстильного и сырьевого рынков. Агентство Анитэкс. Официальный сайт. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – 2015 – режим доступа: <http://www.cotton.ru/cgi-bin/news.pl...>– Загл. с экрана. – Яз. рус.

REFERENCES

1. Konsul'tatsionnaya gruppa CREON Energy [Elektronnyy resurs] / Stat'i i publikatsii – Elektron. dan. – 2012 – rezhim dostupa: <http://www.creonenergy.ru/...>– Zagl. s ekrana. – YAz. rus.
2. Rossiyskiy rynek PETF. Mozhem i bol'she. [Elektronnyy resurs] / Stat'i i publikatsii – Elektron. dan. – 2014 – rezhim dostupa: <http://neftegaz.ru/analysis/view/8166>– Zagl. s ekrana. – YAz. rus.
3. Proverka na prochnost'. Itogi 11-oy mezhdunarodnoy konferentsii PETF 2015. [Elektronnyy resurs] / Stat'i i publikatsii – Elektron. dan. – 2015 – rezhim dostupa: <http://neftegaz.ru/analysis/view/8318>– Zagl. s ekrana. – YAz. rus.
4. Novosti tekstil'nogo i syr'yevogo ryнков. Agentstvo Aniteks. Ofitsial'nyy sayt. [Elektronnyy resurs] / – Elektron. dan. – 2015 – rezhim dostupa: <http://www.cotton.ru/cgi-bin/news.pl...>– Zagl. s ekrana. – YAz. rus.

УДК: 677.026

ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕРМОКЛЕЕВЫХ ПРОКЛАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С КЛЕЕВЫМ ПОКРЫТИЕМ ИЗ СОПОЛИАМИДА С МИКРОКАПСУЛИРОВАННЫМ ПАВ

OBTAINING AND STUDYING THE PROPERTIES OF FUSIBLE LINING MATERIALS WITH AN ADHESIVE COATING PRODUCED FROM COPOLYAMIDE WITH MICROCAPSULATED SURFACTANTS

И.Г. Полушенко. Н.Е. Ковалева, В.И. Бесшапошникова
I.G. Polushenko. N.E. Kovalev, V.I. Besshaposhnikova

Энгельсский технологический институт (филиал) Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю.А.
Engels Technological Institute (Branch) Of Saratov State Technical University named after
Gagarin Yu.A.

E-mail: etivzf@mail.ru

В статье рассматривается технология микрокапсулирования растворов ПАВ в оболочку сополиамидов, что снижает токсичность процесса дублирования с применением растворов поверхностно-активных веществ, определены параметры процесса микрокапсулирования. Исследовано влияние клеевых соединений с микрокапсулированным ПАВ покрытием на прочностные свойства клеевого соединения материалов и пакетов изделий. Установлено, что разработанные термоклеевые прокладочные материалы обеспечивают высокую прочность клеевого соединения, необходимую жесткость и устойчивость к химчистке. Выявлено, что клеевые соединения с микрокапсулами по прочности не уступают технологии обработки с паровыми средами, однако, процесс дублирования является более традиционным и безопасным.

Ключевые слова: микрокапсулирование, пав, покрытие, адгезив, сополиамид, качество, свойства, дублирование, клеевое соединение, термоклеевые прокладочные материалы.

The article deals with the technology of microcapsulation of surfactant solutions into a copolyamide shell, which reduces toxicity of the process of duplication with the application of solutions of surfactants. Parameters of the microcapsulation process have been determined. Influence of adhesive bonding with a microcapsulated surfactant coating on the strength properties of an adhesive joint of materials and package products has been studied. It has been found that the developed fusible lining materials ensure high strength of adhesive joints, necessary stiffness and resistance to dry-cleaning. It has been revealed that adhesive joints with microcapsules are as strong as those treated with steam media, however, the process of duplication is more conventional and safe.

Keywords: microcapsulation, surfactants, coating, adhesive, copolyamide, quality, properties, duplication, adhesive joint, fusible lining materials.

В настоящее время ассортимент выпускаемых швейных изделий многообразен. Большинство швейных изделий верхнего ассортимента имеют объемно-пространственную форму, создание и поддержание которой является сложной технологической задачей.

Как известно, в настоящее время в швейной промышленности применяются клеевые материалы на основе крупнотоннажных термопластичных полимеров, так как только они способны образовывать при дублировании качественное соединение текстильных материалов деталей одежды, а также безвредны для человека и окружающей среды [1].

В последнее время возрос интерес учёных к возможности применения метода микрокапсулирования при создании термоклеевых прокладочных материалов для швейных изделий [2, 3].

Получение сополиамидных микрокапсул возможно различными методами. Была выбрана технология микрокапсулирования основанная на фазовом разделении раствора полимера, который отличается относительной простотой аппаратного оформления и хорошей воспроизводимостью результатов [4]. Поскольку в качестве содержимого микрокапсул планировалось использовать водные растворы ПАВ, а оболочки – готовый сополиамид, то был выбран метод фазового разделения в среде органического растворителя. В качестве ПАВ для микрокапсулирования исследовали: велан, октамон, сульфосид, как наиболее эффективные ПАВ для повышения прочности клеевого соединения деталей одежды сополиамидными адгезивами. Все эти вещества неограниченно смешиваются с водой.

В качестве сополиамидного адгезива исследовали: сополиамид состава 58-59% КЛ: 40% соль АГ: 1-2% АК-622, с температурой плавления 120-125°C, прочность клеевого соединения 8-11 Н/см [3]; и сополиамид грилтекс, с температурой плавления 120-125°C, прочность клеевого соединения 5,5 - 6,1 Н/см.

Исследования показали, что 96%-ный этиловый спирт легко растворяет без остатка сополиамиды обоих составов. Концентрацию СПА в растворе спирта изменяли от 10 до 25% (рис.1). Характеристикой качества раствора сополиамида является относительная вязкость раствора сополимера. Отмечено, что увеличение концентрации свыше 25% приводит к тому, что не весь СПА растворяется в спирте даже при повышении температуры до 75-80 °С.

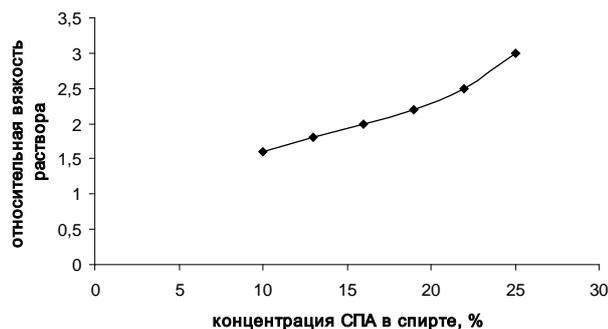


Рис. 1 Зависимость относительной вязкости раствора СПА от его концентрации в этиловом спирте

Микрокапсулирование проводили на водяной бане при постоянной температуре 65-70°C. Для этого капсулируемое ПАВ вещество эмульгировали в растворе полимера с образованием эмульсии типа вода/масло, для придания устойчивости которой использовали стабилизаторы.

Выделение новой фазы (микрокапсул) осуществляли введением добавок, ухудшающих растворимость полимера (вода при температуре 70°C). При использовании воды более низкой температуры раствор резко мутнел, частицы СПА коацервировали в крупные агрегаты. Микрокапсулы получали на специальной установке [3]. Для начинки микрокапсул использовали, как только сульфосид, октамон и отексин, так и их смеси между собой и с веланом.

В результате получали микрокапсулы, которые сушили при температуре 40°C и образовывался сыпучий порошок дисперсностью 100-310 мк. Установлена оптимальная температура процесса и частота перемешивания.

Данный метод микрокапсулирования был усовершенствован тем, что образование капсул происходит не в объёме эмульсии, а непосредственно на границе раздела масло-вода. При этом не нужно добавлять осадитель (горячую воду) и перемешивать. Концентрация ПАВ остаётся постоянной и легко контролируется. Такая технология позволяет получать микрокапсулы более прочные и меньшего диаметра 50-200 мк.

Полученные микрокапсулы с ПАВ исследовали на возможность их применения в производстве прокладочных клеевых материалов для одежды и оценку показателей качества клеевых соединений материалов при дублировании.

Дублированные пакеты материалов испытали на расслаивание клеевого соединения с целью определения влияния метода капсулирования на надежность и показатели качества клеевых соединений. Результаты исследований показали, что прочность при расслаивании клеевого соединения, образованного микрокапсулами, зависит от концентрации полимера в растворе (рис 2). При этом прочность клеевого соединения капсулами практически такая же, как и при использовании паровых активных сред и составляет 10,6 Н/см для капсул с октамоном, 10 Н/см – с сульфосидом. Менее эффективны капсулы с отексином и веланом.

Более эффективно применение для начинки капсул смесей ПАВ, взятых в соотношении 1:1. Капсулы, содержащие смесь велана с отексином, обеспечили прочность клеевого соединения 11,6 Н/см, смесь велана с октамоном 12 Н/см, а отексина с сульфосидом – 10,2 Н/см. По-видимому, один из ПАВ при определённых условиях способствует коацервации капель полимера из раствора, а другой помещается внутрь микрокапсулы, чего не происходит с одним веществом.

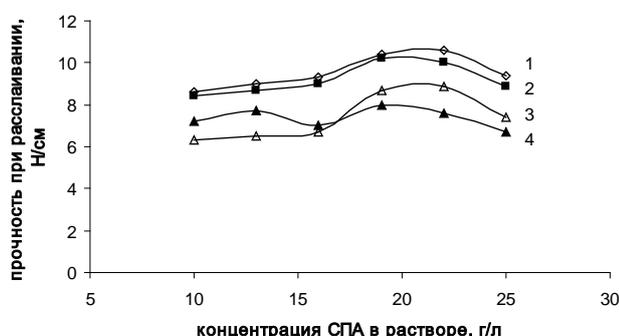


Рис. 2. Влияние концентрации сополиамида в растворе на прочность клеевого соединения ТМ капсулами с ПАВ: 1 – октамон; 2 – сульфосид; 3 – отексин; 4 – велан

Клеевые соединения с микрокапсулами характеризуются жёсткостью при изгибе 11,8-16,3 сН, что допускается при дублировании деталей верхней одежды.

Изучение эксплуатационных свойств клеевых соединений, образованных новыми прокладочными материалами с микрокапсулами показало, что микрокапсулы только с отексином и сульфосидом не обеспечивают необходимой устойчивости клеевого соединения. Все остальные составы отвечают нормативным требованиям по устойчивости к химчистке.

Таким образом, в результате проведенных исследований разработана технология микрокапсулирования растворов ПАВ в оболочку полимерных адгезивов, что снижает токсичность процесса дублирования, исключает операцию обработки материалов и пакетов паровой средой ПАВ. Определены параметры процесса микрокапсулирования. Разработанные термоклеевые прокладочные материалы с клеевым микрокапсулированным ПАВ покрытием, обеспечивают высокую прочность клеевого соединения материалов и пакетов изделий, необходимую жесткость и устойчивость к химчистке. Клеевые соединения с микрокапсулами по прочности не уступают технологии обработки паровыми средами, однако, процесс дублирования не токсичен, традиционен, исключает операцию дополнительной обработки материалов и пакетов паровой средой ПАВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бесшапошникова, В.И. Термоклеевые прокладочные материалы для легкой промышленности / Бесшапошникова В.И., Жилина Е.В., Ковалева Н.Е. // Пятый Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций: в 2 ч.: сб. Ч. 1. Саратов: Сарат. Гос. Техн. Ун-т. 2010. С.28-29.
2. Ковалева, Н.Е. Новый термоклеевой прокладочный материал с микрокапсулированным клеевым покрытием / Ковалева Н.Е., Жилина Е.В., Аширов А.Т. // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс – 2012): сборник материалов международной научно-технической конференции. Часть 1. Иваново: ИГТА, 2012. С.107 – 109.
3. Ковалева Н.Е. Совершенствование клеевой технологии изготовления швейных изделий. Дис. ... канд. Техн. Наук / МГУДТ. Москва, 2009
4. Айсина, Р.Б. Микрокапсулирование физиологически активных веществ и их применение в медицине / Р.Б. Айсина, Н.Ф. Казанская // Итоги науки и техники. Серия Биотехнология, Т. 6, 1986. С. 6-52.

REFERENCES

1. Besshaposhnikova, V.I. Fusible lining materials for light industry/ Besshaposhnikova V.I., Zhilina E.V., Kovaleva N.E.// The 5th Saratov salon of inventions, innovations and envestments: in 2 p.: d. P.1 Saratov: Saratov State Technical University, 2010. P.28-29
2. Kovaleva, N.E. New fusible gasket material with microencapsulated adhesive coating / Kovaleva N.E., Zilina E.V., Ashyrov A.T // Modern high technologies and advanced materials for textile and light industry (Progress - 2012): proceedings of the international scientific conference. Part 1. Ivanovo: IGTA, 2012. P.107 - 109.
3. Kovaleva N.E .(2009) Improvement of adhesive technology manufacturing garments. Dis. ... Cand. Tech. Sciences //MGUDT. Moscow, 2010
4. Aisina, R.B. Microencapsulation of physiologically active substances and their use in medicine / R.B. Aisina, N.F. Kazanskia // Results of science and technology. Series Biotechnology, T. 6, 1986. P. 6-52.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА КОНСТРУКЦИЮ ОДЕЖДЫ

STUDY OF THE INFLUENCES OF MATERIAL PROPERTIES FOR DESIGNING CLOTHES

С.Г. Сунаева
S.G. Sunaeva

МГУТУ им. К.Г.Разумовского
MSUTM them. KG Razumovsky
E-mail: s-svetlana-07@mail.ru

Конфигурация детали одежды зависит от нескольких факторов, одним из которых является структура используемых материалов. Для обеспечения соответствия конструкции эскизу модели сложной формы необходимо иметь информацию о ее трехмерной структуре, вызванной драпируемостью материалов. Логичность взаимосвязи формы, конструкции и свойств материалов обеспечивают высокое качество одежды.

Ключевые слова: одежда, моделирование, свойства материала для одежды

Configurations details of clothes is influenced by several factors, one of which is a structure of the materials used. To ensure the adequacy of the design and sketch model of complex shapes, it is necessary to have information about its three-dimensional structure caused by the drape of the materials. Logicality relationship shapes, designs, and properties of the materials provide high quality clothes.

Key words: garments, modeling, material properties for clothes

При проектировании одежды конструктор сталкивается со сложной инженерной задачей по переходу от двухмерной плоскости, каковой является лист бумаги или отрез ткани, к объемной форме модели. При конструировании необходимо знание геометрии форм с учетом свойств материала, из которого данное изделие будет изготовлено, его поведения во время обработки и эксплуатации.

Характерной особенностью процесса проектирования одежды в традиционной постановке является построение разверток сложного пространственного объекта без какого-либо количественного описания его внешней формы. Вследствие этого каждый конструктор одежды вынужден последовательно приближаться к желаемому результату в процессе примерок. Современные 3D системы представляют виртуальную модель одежды в виде комбинации основных деталей стана, повторяющих форму тела человека, что достаточно для получения малообъемной одежды. Для описания формообразования одежды объемной формы, целенаправленного преобразования чертежей конструкций деталей в соответствии с трехмерной моделью, существующего программного обеспечения недостаточно.

Очевидно, что в подобной ситуации уровень качества и точность построения чертежей деталей одежды существенным образом зависит от опыта, квалификации и таланта конструктора. Методические рекомендации по конструированию не учитывают все разнообразие свойств материалов, технологии обработки и др. Поэтому современное автоматизированное проектирование одежды как сложного трехмерного объекта должно базироваться на формализованном описании взаимосвязи эскиза, материала и конструкции модели.

При конструировании необходимо знание геометрии форм с учетом свойств материала, из которого данное изделие будет изготовлено, его поведения во время обработки и эксплуатации.

В зависимости от назначения, сложности модели, свойств применяемых материалов, разнообразия объемно – пространственных форм участков одежды количество деталей, составляющих изделие, будет различно. На участках одежды, где не требуется создания больших объемных форм, их можно получить за счет сложной конфигурации срезов деталей. С увеличением радиуса кривизны поверхности приходится вводить дополнительные членения, вытачки, сборки и другие конструктивные элементы.

Одним из важных свойств материалов, с помощью которых создается объемная форма деталей одежды, является драпируемость. Особенно важна способность ткани к драпируемости при образовании объемных форм одежды ниже опорной поверхности. Под действием собственного веса возникает напряженное состояние форм, зависящее от структуры материала и геометрии поверхностей.

Анализ литературы [1, 2 и др.] показал, что наличие швов, обработка краев изделия в значительной степени изменяют драпировочные свойства. Различные конструктивные элементы снижают драпируемость.

Применение формования за счет драпируемости позволяет получить сложные формы одежды, в том числе складчатые, получение которых другими способами затруднено. Разработка необходимого набора количественных параметров для прогнозирования признаков объемно-пространственной формы модели по чертежам конструкций с учетом свойств материалов позволит получать по имеющимся чертежам проекции профильного и фронтального силуэтов, а также управлять параметрами формы по замыслу художника. Последний подход позволит исключить этап проработки макета в материале.

Исследование для определения конструктивных возможностей формообразования включает: выбор моделей одежды, представление их чертежами конструкций и макетами, оцифровывание макетов, определение конструктивных параметров, с помощью которых можно изменять параметры контуров объемно-пространственной формы модели в разных проекциях.

Значения параметров конструктивного моделирования составляют исходную базу данных для корректировки чертежа по рисункам моделей одежды и при использовании тканей с различными формообразующими свойствами.

Для выявления математических зависимостей между параметрами внешнего вида проектируемой формы изделия и его модельной конструкцией, с учетом драпируемости тканей, проведен эксперимент. В соответствии с его программой, определены исходные данные для исследования: выбрана модель плаща и ткани, различающиеся по формообразующим свойствам.

Интересуемые параметры получены бесконтактным способом путем измерения визуализированных на компьютере фотографических изображений макетов, надетых на манекен (рисунок 1).

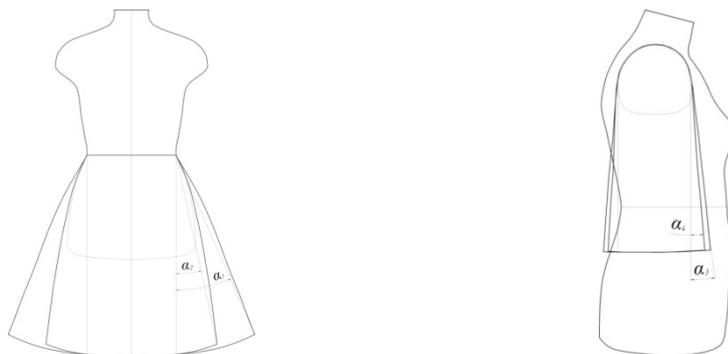


Рис. 1 Схема измерения визуальных параметров формы модели во фронтальной и боковой проекциях

На основе данных эксперимента проведен анализ взаимосвязей параметров составляющих тектоники: абрисов внешнего вида форм моделей, конструктивных модификаций деталей и формообразующих свойств тканей.

Выявлено, что для сложной формы, состоящей из двух трапеций без закрепления низа изделия, значения силуэтных углов α , характеризующих ее объемность, увеличиваются с уменьшением драпируемости тканей K_d и увеличением параметров конструктивного моделирования β .

Перечисленные выше зависимости позволяют прогнозировать создание желаемой формы модели следующими способами: по заданному эскизу модели (определены параметры α) и рекомендуемой ткани (с известными значениями драпируемости) определяют суммарный угол конического разведения β (рисунок 2).

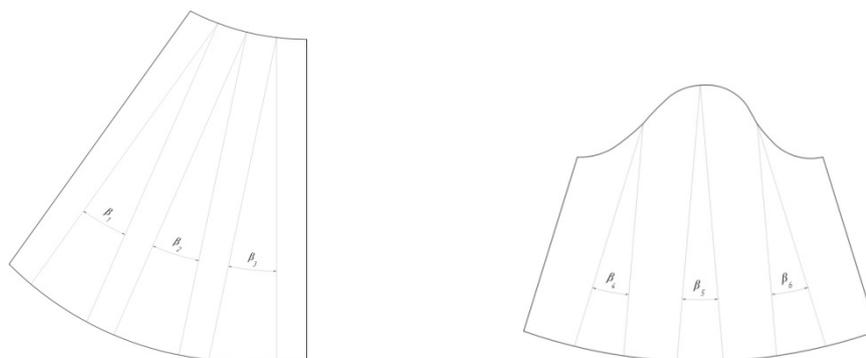


Рис. 2 Модельная конструкция переднего полотнища юбки и рукава

Для разработанной модельной конструкции при изменении используемой ткани по параметрам β с учетом коэффициента драпируемости ткани K_d можно прогнозировать очертания внешней формы модели, характеризуемые углом α .

Так, углы $\alpha_1 = 12^\circ$ и $\alpha_2 = 5^\circ$ при $K_d = 12,5\%$, угол $\alpha_2 = 23^\circ$ и $\alpha_4 = 8^\circ$ при $K_d = 4,5\%$. Сумма углов $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 35^\circ$, а сумма углов $\beta_4 + \beta_5 + \beta_6 = 33^\circ$. Следовательно, в зависимости от драпируемости тканей при одинаковом значении суммарной величины конического разведения деталей можно получить различные силуэтные углы.

Логичность взаимосвязи формы, конструкции, способа формообразования изделия и свойств применяемых материалов, обеспечит высокие качественные показатели проектируемого изделия. Это будет возможно лишь при условии владения конструктором как различными способами формообразования и методами конструирования, так и знаниями о влиянии свойств конкретных видов материалов на конструкцию деталей проектируемых моделей одежды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конопальцева Н.М., Рогов П.И., Крюкова Н.А. Конструирование и технология изготовления одежды из различных материалов. В 2 ч. Ч. 1. Конструирование одежды: учеб. пособие для вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 256с.
2. Саламатова С.М. Конструирование одежды из различных видов материалов: учебник. Кишинэу: ТУМ, 2011. 190с.

REFERENCES

1. Konopaltseva N.M., Horns P.I., Kryukov N.A. Design and technology of manufacture of clothing from different materials. In 2 parts Part 1. Designing clothes: Proc. manual for schools. Moscow: Publishing Center "Academy", 2007. 256p.

УДК 677.017.4

ОЦЕНКА СПОСОБНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН СОПРОТИВЛЯТЬСЯ СДВИГУ

EVALUATION OF THE ABILITY OF TEXTILE FABRICS TO RESIST SHEAR

М.В. Томилова, В.В. Замышляева
M.V. Tomilova, V.V. Zamyshlyayeva

Костромской государственный технологический университет
Kostroma State Technological University
E-mail: tmchp1@kstu.edu.ru

В статье приведены результаты исследований плетеных полотен разного строения из льняной ровницы. Предложены характеристики для оценки способности текстильных плетеных полотен сопротивляться сдвигу, которые позволяют обоснованно подходить к выбору рациональной структуры при проектировании плетеных изделий.

Ключевые слова: текстильные полотна, сдвиг, усилие сопротивления сдвигу, восстановление после сдвига

In article presents the results of researches of woven fabrics of different buildings of flax roving. Proposed characteristics for assessing the ability of woven textile fabrics resist shear, which allow reasonable approach to the choice of rational structure for the design of woven products.

Key words: textile fabric, shift, force shear resistance, recovery after shear

Для изготовления изделий легкой промышленности бытового назначения, например, сумок, поясов, наряду с тканями и трикотажными полотнами все большее применение находят текстильные полотна, полученные плетением [1-3]. Плетеные текстильные полотна являются относительно новыми материалами, поэтому изучение их свойств является актуальной задачей.

Способность плетеных полотен сопротивляться сдвигу определяет устойчивость структуры и является одним из основных свойств. Для оценки устойчивости плетеных полотен к сдвигу предложены характеристики, позволяющие оценить степень сопротивления полотна сдвигу и степень упругого восстановления. Определение характеристик выполнено по методике [4], реализуемой на разработанном в КГТУ автоматизированном устройстве [5], обеспечивающем высокую достоверность результатов [6]. Методика позволяет производить одноцикловое испытание на сдвиг по циклу «нагрузка – разгрузка – отдых».

Степень сопротивления полотна сдвигу, характеризующаяся усилием ($P_{сдв1}$, сН) и падением усилия (ΔP , %) при сдвиге, определялась в результате реализации первой части испытательного цикла по графикам зависимости нагрузки от деформации. Для определения усилия сдвига ортогонально расположенных элементов полотна на заданный угол, пробу шириной 50 мм и зажимной длиной 100 мм, закрепленную в верхнем и нижнем зажимах, подвергают сдвигу путем горизонтального перемещения верхнего зажима относительно нижнего зажима на заданное значение угла (5^0). Падение усилия, характеризующее релаксацию напряжения в полотне, определяют после измерения усилия ($P_{сдв2}$, сН) через 15 минут выдерживания пробы под нагрузкой по формуле:

Чем меньше величина падения усилия, тем выше способность полотна сопротивляться сдвигу. Затем пробу возвращают в исходное положение и дают отдых в течение 10 минут.

Степень упругого восстановления в материале оценивается по изменению от ортогонального положения угла ($\Delta\phi$) между системами исходных элементов после отдыха и по характеру диаграммы сдвига $P(l)$. У материала, подчиняемого закону Гука [7], деформация пропорциональна напряжению, поэтому для него кривые нагрузка-деформация представляют собой прямую линию.

Исследования способности плетеных полотен к сдвигу проведены на разработанных плетеных полотнах разного строения (табл. 1) из льняной ровницы с химическими волокнами линейной плотностью 980 текс и круткой 8 кр/м.

Таблица 1

Характеристики строения и массы плетеных полотен

№ полотна	Вид переплетения	Поверхностная плотность M_s , г/м ²	Плотность геометрическая исходных элементов b , мм		
			b_r	b_v	b_α
1	Двуаксиальное с системами исходных элементов в одно сложение	452	4,6	4,5	-
2	Триаксиальное с системами исходных элементов в одно сложение	775	4,2	3,5	3,3
3	Триаксиальное с продольной и поперечной системами исходных элементов в 2 сложения	1240	4,0	3,25	3,1

Анализ результатов исследований (табл. 2) показал, что более устойчивой к сдвигу структурой обладают плетеные полотна триаксиального переплетения. Усиление исходных элементов (использование ровницы в два сложения) повышает усилие сопротивления полотен к сдвигу, но приводит к увеличению падения усилия, характеризующего релаксацию напряжения в полотне. В плетеных полотнах триаксиального переплетения с использованием ровницы в одно сложение после отдыха полностью восстанавливается ортогональное расположение исходных элементов (см. табл. 2).

Таблица 2

Характеристики сдвига плетеных полотен на 5°

№ полотна	Усилие $R_{сдв1}$, сН	Усилие, $R_{сдв2}$, сН	Падение усилия, ΔP , %	Изменение угла после отдыха $\Delta\phi$, град
1	21,76	18,24	16,18	3
2	45,30	43,03	5,01	0
3	103,03	95,40	7,41	1

Кривые нагрузка-удлинение сдвига плетеных полотен (рис. 1) свидетельствуют о том, что плетеные полотна являются вязко-эластичными материалами. Плетеные полотна триаксиального переплетения с использованием ровницы в одно сложение лучше сопротивляются сдвигу, чем полотна триаксиального переплетения с использованием ровницы с продольной и поперечной системами исходных элементов в 2 сложения.

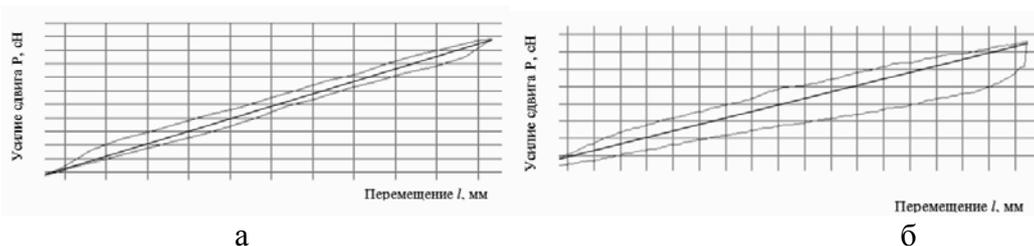


Рис. 1 Диаграммы сдвига плетеных полотен: а – триаксиального переплетения с системами исходных элементов в одно сложение; б – триаксиального переплетения с продольной и поперечной системами исходных элементов в 2 сложения

Предложенные характеристики позволяют провести оценку способности плетеных полотен сопротивляться сдвигу и выбрать наиболее рациональную структуру для проектирования плетеных изделий. Более устойчивой к сдвигу и наиболее рациональной структурой плетеных полотен из льняной ровницы обладают полотна триаксиального переплетения с системами исходных элементов в одно сложение

Работа выполнена под руководством д.т.н., проф. Смирновой Н.А.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимофеева, Е.В., Ананьева, В.А., Томилова, М.В., Смирнова, Н.А. Оценка пригодности льняной ровницы к изготовлению плетеных изделий // Взаимодействие высшей школы с предприятиями легкой промышленности: наука и практика: мат-лы междунауч.-практ. конф., Кострома: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. с. 38-39.
2. Томилова, М.В., Смирнова, Н.А. Технология изготовления головных уборов плетением // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» (ИНТЕКС – 2013): тезисы докл. Всерос. научн. студ. конф. М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2013. с.35.
3. Фишер, К.В., Лунина, Е.В., Гайдукова, К.С. Разработка плетеной женской одежды с производными триаксиальными переплетениями, имитирующими ткань «Шанель» // Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» (ИНТЕКС – 2013): тезисы докл. Всерос. научн. студ. конф. М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2013. с.12.
4. Добрынина, Н.Н., Смирнова, Н.А., Замышляева, В.В., Лапшин, В.В. Автоматизированный метод и устройство для исследования показателей качества тканей при сдвиге нитей // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6; ULR: <http://science-education.ru/120-16521>.
5. Смирнова Н.А., Лапшин В.В., Морилова Л.В. [и др.]. Устройство для определения формовочных свойств тканей: заявитель и патентообладатель Костромск. гос. технологич. ун-т, пат. 45189 Российская Федерация. 2005. Бюл. № 12.
6. Лапшин, В.В. Метрологические характеристики измерительного комплекса для исследования свойств текстильных полотен одежды // Изв. вузов. Технол. текст. пром-ти. 2014. № 5. с. 5 – 8.
7. Мортон, В.Е., Хёрл, Д.В.С. Механические свойства текстильных волокон. М.: Легкая индустрия, 1971. 184 с.

REFERENCES

1. Timofeeva, E.V., Ananeva, V.A., Tomilova, M.V., Smirnova, N.A. Assessment of the suitability of flax roving to the manufacture of woven fabrics // Interaction of high school with the enterprises of light industry: Science and Practice: materials of the International scientific-practical conference, Kostroma: FSBEI HPE «KSTU», 2013. P. 38-39.
2. Tomilova, M.V., Smirnova, N.A. Manufacturing technology of woven hats // Innovative Development of Textile and Light Industry (INTEX – 2013): Theses of reports of All-Russian Scientific Student Conference . – M.: FSBEI HPE «MSUDT», 2013. P.35.
3. Fisher, K.V., Lunina, E.V., Gaydukova, K.S. Development of women's clothing woven with derivatives triaxial weave, simulating cloth "Chanel" // Innovative Development of Textile and Light Industry (INTEX – 2013): Theses of reports of All-Russian Scientific Student Conference . – M.: FSBEI HPE «MSUDT», 2013. P. 12.

4. Dobrynina, N.N. Smirnova, N.A., Zamyshlyayeva, V.V., Lapshin, V.V. Automated Methods and Tools for Study of Quality Fabric in Shear Threads // Modern Problems of Science and Education, 2014. № 6; ULR: <http://science-education.ru/120-16521>.
5. Smirnova N.A., Lapshin V.V., Morilova L.V. Devise for Determining the Molding Properties of Fabrics // Russian Patent № 45189. 2005. Bul. №12.
6. Lapshin, V.V. Metrological Characteristics of the Measuring Complex for Research of Properties of Textile Cloths // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. 2014. № 5. – P. 5 – 8.
7. Morton, W.E., Hearle, J.W.S. Mechanical Properties of Textile Fibers – M.: Light Industry, 1971. – 184 p.

УДК 621.795.3; 677.057

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЕРСТЯНЫХ ВОЛОКОН ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ВАЛОВ

POSSIBILITY TO DEVELOP A SHAFT COATING WITH HAIR FIBER

Л. Удвал, Дж. Нарангерел, Д. Ундраа
L.Udval, J.Narangerel, D.Undraa

Mongolian University of Science and Technology
Монгольский университет науки и технологии

В Монголии поголовье скота достигает 51,8.0 млн. голов. Это означает, что в стране имеются огромные запасы шерсти, кашемира и волоса животных. Ежегодно формируются запасы овечьей шерсти объемом 9,8 тыс. тонн, козьей шерсти - 2,5 тыс. тонн, шерсти яка - 0,9 тыс. тонн, волоса конских хвостов и грив, соответственно - 1,1 и 0,6 тыс. тонн. В настоящее время 60% сырья подвергается переработке. В статье приводятся результаты испытаний, которые проводились в ходе научно-исследовательской работы, направленной на разработку технического войлока путем смешивания этого сырья с овечьей шерстью. Получен новый материал, который может быть использован вместо резины, полиуретана, ПВХ и других материалов при производстве покрытий для валов.

Ключевые слова: покрытие, шерсть, волос, смесь, вал.

Mongolia has livestock in amount of 51,8.0 mln, so that there is an excessive reserve of wool, cashmere and grain of animal hair /a year/: sheep hair- 9.8 thousand tons goat hair -2.5 thousand tons cattle hair - 0.9 thousand tons yak hair - 0.9 thousand tons horse tail hair - 1.1 thousand tons horse mane hair - 0.6 thousand tons 60% of raw material is processed now. There is a test result of a research work on the table that intended for on making technical felt by mixing these raw materials with sheep wool.

Key words: coating, wool, hair, mixture, shaft

Metal and flexible coating is widely used in most sectors of production, depending on its technology features. For instance, it is mainly used in wool, cashmere and leather processing industry. Shaft mechanism has the main and auxiliary functions. Shaft materials are used for many technology procedures such as squeezing raw materials to reduce their humidity, contraction, unpacking, stretching etc., and have a structure that meet the condition and maintain factors influenced for the technology procedures in a given level. In our country the flexible shaft coatings of a shaft mechanism that used in manufacturing industries are usually made of rubber, cotton yarn and rope. In a technology process the flexible coatings are damaged because of erosion, disintegration and rolling. It impacts not only on the product that is processing, but it makes the technology procedure to fail.



Picture 1 Damage of a shaft coating

When the pressing mechanism is loaded the treatment area-size and shapes of various shafts with flexible coating are different and the suppressing specific load on the material that is processing is not uniform. Therefore we can get the most optimum specific pressure on the material, relating to the shaft structure and its coating material.

Flexible coatings are made of rubber, ebonite, wool paper, plastics, woven and non-woven fabrics and rope.



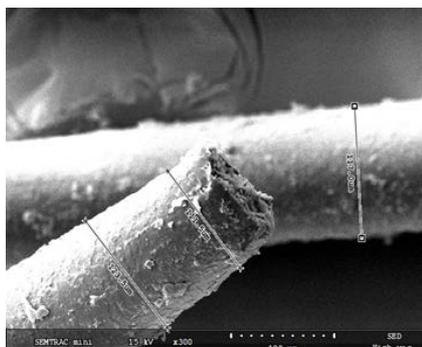
Picture 2 Materials for a shaft coating

Shaft coatings must be elastic, resistant to wear and abrasion and have good load capacity, moisture absorption, low cost for the technology performing.

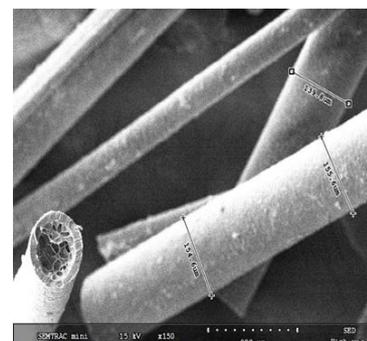
Basing on the features of hair fibers, we'd like to present the results of research on the possibility to develop flexible shaft coating that is made by horse mane, tail, yak hair and camel mane processing.

The comparative research on horse mane hair, horse tail hair in the dry and wet conditions shows that it has bigger diameter and smaller size of hollow pinholes than other animal's hair. Therefore it has possibility to make wet processing details for technical purpose.

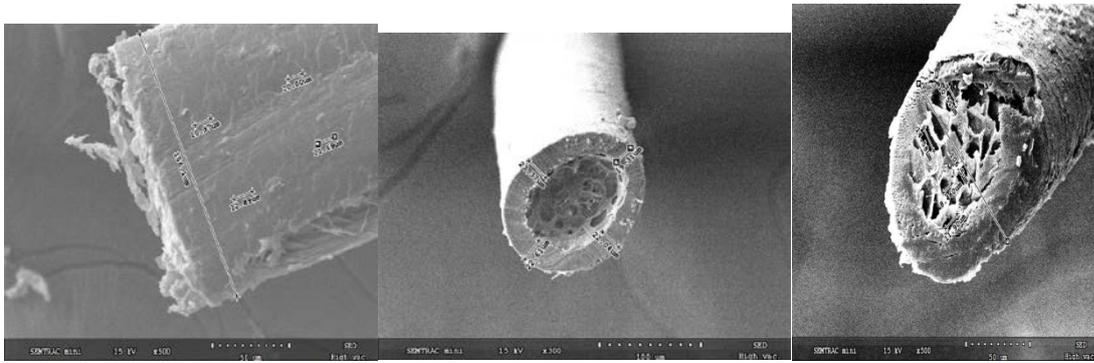
Hair fiber has features below: flaked layer /the outer layer or corneal ring/ light layer /the inner layer that inflates all layers of hair without hollow pinhole/ hollow pinhole /dense, pinholes that have more distance/



a. Diameter of dry mane hair 118,5 mkm

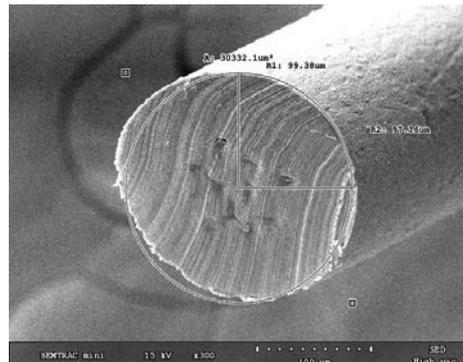
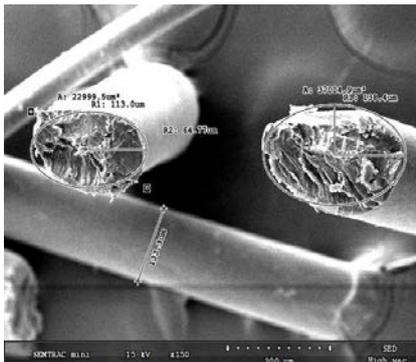


б. Diameter of wet mane hair 140,5mkm



A. Average of hollow pinhole of dry mane hair 8,5x14,56 mkm
 B. Thickness of a light, wet layer 19,31-23,37 mkm
 B. Mane hair flake. Size: 10,0-12,89mkm

2. Results of determining of horse tail hair size

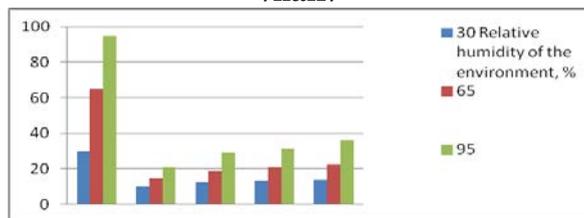


A. Structure with flakes and light layers, without a hollow pinhole. Diameter: 195mkm
 B. Wet mane hair, oval shaped. $R_1 = 67.78$ $R_2 = 113.0$ mkm
 Picture 2. Internal structure of mane, tail

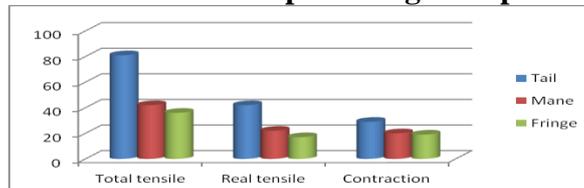
We have tested the internal structure of the hair fiber in the dry and wet conditions. Hence the mane and tail have ability to absorb water well. It shows that there's a big chance to use this feature for the wet processing equipments.

And there are some indicators that show wool and grain of animal hair features:

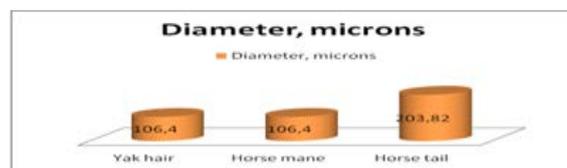
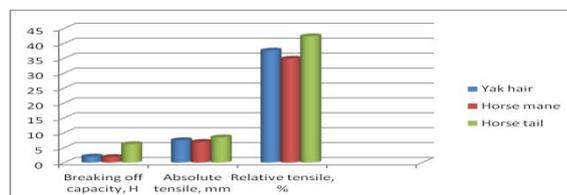
Rate of wet absorption depending on environmental relative humidity of wool and fur /hair/



Horse hair tensile and contraction /percentage compared with the length/



Average criteria of yak and horse hair breaking off



Result:

Basing on the research of wool and animal hair features, we released a new material that can replace rubber, polyurethane, PVC etc.

Comparative characteristics of rubber, polyurethane and technical felt

Index	Value for rubber	Value for polyurethane	NEW Value for technical felt
Tensile strength, MPa	12,7	35	15-20
Elongation at break (at least),%	300	500 - 600	350-450
Hardness units. Sor	40 - 50	55 - 97	40-50

Product service:

Filters, coverings of shafts heat protection materials, insulators, sound reducers, abrasive components for mining, light and food industry, construction, and energy fields.

Advantages of wool coating material that is gotten by mixture of hair fiber and wool.

It has an improved compression grade,

Flexible coating material is replaced with felt,

Production quality is improved,

It is available to manufacture locally instead of buying overseas.

Dry hair absorbs a large amount of water and during the drying process it releases a small amount of heat. Therefore it is suitable for the shaft coating that compresses water from wet materials.

УДК 677.055.8

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВОВЯЗАННЫХ БИАКСИАЛЬНЫХ АРМИРУЮЩИХ СТРУКТУР ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

DESIGN OF BIAXIAL WARP REINFORCING STRUCTURES FOR COMPOSITES

В.В. Капралов, Е.Н. Никифорова, Г.И. Чистобородов, Д.А. Онипченко
 V.V. Kapralov, E.N. Nikiforova, G.I. Chistoborodov, D.A. Onipchenko

**Ивановский государственный политехнический университет
 Ivanovo State Polytechnic University**

E-mail: kapralow@mail.ru, ti2@ivgpu.com

Активно развивающиеся партнерские отношения между предприятиями легкой промышленности и компаниями по производству автомобилей, авиационной и космической техники предполагают неуклонный рост российского рынка композитных материалов. На практическом примере реального производства рассмотрена методика проектирования основовязальных биаксиальных армирующих структур из полиэфирного материала для автомобильной отрасли, предполагающая получение полотен с заданными свойствами.

Ключевые слова: биаксиальный материал, композиты, основовязальные машины, проектирование, разрывная нагрузка

Actively developing partnerships between enterprises of light industry companies and automobile manufacturing, aviation and space technology suggest steady growth of the Russian market of composite materials. In a practical example of real production the technique of design of biaxial warp knitting reinforcing structures of polyester material for the automotive industry, involving the receipt of surfaces with desired properties

Key words: biaxial material, composites, osnovatelnee machine, design, breaking load

Объем мирового рынка композитов составляет 12 млн. тонн в год и не менее 700 млрд. евро в денежном выражении. В то время как объемы производства композитов в России исчисляются десятками тысяч тонн и составляют всего 0,3-0,5% от мирового объема [1]. Такие данные привел министр промышленности и торговли Российской Федерации Денис Мантуров в ходе первого заседания Межведомственного совета по вопросам развития разработки, производства и применения композиционных материалов, состоявшегося в сентябре 2012 года. По прогнозам аналитиков рынок композиционных материалов к 2020 году может вырасти в 10 раз.

Композиционные материалы представляют собой систему, состоящую из нескольких различных компонентов, сохраняющих свою индивидуальность, но их объединение дает эффект, равносильный созданию нового материала. Принципиальных компонентов у такой системы два: матрица или связующее, и наполнитель, зачастую являющийся армирующим компонентом. Свойства композита зависят не только от свойств каждого элемента в отдельности, но и от характера их взаимодействия на границе раздела компонентов [2-4].

Ткани, нетканые материалы и мультиаксиальный основовязанный трикотаж в качестве наполнителя конструкционных композитов используются достаточно давно. Эти материалы много лет с успехом применяются в качестве заменителя металлов в конструкциях самолетов, автомобилей, автобусов, катеров такими известными фирмами, как «Боинг», «Мерседес», «Тойота» и др. При этом вклад композитов в уменьшение веса конструкции транспортных средств в 1990-е годы составлял 10%, а сейчас в отдельных моделях приближается к 30%. Этот поразительный эффект достигается за счет того, что данные материалы по многочисленным показателям, и, прежде всего, по отношению прочности к весу или жесткости к весу, превосходят металлы [5].

В современных текстильно-армированных композитах обычно применяются армирующие текстильные материалы из высокопрочных нитей [6, 7]. Рассмотрим методику расчета структуры подобного армирующего трикотажного материала с заданными прочностными характеристиками на примере производства ЗАО «Ивановоискож» (г. Иваново), изготавливающего тенты для грузовых автомобилей и элементы летних уличных павильонов. Для изготовления армирующих основ (рис. 1) при полной заправке основовязальной машины 18 класса Karl-Mayer RS 2(3) здесь применяют полиэфирные технические нити 110 текс (удельная разрывная нагрузка волокна 0,65 Н/текс) в качестве основы и утка и перевязочную нить 8 текс. Подобные технологии соединения основы и утка без их пространственной деформации, по сравнению с тканями аналогами, обладают повышенной разрывной нагрузкой за счет отсутствия деформационных напряжений в нитях при их переплетении [8, с. 42].

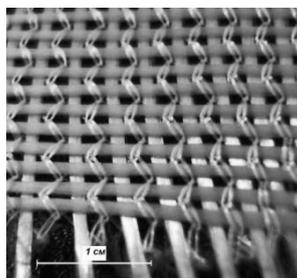


Рис.1

Проектирование основязальных биаксиальных армирующих структур для композитных материалов включает следующие этапы:

1. Расчет количества нитей основы в 1 метре полотна. Для машины 18 класса Karl-Mayer RS 2(3) число игл (межигольных промежутков) на 1 метр игольницы – 708, следовательно, на 1 метр полотна распределится 708 нитей основы по 110 текс.

2. Выбор плотности привязки уточной нити к основной (число петель на 1 см по вертикали). Учитывая практический опыт, примем 6 петель на 1 см по вертикали. Это означает, что при выбранной плотности на 1 метр полотна распределится 600 уточных нитей по 110 текс. Следует отметить, что число петель перевязочной нити на 1 см по вертикали может быть дробным и задается машине при проектировании полотна.

3. Разрывной нагрузкой перевязочной нити пренебрегаем, так как при осевой нагрузке практически всё усилие разрыва ложится на основные и уточные нити.

4. Расчет суммарной линейной плотности нитей основы в 1 м полотна ($708 \times 110 = 77880$ текс/м) и разрывной нагрузки полотна по основе ($77880 \times 0,65 = 50\,622$ Н/метр).

5. Расчет суммарной линейной плотности уточных нитей в 1 м полотна: ($600 \times 110 = 66000$ текс/м) и разрывной нагрузки полотна по утку ($66000 \times 0,65 = 42\,900$ Н/метр).

6. Оценка полученных значений разрывных нагрузок полотна по основе и утку. Корректировка значений разрывных нагрузок путем подбора нитей других линейных плотностей, либо путем изменения плотности привязки уточной нити к основной.

Таким образом, варьируя конструктивными и технологическими заправочными параметрами основязального оборудования, можно прогнозировать физико-механические свойства основязанных армирующих биаксиальных структур еще на стадии их проектирования, добиваясь решения поставленной задачи: снижения веса конструкций либо повышения срока эксплуатации самих изделий за счет повышения прочности полотна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рынок композиционных материалов к 2020 году может вырасти в 10 раз / Российская Бизнес-газета – Промышленное обозрение. - №864 от 12.09.2012.
2. Композиционные материалы: справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
3. Трещалин, Ю.М. Создание и исследование композиционных материалов на основе нетканых полотен [Текст] / М.В. Киселев, Ю.М. Трещалин // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013.- № 2.- С. 95 – 100.
4. Башкова, Г.В. Анизотропия структуры и свойств ниточных наполнителей композитов [Текст] / Г.В. Башкова, Г.И. Чистобородов, А.П. Башков, Д.А. Алешина, И.Ю. Натертышев // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2010. - №7. - С. 80-84.
5. Агапов, В.А. Будущее за мультиаксиальным трикотажем / В.А. Агапов, А.А. Карасева // Курьер. Легкая промышленность. – 2005. - № 3. – С. 12-14.
6. Щербаков, В.П. Особенности вязания и расчетов металлического трикотажа [Текст] / В.П. Щербаков, Н.В. Заваруев, Т.И. Полякова // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014.- № 6.- С. 71 – 75.

7. Капралов, В.В. Метод проектирования основвязальных геосеток [Текст] / В.В. Капралов, Г.И. Чистобородов, Е.Н. Никифорова, Д.А. Онипченко // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015.- № 1.- С. 105 – 108.
8. Интернет-ресурс: www.karlmayer.de. Основвязальные и иглопрошивные машины: проспект фирмы КАРЛ МАЙЕР Малимо. – С.42.

REFERENCES

1. The composite materials market by 2020 could grow 10 times / Russian Business newspaper – Industrial review. - No. 864 dated 12.09.2012.
2. Composite materials: reference book / V. V. Vasiliev, V. D. Protasov, V. V. Bolotin and others – М.: Mashinostroenie, 1990. – 512 p
3. Kiselev, M.V. Creation and Study of Composite Materials Based on Nonwoven Fabrics / M.V. Kiselev, Yu.M. Treshchalin // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2013. - № 2.- S. 95 – 100.
4. Bashkova, G.V. Anisotropy of the Structure and the Properties of the Composites' Reinforcement Made of Yarn / G.V. Bashkova, G.I. Chistoborodov, A.P. Bashkov, D.A.Alyoshina, I.Ju. Natertyshev // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2010. - № 7.- S. 80 – 84.
5. Agapov, V. A. Future for the multiaxial knitted / V. A. Agapov, A. A. Karasev // Kurier. Light industry. – 2005. - No. 3. – P. 12-14.
6. Shcherbakov, V.P. Features of Knitting and Calculations of Metal Jersey / V.P. Shcherbakov, N.V. Zavaruev, T.I. Poljakova // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2014. - № 6.- S. 71 – 75.
7. Kapralov, V.V. Method of Designing the Warp-Knitted Geogrids / V.V. Kapralov, G.I. Chistoborodov, E.N. Nikiforova, D.A. Onipchenko // Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. – 2015. - № 1.- S. 105 – 108.
8. Online resource: www.karlmayer.de. Warp knitting and machine tufted: the prospectus of the company KARL MAYER Malimo. – S. 42.

УДК 687.157

АДРЕСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДЕЖДЫ ИЗ ИННОВАЦИОННЫХ ТКАНЕЙ С ГРЯЗЕОТТАЛКИВАЮЩЕЙ ПРОПИТКОЙ

TARGETED CLOTHES DESIGN FROM INNOVATIVE FABRICS WITH STAIN- RESISTANT IMPREGNATION

Н.В. Доронина¹, Е.О. Савичева², В.С. Дмитриева³, В.Г. Стокозенко⁴
N.V. Doronina¹, E.O. Savicheva², V.S. Dmitrieva³, V.G. Stokozenko⁴

**Ивановский государственный политехнический университет
Институт химии растворов им. Г.А.Крестова РАН (Иваново)**

Ivanovo State Polytechnic University

G.A. Krestov Institute of Solution Chemistry of the RAS (Ivanovo)

E-mail: n_doronina@mail.ru

В работе представлены разработки промышленных образцов одежды разного назначения из тканей с грязеотталкивающей пропиткой. Впервые предложено использовать эти материалы при создании верхней одежды для людей с ограниченными возможностями передвижения, а также для потребителей с разными соматическими особенностями. Разработана виртуальная модель системы «фигура - одежда - материалы» в *Marvelous Designer* на примере куртки специального назначения,

внедрение которой повышает эффективность производства. Результаты работы внедрены в производство ЗАО «КЕРЕК» (г. Чебоксары).

Ключевые слова: ткань с грязеотталкивающей пропиткой, адресное проектирование, потребитель с разными соматическими особенностями, одежда специального назначения

The paper presents developments of industrial samples of clothes for different purposes from fabrics with stain-resistant impregnation. It is proposed for the first time to use these materials to create outerwear for people with limited mobility, as well as for consumers with different somatic characteristics. A virtual model of the system "figure - clothes - materials" was developed in the CAD Marvelous Designer on example of special purpose jacket, the implementation of which improves the efficiency of production. The results of the work are introduced into the production of JSC "Kerek" (Cheboksary).

Keywords: fabric with stain-resistant impregnation, targeted design, consumer with different somatic characteristics, clothes of special purposes

Научными исследованиями и практикой производственной деятельности швейных предприятий в стране и за рубежом доказано, что приоритетным направлением, обеспечивающим повышение удовлетворенности потребителей высококачественной одеждой, при условии ее стабильного сбыта, является развитие концепции адресного проектирования одежды по индивидуальным заказам с последующим изготовлением в условиях промышленного производства на основе высокоэффективных технологий [3].

Сегодня трудно представить производство верхней одежды, которое не использует водонепроницаемые материалы. Однако, применение их в настоящий момент, на наш взгляд, раскрыто не полностью. Производители верхней одежды на условно – типовые фигуры в последнее время столкнулись с проблемой реализации продукции. Каждый год на рынке появляется огромное количество новых товаров и услуг. Новые сегменты рынка, едва сформировавшись, стремительно заполняются товарами, мало отличающимися по своей сути. Похожих товаров очень много, и различия между ними не позволяют потребителям правильно и быстро осуществить выбор. Поскольку сегодня товарный ресурс воздействия на потребителя практически исчерпан, необходимо выйти за пределы товара и потребителя, изменить стратегию продвижения товара на рынке. Интересными для потребителя являются промышленные варианты одежды, которые можно быстро адаптировать как на типовую фигуру, так и на фигуру с индивидуальными особенностями (полные, инвалиды, спортсмены с развитой мышечной массой).

Цель научного исследования – повышение эффективности производства одежды из инновационных материалов для людей с разными соматическими особенностями.

В данной научной работе в качестве объекта исследования выбраны наиболее подходящие для защитной одежды хлопкополиэфирные ткани с поверхностной плотностью не более 170 г/м² (табл.1).

Таблица 1

Технические результаты специальных отделок полиэфирсодержащих тканей

Ткань	Назначение	Наименование параметра	Номинальное значение	Измеренное значение
Поплин арт. 270/260 (25)	Защитная одежда для работников медицины, фармакологии, пищевой промышленности, точного машиностроения	Грязеотталкивание, %	≥50	87
		Коэффициент биоустойчивости, %	≥90	95
Саржа арт. 240/300 (18,5)	Защитная одежда для проводников пассажирских железно-дорожных	Грязеотталкивание, %	≥50	84
		Коэффициент биоустойчивости, %	≥90	93

По разработанным технологическим режимам в производственных условиях наработаны опытные партии хлопкополиэфирных низкоматериалоемких тканей, окрашенных по термозольному способу с различными видами полифункциональных специальных отделок, в т.ч. водоотталкивающей; биозащитной и грязеотталкивающей. Качество отделки и показатели функциональных и специальных свойств новых тканей, как видно из табл. 1, превосходят требуемые нормативы, а также показатели аналогичных тканей отечественных и зарубежных производителей [4, 5].

Авторами разработана серия моделей одежды для людей с разными соматическими особенностями из материалов нового поколения : поплин арт.270/260 (25), саржа арт.240/300 (18,5). Эргономическая рациональность обеспечивается в модельной конструкции набором следующих параметров: силуэт изделия полуприлегающий, объёмы значительные в области плечевого пояса; конструкция изделия обеспечивает параметры позы «сидя»; конструкция рукава реглан обеспечивает удобство при выполнении движений верхних конечностей в плечевом суставе и способствует созданию современной объёмной формы изделия; конструкция застёжки сбоку соответствует особенностям эксплуатации и рациональна для обеспечения снятия и надевания изделия; карманы проектируются в удобных для использования в сидячем положении местах; воротник создаёт завершенность образа. Применение материалов с грязеотталкивающей пропиткой на зонах повышенного загрязнения (рукава, боковой участок на уровне линии бедер) обеспечивает быстрый и облегченный уход, стойкость к истиранию, длительный срок эксплуатации, что не маловажно для людей с ограниченными возможностями передвижения (рис.1) или с вялой мышечной активностью.



Рис.1. Пример ветрозащитной куртки для женской фигуры с ДЦП

В рамках проекта разработаны куртки – трансформеры для мужчин, ведущих активный образ жизни. Такие изделия удобны во время занятий спортом или трекингом, т.к. присутствует большая доля вероятности загрязнения одежды. Лицевая сторона куртки разработана из джинсовых материалов, а изнаночная из саржи арт.240/300. Таким образом потребитель может менять лицевую сторону изделия в соответствии с условиями эксплуатации.

Из материалов с грязеотталкивающей пропиткой также были разработаны комплекты одежды (брюки и куртка) специального назначения на фигуры особо больших размеров. Разработанная в САПР Грация базовая конструкция куртки на мужскую фигуру 170-134-140 была импортирована в Marvelous Designer и далее разработана виртуальная модель системы «фигура-одежда - материалы» (рис.2) [1, с.31; 2, с.175]. На полученном сканотаре

произведена виртуальная примерка базовой конструкции с учетом свойств тканей и выполнено моделирование.

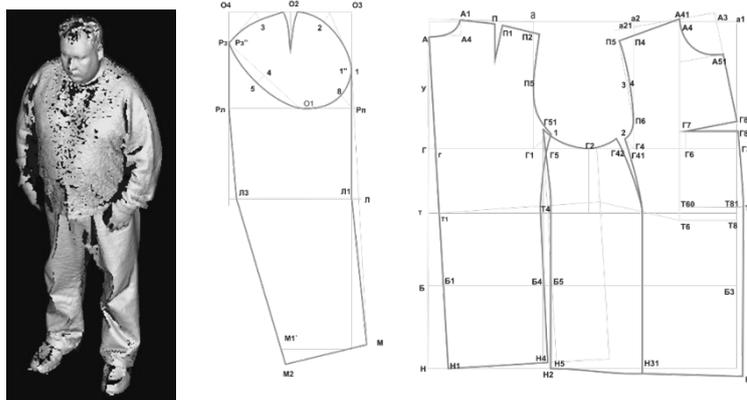


Рис.2 Аватар фигуры 176-134-140 и базовая конструкция куртки в САПР Marvelous Designer

Результаты работы были внедрены в производстве ЗАО «КЕРЕК» (г. Чебоксары) в виде промышленной одежды специального назначения на фигуры особо больших размеров, а также в учебном процессе кафедры Конструирования швейных изделий (ИВГПУ, г.Иваново) в рамках дисциплины «Современные проблемы науки в дизайне одежды».

Подводя итог можно заключить, что поплин арт.270/260 (25) и саржа арт.240/300 (18,5) нашли свое применение в ассортиментной линии одежды разного назначения. Невидимый грязеотталкивающий слой эффективно защищает одежду: одежда приобретает дополнительную защиту от влаги, поэтому в ней нестрашно попасть под дождь; ткань становится менее подверженной различным механическим повреждениям, а значит, служит дольше; дополнительная пропитка не препятствует воздухообмену и не создает дискомфорта; «защищенная» одежда всегда сохраняет свой опрятный внешний вид, грязь легко стереть влажной салфеткой или смыть под проточной водой. Новые свойства тканей позволяют улучшить качество одежды, в результате чего меняется качество жизни потребителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новые информационные технологии для решения различных прикладных задач процесса проектирования системы «человек-костюм»// Н.В.Доронина // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: сборник научных трудов XI-ой Международной научно – практической конференции (19-21 марта 2014 года) под редакцией Горохова А.А. том2. Курск: ЮЗГУ, 2014. с.31-33.
2. Бесконтактные исследования пластики тела для проектирования функционально – эргономичной одежды, улучшающей качество жизни людей с индивидуальными соматическими особенностями // Е.О. Савчиева, Н.В. Доронина // Перспективное развитие науки, техники и технологий: материалы 4-й Международной научно – практической конференции посвященной 50-летию механико-технологического факультета ЮЗГУ–Россия, г.Курск, 17-18 октября 2014 г. В 2 ч. Ч.1/ УО «ЮЗГУ». Курск, 2014. с. 175-177.
3. Корнилович, А.В. Применение процессного подхода при проектировании одежды для экстремальных видов спорта / А.В. Корнилович, Л.Ю. Киприна // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010. – № 5(326). – С. 75-77.
4. Метелева, О.В. Теоретическое обоснование эффективного применения химических материалов при изготовлении защитных изделий // О.В.Метелева // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 4(346). – С. 109-113.
5. Корнилова, Н.Л. Будущее отрасли – технический текстиль, функциональные материалы с новыми или улучшенными эксплуатационными свойствами / Н.Л. Корнилова, Г.И.

REFERENCES

1. New information technologies for solution of various applied tasks in the process of design of the system "man-suit"// N.V. Doronina // Modern instrumental systems, information technologies and innovations: collection of scientific papers of the 11th International scientific - practical conference (19-21th March, 2014) edited by Gorokhov A.A., volume 2, Kursk: YUZGU, 2014, p.31-33.
2. Contactless researches of body plasticity for designing of functional - ergonomic clothes improving the quality of life of people with individual somatic features // E.O. Savicheva, N.V. Doronina // Long-term development of science, engineering and technology: proceedings of the 4th International scientific - practical conference devoted to the 50th anniversary of Mechanics and Technology Faculty YUZGU – Russia, Kursk, 17-18th October, 2014. In 2 parts. Part 1/УО « YUZGU ». Kursk, 2014, p. 175-177.
3. Kornilovich A.V. Application of process approach at design of clothes for extreme sports / A.V. Kornilovich, L.Yu. Kiprina// Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. – 2010. – № 5 (326). – P. 75-77.
4. Meteleva, O.V. Theoretical substantiation of effective application of chemical materials when manufacturing protective garments / O.V. Meteleva // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. – 2013. – № 4 (346). – P. 109-113.
5. Kornilova, N.L. Industry trends focused on technical textiles, functional materials with new or improved operational properties /N.L. Kornilova, G.I. Chistoborodov, S.V. Fedosov // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. – 2014. – № 4 (352). – P. 24-28.

УДК 338.28:334.021

ГОСУДАРСТВЕННО - ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО В ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКЕ

PUBLIC - PRIVATE PARTNERSHIP IN THE INNOVATION ECONOMY

В.А. Браславский¹, Е.Д. Сенчуков², Г.А. Смирнова³
V. A. Braslavsky¹, E. D. Senchukov², G. A. Smirnova³

**Комитет по образованию и бизнес - образованию ТПП РФ (Санкт-Петербург)
ОАО « РУСАЛ» (Москва)**

**Санкт - Петербургский государственный университет технологии и дизайна
Committee on education and business - education, CCI (St. Peterbrug)
JSC "RUSAL" (Moscow)**

Saint - Petersburg State University of technology and design

E-mail dmitriy.senchukov@rusal.com, mail@spbforob.ru, sunnykim@mail.ru

Рассмотрены некоторые вопросы развития государственно - частного партнерства с позиций инновационной деятельности. Показаны особенности такого партнерства как организационной инновации, как стратегии и инструмента развития экономики, как нового государственного менеджмента и институционального подхода в развитии экономики. Государственно - частное партнерство определено, как организационный альянс между государством и бизнесом в целях реализации национальных и международных, масштабных и локальных общественно-значимых проектов. Указано, что мировой опыт использования такого механизма успешно реализуется в создании новой и поддержании существующей инфраструктуры экономики. Сформулирована сущность партнерства как механизм сотрудничества между органами государственной власти и бизнесом.

Главной целью партнерства является обеспечение эффективного развития стратегически важных сфер деятельности.

Ключевые слова: государственно – частное партнерство, инновация, экономика, организация, инфраструктура, стратегия.

The article discusses the development of public - private partnerships from the standpoint of innovation. The features of such partnerships, as an organizational innovation, as a strategy and tools for the development of the economy, new public management and the institutional approach in economic development. Public - private partnership is defined as an organizational alliance between the state and business in order to implement national and international, large-scale and local public projects. Indicated that the global experience of using such a mechanism has been successfully implemented in creating new and maintaining existing infrastructure of the economy. Formulated the essence of the partnership as a mechanism of cooperation between public authorities and business. The main goal of the partnership is to ensure the effective development of strategically important areas.

Key words: public - private partnership, innovation, economy, organization, infrastructure, strategy

Основными отличиями современной экономики являются: динамизм развития, множественность вариантов достижения целей развития, внедрение инноваций во все сферы деятельности, конкурентоспособность, разнообразие организационно-правовых форм деятельности, Значимость различного рода инноваций трудно переоценить в настоящее время. Это касается не только новых продуктов и технологий, но и инноваций инфраструктурного характера, организационно- управленческих инноваций.

Во многих программных документах в нашей стране приводятся особенности современного этапа развития, который имеет признаки кризиса в различных сферах. Многие ученые также характеризуют факторы развития с разных позиций. Так, Панфилов А.В. достаточно четко определяет характер современного развития: «Изменения становятся постоянными и всепроникающими, и это нормальное состояние современного бизнеса. Более того, возросла скорость изменений, чему способствуют, в первую очередь, стремительность технического прогресса и конкуренция. Жизненные циклы товаров измеряются теперь не годами, а месяцами. Сократились и жизненные циклы услуг, и время, имеющееся для разработки новых товаров и выхода с ними на рынок». [1]

В Руководстве Осло [2] отмечается, что «глобализация вызвала рост международной конкуренции и появление новых организационных форм для управления глобальными цепями поставок», а одним из факторов роста производства становятся инновации. По мнению авторов настоящей публикации, необходимо и того, что база поддержки продуктовых и процессных инноваций – это «организационные инновации», которые «сами по себе могут оказывать существенное влияние на результаты деятельности предприятия». Эти инновации «способны повышать качество и эффективность работы, стимулировать обмен информацией и повышать способность предприятия обучаться и использовать новые знания и технологии» [2, с.12.].

Общепринято определение инновации, как конечного результата инновационной деятельности, получившего воплощение в виде нового или усовершенствованного продукта (товара, работы, услуги), производственного процесса, маркетингового или организационного метода в ведении бизнеса, организации рабочего места, внешних связей.

Официальная терминология, как видно, выделяет среди инноваций организационные.

Эти инновации направлены на повышение эффективности деятельности организации, снижение административных и транзакционных издержек, повышение удовлетворенности работников организацией рабочих мест, рост производительности труда, получение доступа к отсутствующим на рынке активам или снижения стоимости поставок.

Инновации в ведении бизнеса означают реализацию новых организационных методов предпринимательской деятельности и включают

внедрение корпоративных систем управления знаниями, реализацию систем обучения, нацеленных на развитие сотрудников, снижение текучести кадров, внедрение систем оптимальных управления производством и поставками в целом, систем управления цепочками поставок, рационализацией производства, а также систем управления качеством, создание новых видов интегрированных структур. Один из видов относительно новых структур является структура и форма государственно- частного партнерства (ГЧП). Эту структуру можно рассматривать как форму структурной, функциональной и экономической интеграции. Появление этой относительно новой формы взаимодействия государства и частного сектора показало эффективность такой организационной инновации.

Исследователи рассматривают ГЧП, как стратегию и инструмент развития, как новый государственный менеджмент и институциональный подход в широком смысле, затрагивающий не только экономические, но и социальные и политические отношения. В монографии Маховиковой Г.А. подчеркивается, что обязательным «условием эффективного функционирования рыночной экономики является конструктивное взаимодействие бизнеса и структур государственной власти». [5] Здесь выделены основные причины создания новых предпринимательских структур, которые обусловлены институциональными изменениями в отраслях, которые всегда находились в государственной собственности под государственным управлением, в том числе в электроэнергетике, магистральном трубопроводном транспорте, портах, аэропортах. Правительства передают во временное долго- и среднесрочное пользование бизнесу объекты этих отраслей, оставляя за собой право регулирования и контроля их деятельности, так как в бюджете России нет достаточных средств для обеспечения обновления производства и увеличение масштаба деятельности.

В хозяйственной практике за рубежом, а сейчас и в России, используется концепция ГЧП, представляющая собой институциональный и организационный альянс между государством и бизнесом в целях реализации национальных и международных, масштабных и локальных, но всегда общественно-значимых проектов в широком спектре сфер деятельности. Каждый такой альянс является временным, поскольку создается на определенный срок в целях осуществления конкретного проекта и прекращает свое существование после его реализации.

Мировой опыт показывает, что использование механизма ГЧП успешно в создании новой и поддержании существующей инфраструктуры экономики. В международных документах сущность ГЧП определяется как «форма сотрудничества между органами государственной власти и бизнесом, основной целью которой является обеспечить финансирование, сооружение, реконструкцию, управление и содержание объекта инфраструктуры или предоставление услуги»[6]

ГЧП трактуется как понятие, обозначающее совокупность механизмов привлечения ресурсов, финансовых и организационных возможностей и усилий частного сектора органами публичной власти для достижения определенных публичных целей. Оно охватывает большую область взаимовыгодных коммерческих и организационных отношений между государственным, муниципальным и частным секторами. В России задачи внедрения и развития механизмов ГЧП актуальны особенно в настоящее время, и являются приоритетной задачей государства. Для формирования эффективных взаимоотношений в рамках ГЧП необходимы оценка эффективности ГЧП, как формы организации и взаимодействия, оценки эффективности структуры капитала. В Бюджетном послании Президента Российской Федерации о бюджетной политике в 2011–2013 годах говорилось, что «государство не должно подменять собой частный сектор или выбирать за него перспективные направления развития... Предпочтительной формой поддержки должно стать софинансирование проектов, стимулирование видов деятельности, способствующих модернизации. [7].

Особенную роль ГЧП может играть в инновационной сфере, где с помощью этого механизма могут быть реализованы крупные инновационные проекты, развиваться технопарки и расширяться концессионные соглашения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панфилов А. В. Внедрение управленческой инновации: роль лидера и мотивация персонала. //Теория и практика общественного развития. Международный научный журнал.http://teoria-practica.ru/rus/files/arhiv_zhurnala/2012/1/sociologiya/panfilov (доступ свободный). Загл. С экрана. Яз. рус.
2. Руководство Осло. Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям. Третье издание. Совместная публикация ОЭСР и Евростата. ОЭСР., Статистическое бюро Европейских сообществ. Пер. на русск. язык. (ЦИСН], издание второе исправленное Москва, 2010 Опубликовано по соглашению с ОЭСР, Париж.
3. Государственно-частное партнерство в инновационной сфере: мировой опыт и перспективы России / под ред. Р.М. Нижегородцева, С.М. Никитенко, Е.В. Гоосен. Кемерово: ООО «Сибирская издательская группа», 2012.
4. Варнавский В. Государственно-частное партнерство: некоторые вопросы теории и практики//Мировая экономика и международные отношения. 2011. № 9. С. 41–50.
5. Маховикова Г.А., Ефимова Н.Ф. Государственно-частное партнерство: зарубежный опыт и российские реалии. СПб. : Изд-во СПбГЭУ, 2013. 251 с. Режим доступа: http://elibrary.unecon.ru/materials_files/447867339.
6. Green Paper on Public-Private Partnerships and Community Law on Public Contracts and Concessions Commission of the European Communities Brussels, 2003.
7. Проект федерального закона «О государственно-частном партнерстве» (разработчик проекта акта: Минэкономразвития России) // http://www.economy.gov.ru/minec/about/structure/depregulatinginfluence/doc20120622_015.22.06.2012/

REFERENCES

1. Panfilov A.V. introduction of administrative innovations: leadership and motivation. // Theory and Practice of Community Development. International scientific-Journal.http://teoria-practica.ru/rus/files/arhiv_zhurnala/2012/1/sociologiya/panfilov (access liberties-tion). Caps. With the screen. Jaz. Rus.
2. Guide Oslo. Recommendations on the collection and analysis of data on innovation. Third edition. A joint publication of OECD and Eurostat. OECD., The Statistical Office of the European Communities',. Trans. to Russian. language. (CSRS], revised second edition, Moscow, 2010 Published under an agreement with the OECD, Paris.
3. Public-private partnership in innovation sphere: international experience and prospects for Russia-lane / ed. R.M. Nizhegorodtseva, S.M. Nikitenko, E.V. Goosen. Kemerovo LLC "Siberian Publishing Group», 2012.
4. Varnavskiy B. Public-private partnership: some questions of the theory and practice // World Economy and International Relations. 2011. No 9. С. 41-50.
5. Makhovikov G.A., Efimova N.F. Public-private partnerships: international experience and Russian reality. St. Petersburg. Univ SPbGEU, 2013. 251 pp. Access: http://elibrary.unecon.ru/materials_files/447867339.
6. Green Paper on Public-Private Partnerships and Community Law on Public Contracts and Concessions Commission of the European Communities Brussels, 2003.
7. The draft federal law "On public-private partnership" (project developer Act: Economic Development of Russia) //<http://www.economy.gov.ru/minec/about/structure/depregulatinginfluence/do>

**О КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРАХ ИННОВАЦИОННОСТИ И
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ, ЗАНЯТЫХ В СОЦИАЛЬНОЙ
СФЕРЕ**

**A KEY FACTOR INNOVATIVE AND COMPETITIVE ENTERPRISES ENGAGED
SOCIAL**

О.В.Бессмертный¹, В.А. Браславский², А.А. Малченко³, Г.А. Смирнова⁴
O. V. Bessmertny¹, V. A. Braslavsky², A. A. Malchenko³, G. A. Smirnova⁴

**«Московская фабрика ортопедической обуви» Минтруда России
«Санкт-Петербургская фабрика ортопедической обуви» Минтруда России
Отдел кадровой и социальной политики Департамента стратегического развития
Минпромторга России (Москва)**

Санкт - Петербургский государственный университет технологии и дизайна (СПГУТД)

«Moscow factory orthopedic shoes», Ministry of labour Russia

«St. Petersburg factory orthopedic shoes» Ministry of labour, Russia

**Department of personnel and social policy of strategic development Department of the
Ministry of industry and trade (Moscow)**

Saint - Petersburg State University of technology and design

E-mail - info@mfoo.ru, mail@spbforob.ru, malchenko@minprom.gov.ru, sunnykim@mail.ru

Рассмотрены вопросы конкурентоспособности предприятий по производству ортопедических изделий и ортопедической обуви с позиций инновационного развития. Отмечена важность перехода к новым типам организационного взаимодействия, основанным на интеграции управленческих действий. Показаны возможности повышения уровня развития предприятий, деятельность которых направлена на социальное развитие. Сформулированы направления использования механизма синергетической концепции развития на основе саморегулирования. Сделан вывод о том, что предприятия, производящие ортопедическую обувь не могут решать все вопросы инновационного развития в комплексе. Эти предприятия способны обеспечить импортозамещение на основе технологических и организационных инноваций в рамках саморегулируемой организации. Саморегулирование предприятий по производству протезно - ортопедических изделий и ортопедической обуви - важное направление по пути интеграции значительной части видов деятельности в области оказания протезно - ортопедической помощи населению на основе принятия стандартов и правил профессиональной деятельности членами такой организации.

Ключевые слова: инновация, саморегулирование, протезно- ортопедическое предприятие, ортопедическая обувь, импортозамещение, синергия, интеграция.

The issues of the competitiveness of enterprises for the production of orthopedic products and orthopedic shoes from the standpoint of innovation. Noted the importance of the transition to new types of organizational interaction, based on the integration of management actions. The possibilities of increasing the level of enterprise development, with a focus on social development. Directions of use of the mechanism of the synergetic concept development on the basis of self-regulation. It is concluded that the companies that manufacture orthopedic shoes can't solve all the issues of innovative development in the complex. These businesses are able to provide import substitution on the basis of technological and organizational innovation in the context of the self-regulatory organization. Self-regulation of enterprises for the production of prosthetic and orthopedic products and orthopedic footwear is an important direction towards the integration of a significant part of activities in the area of providing orthopedic care to the population through the adoption of standards and rules of professional activity of members of such organizations.

Key words: innovation, self-regulation, prosthetic - orthopedic enterprise, orthopedic shoes, import substitution, synergy, integration

Состояние отечественной экономики таково, что отрасли промышленности по уровню инновационности и технологическому уровню значительно отличаются друг от друга.

Недостаточная развитость производства и низкая конкурентоспособность предприятий отдельных отраслей не позволяют им занять достойное место на рынке.

Концептуальные подходы к развитию предприятий в условиях новой парадигмы менеджмента основаны на большей самостоятельности и самоорганизации деятельности, а целевой установкой является обеспечение превосходства над конкурентами на базе новых технологий, новых форм организации труда, производства и управления.

Важен переход к новым типам организационного взаимодействия, которые основаны не только на функциональном управлении, но и на интеграции управленческих действий. [1] Это предоставляет новые возможности развитию предприятий, которые не существуют для отдельных средних и малых предприятий. Это относится прежде всего к предприятиям, занятым обеспечением инвалидов и населения в целом протезно - ортопедическими изделиями и ортопедической обувью. В настоящее время значительная часть населения приобретает ортопедическую обувь в целях профилактики заболеваний ног, особенно это актуально для детей.

Азгаловым Г.Г. и Костиным А. В. [2] обозначены пять условий успешной работы, обоснованные в науке об управлении, и восемь последовательных мероприятий, которые необходимо провести на этом пути, чтобы Россия обеспечила инновационное развитие. Эти условия применимы не только к экономике в целом, но и к предприятию, как основному звену экономической системы. Среди элементов производственной деятельности авторы называют количество, затраты на производство, распределение, потребление, качество. Но здесь следует указать и на инновации, как обязательное условие развития и конкурентоспособности.

Как отмечает Трифилова А.А. , «...в существующей практике на большинстве предприятий стратегиям инновационного развития не придают высоких приоритетов. Инновационное развитие чаще всего отождествляют с производственно-хозяйственным уровнем принятия решений», хотя разработку и реализацию новых технологий следует отнести к стратегическим решениям. [3]

Однако, в силу различий в потенциале предприятий не все из них могут обособленно осуществить многие инновационные мероприятия для повышения уровня конкурентоспособности. Поэтому они часто прибегают к копированию зарубежных товаров и их имитации.

Повышение уровня конкурентоспособности значительной части предприятий малого и среднего бизнеса возможно с использованием механизма синергетической концепции развития предприятий. Возможностей синергетического подхода достаточно. Это применение различных форм интеграции деятельности, в том числе самоуправление .

Отношение к организации как объекту исследования изменяется на основе синергетического подхода, когда организация может рассматриваться с двух позиций: как объект и как качество. В первом случае она является самостоятельной целью, а во втором – средством внутренней качественной реорганизации [4].

Как отмечает Смирнов Э.А., при недостаточности профессионального управления самоорганизация и самоуправление играют две важные роли: компенсируют неохваченные области управления; инициируют развитие формального управления и организации. [5]

Синергетическая концепция и синергетический подход к процессу становления и развития организации становятся новой парадигмой управления современной промышленностью. [6]

В механизме интеграции стратегического и инновационного управления предприятие должно анализировать потенциал инновационных стратегий, структурные составляющие потенциала.

Курченков В.В., Токмаков В.И. раскрывают основные причины интеграции производства в современной экономике на основе развития крупных интегрированных производственных систем и рассматривают процессы и формы интеграции с позиции системного преобразования путём взаимодействия элементов в виде иерархии. [7]

К стратегическим решениям на большинстве предприятий относят решения по реализации новых технологий. Это справедливо. Одновременно любые технологические решения влекут за собой новые формы организации труда, производства и управления, что не только поддерживает стратегические решения, но и обеспечивает новые конкурентные преимущества. Синергетические связи, как считает Урманов И.И., являются новой формой организации производства. [8]

Предприятия отраслей социальной сферы, такие как предприятия, производящие протезно-ортопедические изделия и ортопедическую обувь, в меньшей степени, чем все остальные отрасли задействуют все механизмы инновационной экономики. Как средним и малым производственным предприятиям, им также достаточно трудно решать все вопросы инновационного развития в комплексе, включая подготовку и переподготовку кадров, повышение квалификации, когда нет специализированной организации, занимающейся этими проблемами. Особенно сложно решаются вопросы проведения исследований и разработок по новым технологиям и внедрению новых исходных материалов. Как показывает практика деятельности предприятий по производству ортопедической обуви, для изготовления новых видов ортопедической обуви используются не только новейшие текстильные материалы и кожа, но отдельные виды материалов, комплектующих и кожи поступающие из-за рубежа. Испытание материалов, проектирование обуви и протезно-ортопедических изделий осуществляется, в основном, на импортном оборудовании. Часть магазинов и салонов, торгующих ортопедической обувью продают, в основном, импортные изделия, которые фактически не являются ортопедическими.

Встает соответственно вопрос об импортозамещении в этой важной социально значимой отрасли. Инновационные возможности предприятия зависит от его размера. Для малых и средних предприятий имеется множество препятствий к повышению уровня инновационности: высокая стоимость нововведений; недостаток собственных оборотных средств предприятия; недостаток информации о новых технологиях; рынка технологий, инновационной инфраструктуры и др.

Для рассматриваемых предприятий сложности инновационной деятельности заключаются в слабой финансовой поддержке от государства. Так после получения государственного заказа на основе тендера, средства из государственного бюджета поступают со значительным опозданием, и предприятие производит протезно - ортопедические изделия и обувь за счет собственных средств. В этих условиях также невозможно выделение значительных средств на повышение уровня инновационности.

Поэтому одной из форм организации инновационной деятельности – это переход предприятий к саморегулированию в рамках саморегулируемой организации. Здесь появляется возможность решать вопросы инновационной политики в рамках интегрированной структуры.

Создание саморегулируемой организации предприятий по производству протезно - ортопедических изделий и обуви может быть важным шагом по пути интеграции в области таких работ, как повышение качества выполняемых работ в области оказания протезно - ортопедической помощи населению на основе принятия стандартов и правил профессиональной деятельности членов такой организации; обеспечение соблюдения принципов корпоративного управления, устойчивого экономического роста и социальной ответственности всеми входящими в состав саморегулируемой организации членами; взаимодействие предприятий и организаций, занятых оказанием протезно-ортопедической помощи и изготовлением соответствующих изделий, а также поставками комплектующих изделий и полуфабрикатов для указанных предприятий и организаций; совместное проведение исследований и разработок в соответствующей области, защита интересов

отечественных производителей на рынке протезно-ортопедических изделий и ортопедической обуви и т.д.

Саморегулируемая организация может решить вопрос о том, чтобы ассортимент протезно-ортопедических изделий и технических средств реабилитации состоял не менее, чем на 90% из комплектующих отечественного производства и не имел бы признаков узловой сборки.

Й. Шумпетер сделал вывод, что конкуренция - это соперничество старого с новым, самым актуальным видом конкуренции является конкуренция на основе новых товаров, новой технологии, новых видов ресурсов, организации производственной деятельности. [9].

Такие инновационные процессы, как организационные инновации, предполагают разработку и развитие новых продуктов, процессов и услуг, способствующих проникновению предприятий на новые рынки и завоеванию новых сегментов рынка. Совместная работа предприятий в рамках саморегулируемой организации позволит определить возможности новых продуктов и услуг; управлять процессами разработки и продвижения новой продукции и услуг; совершенствовать технологические и организационные процессы.

В этом случае появляются ключевые факторы успеха, повышающие уровень конкурентоспособности, обеспечивающие конкурентные преимущества предприятий данной отрасли. Конкурентоспособность товара определяется соответствием товара условиям рынка, конкретным требованиям потребителей по техническим, экономическим, эстетическим, коммерческим характеристикам, условиям реализации товара по цене, срокам поставки, каналам сбыта, сервису, рекламе, уровнем затрат потребителя за период эксплуатации товара. Ключевые факторы успеха (КФУ) - это перечень факторов, приносящих преимущества одному предприятию перед другими отраслями. Эти факторы не являются постоянными, они меняются в зависимости от: особенностей отраслей; сегментов рынка, этапа «жизненного цикла» отрасли и предприятия.

КФУ зависят от научно-технического уровня производства и инновационности продукта, уровня маркетинга и менеджмента; организационно-технического уровня организации производства, финансовой состоятельности предприятия, наличия и уровня кадрового потенциал и т.д. КФУ являются инструментом в конкурентной борьбе, так как формируют конкурентоспособность товара, предприятия, отрасли, государства. КФУ в отрасли - это потребительские свойства товара, опыт и знания, конкурентные возможности, успехи на рынке и вообще все, что повышает прибыльность компании, от чего зависит достижение функциональных целей.

С изменениями во внешней и внутренней среде изменяются также сравнительные конкурентные преимущества относительно других предприятий отрасли. Причины изменений в структуре конкуренции и внешней среде заключаются в изменении в законодательстве о социальной помощи инвалидам, развитии сферы социальных услуг, изменении спроса на ортопедическую обувь у населения, особенно для детей; развитие электронной коммерции, нарастающая глобализация отрасли, изменения долгосрочных тенденций развития отрасли и др.

М. Портер определил конкуренцию как действие пяти сил: появлением новых конкурентов; появлением товаров-заменителей; давлением поставщиков; давлением покупателей; соперничеством конкурентов. [10] Конкурентоспособность по модели М.Портера — цепочка ценностей, которые создаются в результате использования КФУ. Для данных предприятий не действует одна из сил конкуренции – появление товаров – заменителей. Следовательно, уменьшение давления конкурентных сил, конкурентные преимущества способствуют достижению конкурентоспособности.

Экспертное сопоставление двух крупных предприятий отрасли Санкт- Петербургской фабрики ортопедической обуви и Московской фабрики ортопедической обуви по таким параметрам, как отражение в структуре управления органов, занятых инновационной деятельностью и развитием, инновационная направленность в технологии, продуктах

организации деятельности, выполнение инновационных функций, интегрированный подход к функциональному управлению, определение ключевых факторов инновационных процессов и достижения инновационных целей, контроль реализации инновационных целей и т.д., показало, что уровень ключевых факторов успеха довольно низок. Считаем целесообразным обобщение опыта развития предприятий по производству протезно-ортопедических изделий и ортопедической обуви, что позволяет систематизировать направления инновационного развития этой отрасли, как по технологическим, продуктовым, так и по организационным инновациям.

Необходимо использовать опыт других отраслей экономики в интеграционных процессах, опыт формирования новых организационных структур, обеспечивающих синергетический эффект от объединения усилий в направлении инновационного развития.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владимирова И.Г. Компании будущего: организационный аспект // Менеджмент в России и за рубежом. 1999. №2. С. 113-129.
2. Азгалов Г.Г. и Костин А. В. Восемь шагов к инновационной экономике. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.labrate.ru/articles/azgaldov-kostin-eight-steps-to-innovative-economy-2009>.
3. Трифилова А.А. Методологические основы интеграции стратегического и инновационного менеджмента. Режим доступа: <http://referent.mubint.ru/security/8/2777/1> с.27-35.
4. Иванова Т.Ю., Приходько В.И. Теория организации. СПб.: Питер, 2004. с. 68
5. Смирнов Э.А. Теория организации: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2000. С. 78.
6. Япрынцева Е.В., Дорошенко Ю.А. Синергетический подход как новая управленческая парадигма Режим доступа: conf.bstu.ru/conf/docs/0037/1672.doc.
7. Курченков В.В., Токмаков В.И. Интеграционно-системные преобразования в современном производстве: основные тенденции и формы. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2001. 100с. (Монография)
8. Урманов, И.И. Синергетические связи как новая модель организации производства: история основных этапов организации производства мирового автомобилестроения в 20 в. Концепции Г. Форда, А. Слоуна, Э. Тойода, логистической синергии // Мировая экономика и международные отношения. 2000. №3. С. 19-26.
9. Й. Шумпетер. Теория экономического развития: исследование предпринимательской прибыли, капитала, кредита: пер. с англ. М.: Прогресс, 1982.
10. Портер, М.Э. Конкуренция, обновленное и расширенное издание: пер. с англ. М.: ООО «И.Д.Вильямс», 2010. 592 с.

REFERENCES

1. Vladimirova I. G. Company of the future: organizational aspect // Management in Russia and abroad. 1999. No. 2. S. 113-129.
2. Asgarov G. G. and Kostin V. A. Eight steps to innovation economy. Electronic resource. Available at: <http://www.labrate.ru/articles/azgaldov-kostin-eight-steps-to-innovative-economy-2009>.
3. Trifilova A. A. Methodological bases of integration of strategic and innovation management. Available at: <http://referent.mubint.ru/security/8/2777/1> p. 27-35.
4. Ivanova, T. Y., Prikhodko V. I. the Theory of organization. SPb.: Peter, 2004. p. 68
5. Smirnov E. A. Organization theory: a tutorial. Moscow: INFRA-M, 2000. С. 78.
6. Yapryntseva E. V., Doroshenko Yu. a Synergistic approach as a new managerial paradigm access Mode: conf.bstu.ru/conf/docs/0037/1672.doc.
7. Marchenkov V. V., V. I. Tokmakov Integration-system transformation in modern industry: key

- trends and forms. Volgograd: Publishing house of the Volga, 2001. 100С. (Monograph)
8. Urmanov, I. I. synergies as a new model of production organisation: the history of the major stages of production organization world automotive industry in the 20th century the concept of G. Ford, A. Sloan, E. Toyoda, logistics synergy // World economy and international relations. 2000. N3. P. 19-26.
9. Th. Schumpeter. Theory of economic development: a study of business profits, capital, credit: per. s angl. Moscow: Progress, 1982.
10. Porter, M. E. on Competition, updated and expanded edition: TRANS. from English. M.: OOO "I. D. Williams", 2010. 592 p.

УДК 675.92.035

КАПИЛЛЯРНОСТЬ НЕТКАНЫХ СТЕЛЕЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

NONWOVEN INNERSOLE FABRICS CAPILLARITY

Ю.К. Островский, Л.М. Полухина, Н.В. Евсюкова
Y.K Ostrovsky, L.M. Poluhina, N.V. Evsyukova

Московский Государственный университет дизайна и технологий
Moscow State University of design and technologies

E-mail: ostrovsky_j@bk.ru, artek39@mail.ru, ev.natali@mail.ru

Важнейшим фактором, определяющим сорбционные свойства нетканых иглопробивных материалов на основе полиэфира является капиллярная структура. Исследованы закономерности линейного и объёмного впитывания воды образцами нетканых полиэфирных материалов типа «Стелан». Анализ математических моделей кинетики впитывания проведён с использованием итерационной схемы Ньютона – Гаусса. Характерные времена впитывания определены по скорости изменения функций $L(t)$ и $V(t)$. Установлено, что введение гигроскопичного бамбукового волокна в систему практически вдвое снижает характерные времена достижения максимума распределения скоростей впитывания, одновременно растут и относительные показатели максимальных значений скоростей впитывания. Предложено в качестве показателя анизотропии капиллярного впитывания использовать отношение характерных времён линейного и объёмного впитывания.

Ключевые слова: капиллярность, объёмное впитывание, линейное впитывание, анизотропия капиллярного впитывания

Capillary structure is the main factor, that determine characteristics of nonwoven heedle-punched polyether-based materials. Linear and volume water absorption regularities of “Stelan”-type nonwoven polyether materials were investigated. Mathematical models of absorption kinetics were analyzed by Gauss-Newton algorithm. Typical absorption times were defined by the functions $L(t)$ and $V(t)$ rate of change. Determined, that hygroscopic bamboo fiber imposing twice reduces typical velocity distribution maximum reaching times and increases relative parameters of absorption rates maximum value. Application of linear and volume absorption typical times ratio as a capillary absorption anisotropy parameter is proposed.

Key words: capillarity, volume absorption, linear absorption, capillary absorption anisotropy

Нетканые иглопробивные материалы на основе полиэфира представляют собой капиллярно-пористые тела. Одним из важнейших факторов, определяющих их сорбционные свойства, наряду с химической природой волокон, является капиллярная структура.

Капиллярная структура нетканого материала бикомпонентна и определяется капиллярностью волокон и материала в целом, причём диаметры капилляров этих структур имеют различный порядок. Отмечено, что в процессах контактного смачивания нетканых волокнистых материалов в отличие от тканей, сформированных из нитей с развитой

капиллярной структурой, основную роль играют капилляры между волокнами [1, с.56]. Однако, в классическом понимании капилляра, как трубки, в структуре нетканого материала нет. Можно отметить только небольшие фрагменты, в которых три-четыре волокна на коротком участке соприкасаются между собой, располагаясь параллельно. Количество таких контактов незначительно, расположение в структуре материала хаотично и во многом определяется технологическими параметрами производства.

Целью исследования является сопоставление кинетики линейного и объёмного капиллярного впитывания иглопробивных нетканых материалов на основе полиэфира. Капиллярность определяли стандартным методом (ГОСТ 1816-81, ИСО 811-81) по высоте подъёма и массе поглощённой жидкости. Объекты исследования – нетканые иглопробивные стелечные материалы на основе полиэфира (ПЭФ) типа «Стелан» [2].

Математические модели зависимости высоты подъёма (L) и объёма (V) поглощённой жидкости от времени (t) были представлены в виде [3, с. 136]:

$$L(t) = \frac{L_{\infty} t^2}{(\tau_l + t)^2} \quad (1)$$

$$V(t) = \frac{V_{\infty} t^2}{(\tau_v + t)^2} \quad (2)$$

Для расчёта коэффициентов уравнений 1 и 2 использована итерационная схема Ньютона – Гаусса.

Характерные времена впитывания определены по скорости изменения функций $L(t)$ и $V(t)$: $fl(t) = \frac{1}{L_{\infty}} \cdot \frac{dL}{dt}$ и $fv(t) = \frac{1}{V_{\infty}} \cdot \frac{dV}{dt}$, графики которых представлены на рис.1 и 2.

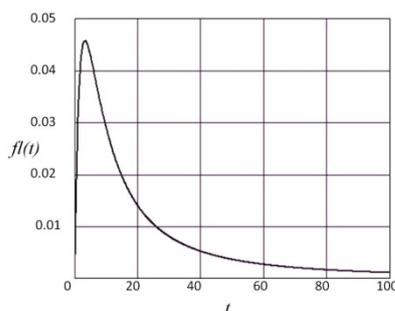


Рис.1. Зависимость скорости линейного впитывания воды ПЭФ от времени.

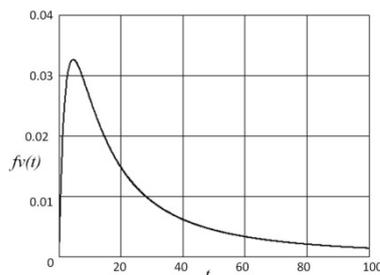


Рис.2. Зависимость скорости объёмного впитывания воды ПЭФ от времени

Максимумы функций достигаются при $t_l^* = \frac{\tau_l}{2}$ и $t_v^* = \frac{\tau_v}{2}$, соответственно, характеризуют время достижения $\frac{1}{4}$ высоты или объёма впитывания. В качестве

безразмерного параметра, характеризующего анизотропию капиллярного впитывания материалом данной жидкости, предлагается считать параметр $K = \frac{t_l^*}{t_v^*}$.

Для определения влияния состава на показатели капиллярности в нетканое полотно было введено 20% бамбуковых волокон (производство Китай), характеризующихся высокой гидрофильностью. Сводные показатели по параметрам капиллярного впитывания представлены в табл. 1.

Таблица.1

Капиллярные характеристики стелечных материалов

Тип материала	t_v , мин	$t_{l\text{мин}}$	$\max f_l(t)$	$\max f_v(t)$	K
ПЭФ	6,45	9,07	0,046	0,032	0,71
ПЭФ + бамбук	4,23	3,03	0,095	0,070	0,71

Как следует из таблицы, введение гигроскопичного компонента в систему практически вдвое снижает характерные времена достижения моды распределения скоростей впитывания, одновременно растут и относительные показатели максимальных значений скоростей впитывания. Наблюдаемый эффект, вероятно, связан с изменением характера контактов на межфазных границах. Тем не менее, показатель анизотропии капиллярного впитывания K не изменяется, что позволяет использовать его в качестве характеристики расположения капилляров в структуре материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Браславский, В.А. Капиллярные процессы в текстильных материалах. М.: Ленпромиздат, 1987. 110 с.
2. Братченя, Л.А. Нетканый материал для обувной стельки и обувная стелька, изготовленная из этого материала: патент RU 2220241. 2003.
3. Волков, В.А., Щукина, Е.А. Задачи и расчёты по коллоидной химии -М.: ООО «Совьянж Бево», 2006. 295 с.

REFERENCES

1. Braslavsky, V.A. Capillary processes in textile materials. Moscow: Lenpromizdat, 1987, 110 p.
2. Bratchenya L.A. Patent RU 222041, 27.12.2003.
3. Volcov, V.A., Schukina, E.A. Tasks and calculations for colloidal chemistry, Moscow, «Sov'yange Bevo», 2006, 295 p.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ СТРУКТУР КРЕПОВЫХ ТКАНЕЙ

TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF NEW STRUCTURES CREPE FABRICS

М. Мирзахонов, О.А. Ахунбабаев
M. Mirzahonov, O.A. Axunbabayev

Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон
Uzbek Scientific-Research Institute of the Natural Fibers
E-mail: margilon_shoyi@yahoo.com

В статье приводится новая структура креповой ткани, состоящей из двухкомпонентной нити новой структуры, технология ее производства. Сущность разработки заключается в том, что ткань содержит переплетённые между собой систему нитей основы из натурального шелка и систему уточных нитей из натурального шелка высокой креповой крутки правого и левого направления, при этом в качестве нитей утка ткань содержит строчённые в одну нить креповые нити правого и левого направления крутки. Новые структуры креповых тканей могут быть выработаны из нитей натурального шелка различной линейной плотности как в основе, так и в утке, различным количеством сложений нитей, числа крутки, плотности нитей по основе и утку, определяемыми согласно технического расчета ткани. Приведены технологические параметры подготовка основы. Особенностью новых структур тканей является возможность их выработки на обычных одноцветных ткацких станках, не оснащённых специальным механизмом смены вида (цвета) утка. Расширены технические возможности ткацкого станка. На новую структуру ткани получен Патент Республики Узбекистан № FAP 00774.

Ключевые слова: ткацкое производство, ткань, ассортимент, шелк, креповые ткани, структура, технология

The article provides a new structure crepe fabric comprising bicomponent filaments of a new structure, the technology of its production. Summary design is that the fabric comprises a system of interlacing between warp threads of silk weft yarns and a system of a high natural silk crepe twist right and left directions at the same time as weft threads in a fabric comprises one thread folded crepe yarns right and left direction of twist. New structures crepe fabrics can be manufactured from yarns of natural silk different linear density as the base, and in the weft, different amounts of additions yarn twist number density of filaments in the warp and weft, determined according to the calculation of technical fabrics. The technological parameters of the preparation of the base. Feature of the new tissue structures is that they can produce on conventional single-color looms not equipped with a special mechanism for changing the type (color) duck. Expanded technical possibilities loom. The new structure of the tissue to obtain a patent of the Republic of Uzbekistan № FAP 00774.

Keywords: weaving, fabric, assortment, silk, crepe fabrics, structure, technology.

В современный период актуальными проблемами развития шелковой отрасли являются разработка и производство новых структур шелковых тканей и расширение ассортимента возможностей ткацкого оборудования.

В ассортименте шелковых тканей основное место занимают ткани классического ассортимента типа креп-дешин, креп-шифон, креп-жоржет и др.

Как известно, креповой тканью называется ткань, созданная из шелковых нитей с креповой круткой, причем обычно применяются нити правого и левого направления крутки в определенном чередовании, что создаёт на ткани мелкую шероховатость, называемой креповым эффектом.

Креповые ткани относятся к классическим тканям, их структура известна довольно таки давно и вырабатывают из креповых нитей как правило попарным чередованием направления крутки – попеременно по 2 раза прокидывая креповые нити правой и левой крутки [1] на многоуточных (многочелночных) ткацких станках, оснащенных специальным механизмом смены вида (цвета) утка [2].

Недостатком известных тканей является ограниченность ассортимента структурой ткани, не позволяющей выработать ее на ткацком станке не оснащенном специальным механизмом смены вида (цвета) утка и ограничивающей тем самым технические возможности станка.

Цель работы - расширение ассортимента креповых тканей и технических возможностей ткацкого станка, путем создания новых структур тканей, позволяющих выработать их на ткацких станках, не оснащенных специальным механизмом смены вида (цвета) утка.

Сущность разработки заключается в том, что ткань содержит переплетённые между собой систему нитей основы из натурального шелка и систему уточных нитей из натурального шелка высокой креповой крутки правого и левого направления, при этом в качестве нитей утка ткань содержит строчённые в одну нить креповые нити правого и левого направления крутки (Рис1, Рис2). В таблице приведены параметры подготовка основы из натурального шёлка новой структуры креповой ткани.

Таблица 1

Технологические параметры подготовки основы

№	Параметры	Един.изм.	Показатели
1.	Линейная плотность нити	Текс	2,33x4x2
2.	Скорость снования	м/мин	40
3.	Скорость свивки на ткацкий навой	м/мин	25
4.	Натяжение нити	сН	20
5.	Количество обрывов	обр/10 ⁶ м	5
6.	Плотность намотки	г/см ³	0,70

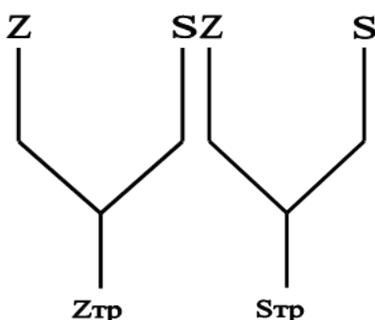


Рис 1.

Структура нити

Рис 2.

Структура нити

В качестве нитей основы ткань может содержать пологие или кручёные нити, причем одного или правого и левого направления крутки. А также, в качестве нитей основы новая ткань может содержать строчённые в одну нить креповые нити правого и левого направления крутки.

Следует отметить, что в новых структурах креповых тканей использование в качестве нитей утка строчённых в одну нить креповых нитей правого и левого направления крутки позволяет выработать эти ткани на ткацких станках не оснащенных специальным механизмом смены вида (цвета) утка, и тем самым расширить ассортимент креповых тканей, упростить конструкцию и расширить технические возможности ткацкого станка.

Двухкомпонентная креповая нить новой структуры, состоящая из креповых нитей правого и левого направления крутки, строчённых в одну нить пологой крутки правого и левого направления крутки, может быть выработана по известной технологии получения многокруточных нитей [1].

Новые структуры креповых тканей могут быть выработаны из нитей натурального шелка различной линейной плотности как в основе, так и в утке, различным количеством сложений нитей, числа крутки, плотности нитей по основе и утку, определяемыми согласно технического расчета ткани. На новые структуры креповых тканей получен патент Республики Узбекистан [3].

Таким образом, разработаны новые структуры креповых тканей типа крепдешин, креп-шифон, креп-жоржет, выработаны их опытные партии и получены положительные результаты. Изыскана возможность выработки креповых тканей на обычных одноцветных ткацких станках, не оснащённых специальным механизмом смены вида (цвета) утка и расширены технические возможности ткацкого станка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Усенко В.А. Шелкокручение. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. 248 с.
2. Гордеев В.А., Волков П.В. Ткачество. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. 488 с.
3. Мирзахонов М.М., Валиев Г.Н. Креповая ткань. Патент Республики Узбекистан: № FAP 00774. 2012. Бюл. № 11.

REFERENCES

1. Usenko V.A. Torsion silk]. Moscow, Legkaya i pischevaya promyshlennost Publ, 1983. 248 p.
2. Gordeev V.A., Volkov P.V. Weaving. Moscow, Legkaya i pischevaya promyshlennost, 1984. Publ. 488 p.
3. Mirzahonov M.M., Valiev G.N. Crepe fabric. Patent UZ: No. FAP 00774. 2012. Bull. №11.

УДК 677.023.233.371

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ СЛОЯ КРЕСТОВОЙ НАМОТКИ НА ЕЁ ОСНОВАНИЕ ПО МЕРЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПАКОВКИ

ANALYTICAL DEPENDENCE OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF PRESSURE LAYER CROSS REELING AT ITS INCEPTION AS THE FORMATION OF PACKAGES

Г.Н. Валиев
G.N. Valiyev

Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон
Uzbek scientific-research institute of the natural fibers
E-mail: margilon_shoyi@yahoo.com

Эффективность применения современных текстильных машин и станков во многом определяется качеством применяемых паковок, которое зависит от качества сырья, условий технологического процесса и параметров паковки. На основе ранее полученной нами аналитической зависимости распределения нормального давления крестовой намотки на её основание вдоль оси паковки, получена аналитическая зависимость пространственного распределения давления некоторого слоя крестовой намотки на её основание по мере формирования паковки и разработана методика её

определения. При этом приняты следующие упрощения: натяжение витков нити во всех элементарных слоях намотки в пределах отдельного сектора отдельного слоя намотки сохраняется постоянным, удельная плотность намотки во всех элементарных слоях намотки в пределах отдельного сектора отдельного слоя намотки постоянна. Полученные теоретические зависимости могут быть применены для решения практических задач при анализе структуры намотки нити на паковках различной формы, оптимизации процесса формирования мотальной паковки, а также при разработке новых мотальных машин и механизмов наматывания нити.

Ключевые слова: перематывание нити, мотальная паковка, бобина, структура намотки, давление намотки, параметры намотки.

Effectiveness of modern textile machinery and machine tools is largely determined by the quality of used packages that depend on the quality of raw materials, process conditions and parameters of the package. On the basis of previously obtained by us the analytic dependence of the normal pressure distribution on the cross winding its base along the axis of the packing, the analytic dependence of the spatial distribution of the pressure of a layer of cross-wound on its base as the formation of packages and the method of its determination. Moreover, the following simplifications: tension thread turns in winding all elementary layers within a single sector, single layer winding is kept constant, the specific density of the winding in the winding of the elementary layers within a single sector, single layer winding constant. The theoretical relationships can be applied to practical problems in the analysis of the structure of winding the packing various forms of optimization of the process of forming the winding package as well as the development of new machines and mechanisms for winding the winding yarn.

Key words: rewinding thread, winding packaging, reels, structure winding winding pressure, the winding.

В технологии переработки текстильных материалов процесс перематывания имеет большое значение с точки зрения эффективности дальнейших технологических процессов производства. Эффективность применения современных текстильных машин и станков во многом определяется качеством применяемых паковок, которое зависит от качества сырья, условий технологического процесса и параметров паковки, особенно при переработке нитей натурального шелка.

Ранее нами были получены аналитические зависимости распределения нормального давления намотки на её основание в осевом направлении паковки для параллельной [1] и крестовой [2] намотки. Аналитическая зависимость распределения нормального давления крестовой намотки на её основание вдоль оси паковки [2] описывается сложным интегралом, нижняя граница которой задана функцией поверхности паковки, а верхняя граница – функцией поверхности намотки:

$$q_x = \frac{1000 \cdot F_x \cdot \gamma_x \cdot \cos^3 \alpha_x}{T} \int_{f_1(x)}^{f_2(x)} \frac{d\rho_x}{\rho_x}. \quad (1)$$

А также получено аналитическое определение зависимости распределения нормального давления крестовой намотки на её основание вдоль оси паковки [1], которую можно определить следующим образом:

$$q_x = \frac{1000 \cdot F_x \cdot \gamma_x \cdot \cos^3 \alpha_x}{T} \ln \frac{f_2(x)}{f_1(x)}; \quad (2)$$

где: $f_1(x)$ - функция линии сечения поверхности паковки, $f_2(x)$ - функция линии сечения поверхности намотки, γ_x - плотность намотки в некоторой точке x , F_x - натяжение нити в точке x , α_x - угол подъема витка намотки в некоторой точке x , T – линейная плотность нити.

Определим пространственное распределение нормального давления некоторого слоя крестовой намотки на её основание по мере формирования паковки. Исходя из условия задачи, имеем, что намотка в целом формируется путём последовательного наматывания

некоторого слоя катушки, то есть сначала наматывается нижний первый слой, к нему накладывается второй слой, затем третий и т.д. Для определения пространственного распределения параметров катушки по мере формирования паковки каждый слой катушки разделим на несколько секторов. Принимаем следующие упрощения: натяжение витков нити во всех элементарных слоях катушки в пределах отдельного сектора отдельного слоя катушки сохраняется постоянным, удельная плотность катушки во всех элементарных слоях катушки в пределах отдельного сектора отдельного слоя катушки постоянна.

Из схемы послойного наматывания нити при нечётном количестве секторов (рис.1), где Δr_n - толщина слоя катушки, d_0 - начальный диаметр катушки, $H_{0(j)}$ - высота основания слоя катушки, j - номер слоя катушки, $\Delta H_{0(j)}$ - высота основания сектора катушки, ξ_n - половина угла конусности паковки, на основе проведённого анализа, обобщения результатов и сделанных преобразований следует, что:

при $W \leq \bar{W}$, где W - номер сектора:

$$f_{1W(j)} = 0,5d_0 + (j-1)\Delta r_n - (\bar{W} - W)\Delta H_{0(j)} \operatorname{tg} \xi; \quad (3)$$

$$f_{2W(j)} = 0,5d_0 + j\Delta r_n - (\bar{W} - W)\Delta H_{0(j)} \operatorname{tg} \xi. \quad (4)$$

При $W > \bar{W}$:

$$f_{1W(j)} = 0,5d_0 + (j-1)\Delta r_n + (W - \bar{W})\Delta H_{0(j)} \operatorname{tg} \xi; \quad (5)$$

$$f_{2W(j)} = 0,5d_0 + j\Delta r_n + (W - \bar{W})\Delta H_{0(j)} \operatorname{tg} \xi. \quad (6)$$

Номер среднего сектора, соответствующий серединной части слоя катушки, то есть половине высоты катушки:

$$\bar{W} = (W_{\max} + 1) / 2; \quad (7)$$

$$\Delta H_{0(j)} = \frac{H_{0(j)}}{W_{\max}}. \quad (8)$$

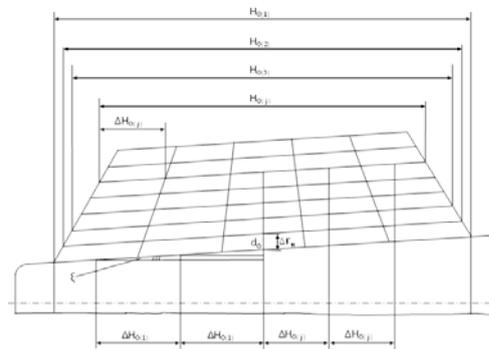


Рис.1. Схема послойного наматывания нити при нечетном количестве секторов в слое катушки

Исследованием зависимости высоты катушки от наклона торца паковки, обобщая и преобразовывая промежуточные выражения получили теоретическую зависимость (9) определения высоты основания слоя катушки при послойном наматывании на мотальную паковку с коническими торцами:

$$H_{0(j)} = H_0 - (j-1)\Delta r_n (\operatorname{tg} \beta + \operatorname{tg} \gamma). \quad (9)$$

Подставляя (9) в (8) получим

$$\Delta H_{0(j)} = [H_0 - (j-1)\Delta r_n (tg\beta + tg\gamma)]/W_{\max} \quad (10)$$

Подставляя промежуточные выражения в (2), после дальнейших преобразований получена аналитическая зависимость пространственного распределения давления некоторого слоя крестовой намотки на её основание по мере формирования паковки.

При $W \leq \bar{W}$:

$$q_{W(j)} = \frac{1000 \cdot F_{W(j)} \cdot \gamma_{W(j)} \cdot \text{Cos}^3 \alpha_{W(j)}}{T} \cdot \ln \frac{0,5d_0 + j\Delta r_n - (\bar{W} - W)tg\xi \cdot [H_0 - (j-1)\Delta r_n (tg\beta + tg\gamma)]/W_{\max}}{0,5d_0 + (j-1)\Delta r_n - (\bar{W} - W)tg\xi \cdot [H_0 - (j-1)\Delta r_n (tg\beta + tg\gamma)]/W_{\max}}; \quad (11)$$

При $W > \bar{W}$:

$$q_{W(j)} = \frac{1000 \cdot F_{W(j)} \cdot \gamma_{W(j)} \cdot \text{Cos}^3 \alpha_{W(j)}}{T} \cdot \ln \frac{0,5d_0 + j\Delta r_n + (W - \bar{W})tg\xi \cdot [H_0 - (j-1)\Delta r_n (tg\beta + tg\gamma)]/W_{\max}}{0,5d_0 + (j-1)\Delta r_n + (W - \bar{W})tg\xi \cdot [H_0 - (j-1)\Delta r_n (tg\beta + tg\gamma)]/W_{\max}}. \quad (12)$$

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Получена аналитическая зависимость пространственного распределения давления некоторого слоя крестовой намотки на её основание по мере формирования паковки и разработана методика её определения.

2. Полученные теоретические зависимости могут быть применены для решения практических задач при анализе структуры намотки нити на паковках различной формы, оптимизации процесса формирования мотальной паковки, а также при разработке новых мотальных машин и механизмов наматывания нити.

ЛИТЕРАТУРА

1. Валиев Г.Н. Аналитическая зависимость распределения давления намотки на её основание вдоль оси паковки и методика её определения // Проблемы текстиля. – 2011. – № 2. – С. 45-50.
2. Валиев Г.Н. Аналитическая зависимость распределения давления крестовой намотки на её основание вдоль оси паковки и методика её определения // Проблемы механики. – 2014. – № 3-4. – С. 93-98.

REFERENCES

1. Valiyev, G.N. Analytic dependence of pressure distribution in the axial direction winding and method of its determination. The Problems of Textile, 2011. No. 2, pp. 45-50.
2. Valiyev, G.N. Analytical dependence of the pressure distribution cross-wound on its grounds along the axis of packing and method for determining it. The Problems of Mechanics, 2014. No. 3-4, pp. 93-98.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НАТУРАЛЬНОГО ШЁЛКА

IMPROVING THE EFFICIENCY OF MANUFACTURING NATURAL SILK

Ш.Х. Мухамадрасулов
Sh. X. Muxamadrasulov

Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон
Uzbek Scientific-Research Institute of the Natural Fibers

E-mail: margilon_shoyi@yahoo.com

В современный период рыночных отношений актуальной проблемой является повышение эффективности технологии производства натурального шёлка. Разработаны основы посадки новых перспективных сортов шелковицы и возделывания тутовой плантации, обеспечивающей повышение продуктивности листа шелковицы и урожайности коконов. В листьях с новой плантации шелковицы, не смотря на потери, влага больше сохранилась после срезки из-за изначально высокого её содержания, что обеспечивает большее сохранение их питательности и кормовых качеств, способствует улучшению технологических свойств коконов и повышению их урожайности, повышению качества шёлка-сырца и эффективности его производства. По результатам исследований установлено повышение урожайности коконов – на 14,29 %. Объём заготовки воздушно-сухого кокона для переработки в шёлковой промышленности увеличивается на 13,21 %, масса шёлковой оболочки повышается на 18,23 %, а шёлконосность – на 4,53 %, выход шелка-сырца увеличивается на 5,2 %, разматываемость оболочки коконов повышается на 5,5 %, длина коконной нити при новой технологии увеличивается на 11,14 %, повышается качество производимого шелка-сырца и эффективность его производства.

Ключевые слова: шёлк, кокон, плантация шелковицы, тутовый шелкопряд, шелк-сырец, качество, технология.

In the current period of market relations urgent problem is to increase the efficiency of the production technology of natural silk. The fundamentals of planting new promising varieties of mulberry cultivation and mulberry plantations to increase productivity and yield of mulberry leaf cocoons. The leaves of the new plantations of mulberry, despite the loss, more moisture is preserved after cutting because of its high initial content that provides greater preservation of their nutritional value and food quality helps to improve the technological properties of cocoons and increase their productivity, improve the quality of raw silk and the efficiency of its production. According to the research found an increase in the yield of cocoons - by 14.29%. The volume of the workpiece air-dry cocoon silk processing in industry increased by 13.21%, the mass of silk shell is increased by 18.23% and silk rate - 4.53%, the yield of raw silk increased by 5.2%, reelability shell cocoons increased by 5.5%, the length of cocoon thread with new technology increased by 11.14%, increases the quality of the produced raw silk and efficiency of its production.

Keywords: silk: cocoons, plantations of mulberry, silkworm, raw silk, quality, technology.

В современный период рыночных отношений одним из важнейших приоритетов развития технологий и экономики при переработке натурального шелка, повышения эффективности технологии производства натурального шёлка является дальнейшее реформирование шелководства и шелковой отрасли, модернизация и обновление структуры отрасли, её техническое и технологическое обновление, расширение ассортимента и повышение объема конкурентоспособной на мировом рынке шелковой продукции, которое можно достичь путем увеличения объёма заготовки шелковичных коконов и производства нитей шелка-сырца.

Разработаны основы посадки новых перспективных сортов шелковицы и возделывания тутовой плантации, обеспечивающей повышение продуктивности листа шелковицы и урожайности коконов. Новая плантация шелковицы включает высаженные по рядам насаждения шелковицы, состоящей из ствола длиной от 0,3 до 0,7 м от уровня земли. Длина скелетной ветви от её основания составляет 5-25 см, при этом расстояние между

рядами шелковиц составляет 0,8 – 1,2 м, а расстояние между шелковицами в ряду – 0,5 – 1,0 м. [1, 2, с. 6-7].

Реализация разработок обеспечит внедрение новых высокопродуктивных перспективных сортов шелковицы, в хозяйствах будут созданы новые тутовые плантации с новой схемой размещения тутового дерева, обеспечивающей повышение продуктивности и урожайности листа шелковицы.

По результатам проведенных нами исследований степени сохранения влаги листьями шелковицы, при доверительной вероятности полученных результатов $R_D = 95,4 \%$, установлено, что в листьях с известной плантации шелковицы количество влаги через 6 часов после срезки уменьшилось на 22,74 %, а через 8 часов – на 28,25 %, или же общая влага через 6 часов составила 55,2 %, а через 8 часов – 51,3 % при начальной влажности в момент срезки – 71,5 %. В листьях с новой плантации шелковицы, не смотря на потери, влага больше сохранилась после срезки из-за изначального высокого её содержания – 77,8 %. При этом, общая влага через 6 часов составила 68,5 %, а через 8 часов – 66,0 %.

Как известно, хозяйственноценным свойством листьев шелковицы является их способность удерживать влагу после срезки, чем больше удерживается и медленнее испаряется влага, тем лучше сохраняются их питательность и кормовые качества [3, с. 32].

Как видно из результатов исследования, в листьях с новой плантации шелковицы с течением времени после срезки влага сохранилась больше из-за изначального высокого её содержания, что обеспечивает большее сохранение их питательности и кормовых качеств, способствует улучшению технологических свойств коконов и повышению их урожайности, повышению качества шёлка-сырца и эффективности его производства.

Провели технологические испытания экспериментальных образцов коконов тутового шелкопряда 2014 года выкормки. Для получения более точных результатов исследования технологические испытания коконов проводили методом одиночной размотки на станке системы УзНИИШП [4, с. 65-66].

В таблице 1 представлены результаты испытаний экспериментальных образцов воздушно-сухих коконов по их массе и шелконосности. Анализ показывает, что коконы по новой технологии выгодно отличаются повышенной массой и высокой шелконосностью. При этом масса живого кокона, а следовательно и урожайность кокона, увеличивается на 14,29 %. Объём заготовки воздушно-сухого кокона для переработки в шёлковой промышленности увеличивается на 13,21 %, масса шёлковой оболочки повышается на 18,23 %, а шелконосность – на 4,53 %.

Таблица 1

Масса кокона, масса оболочки и шелконосность экспериментальных образцов
КОКОНОВ

№	Наименование показателя	Ед. изм.	Значение показателя			
			Живой кокон		Воздушно-сухой кокон	
			Известная технология	Новая технология	Известная технология	Новая технология
Масса кокона						
1.	Средняя масса 1-го кокона	г	1,581	1,807	0,651	0,737
2.	Среднее квадратическое отклонение	г	0,262	0,327	0,071	0,126
3.	Коэффициент вариации	%	16,60	18,11	10,89	17,09
4.	Ошибка среднего: - абсолютная - относительная	г	0,084	0,105	0,023	0,040
		%	5,31	5,79	3,48	5,47
Масса оболочки						
1.	Средняя масса	г	0,331	0,400	0,329	0,389

	1-ой оболочки кокона					
2.	Среднее квадратическое отклонение	г	0,035	0,068	0,043	0,065
3.	Коэффициент вариации	%	10,74	17,07	13,07	16,54
4.	Ошибка среднего:	-				
	абсолютная	г	0,011	0,022	0,014	0,021
	- относительная	%	3,44	5,46	4,18	5,32
Шелконосность						
1.	Средняя шелконосность кокона	%	21,29	22,30	50,59	52,88
2.	Среднее квадратическое отклонение	%	2,72	2,57	4,88	3,91
3.	Коэффициент вариации	%	12,78	11,54	9,65	7,40
4.	Ошибка среднего:	-				
	абсолютная	%	0,87	0,82	1,56	1,25
	- относительная	%	4,09	3,69	3,09	2,37

Особый интерес представляют результаты исследования выхода шелка-сырца и разматываемости оболочки образцов испытуемых коконов, которые представлены в таблице 2. Анализ выхода шелка-сырца и разматываемости оболочки коконов показал, что коконы имеют высокие значения этого показателя, которые при новой технологии соответственно возросли на 5,2 и 5,5 %.

Пожалуй, большой интерес с точки зрения вопросов, рассматриваемых в рамках данного исследования представляют результаты исследования длины коконной нити, представленные в таблице 3.

Как известно этот показатель также является одним из главных факторов, определяющих равномерность нитей шелка-сырца. Анализ приведенных данных показывает, что образцы коконов отличаются высокой степенью этого показателя, как видно из таблицы 3 длина коконной нити при новой технологии увеличилась на 11,14 %.

Выработаны экспериментальные образцы шелка-сырца, установлено их соответствие требованиям нормативных документов.

Таблица 2

Выход шелка - сырца и разматываемость оболочки экспериментальных образцов воздушно - сухих коконов

№	Наименование показателя	Ед. изм	Известная технология	Новая технология	± %
1	Выход шёлка-сырца	%	42,40	44,60	+5,2
2	Разматываемость	%	82	86,5	+5,5

Таблица 3

Длина коконной нити экспериментальных образцов воздушно-сухих коконов

№	Наименование показателя	Ед. изм	Известная технология	Новая технология	± %
1	Средняя длина нити 1-го кокона	м	1050	1167	+11,14
2	Среднее квадратическое отклонение	м	100	135	-
3	Коэффициент вариации	%	9,52	11,60	-

4	Ошибка среднего: - абсолютная - относительная	м %	64 6,05	86 7,37	-
---	---	--------	------------	------------	---

Реализация полученных результатов обеспечивает повышение продуктивности листа шелковицы и расширение кормовой базы тутового шелкопряда, повышение урожайности коконов – на 14,29 %. Объем заготовки воздушно-сухого кокона для переработки в шёлковой промышленности увеличивается на 13,21 %, масса шёлковой оболочки повышается на 18,23 %, а шёлконосность – на 4,53 %, выход шелка-сырца увеличивается на 5,2 %, разматываемость оболочки коконов повышается на 5,5 %, длина коконной нити при новой технологии увеличивается на 11,14 %, повышается качество производимого шелка-сырца и эффективность его производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахунбабаев О.А., Валиев Г.Н., Ахунбабаев У.О., Мухаммадрасулов Ш.Х. Плантация шелковицы и способ её закладки. Заявка № IAP 20100422. 2012. Бюл. №3.
2. Ахунбабаев О.А., Валиев Г.Н., Ахунбабаев У.О., Мухаммадрасулов Ш.Х. Плантация шелковицы и способ её закладки. Заявка № IAP 20100423. 2012. Бюл. №3.
3. Шелководство / М.И. Гребинская, Г.Н. Грахов, А.А. Суханов и др. Ташкент.: Госиздат УзССР, 1954. 276 с.
4. Рубинов Э.Б. Технология шелка (кокономотание). М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. 392 с.

REFERENCES

1. Axunbabayev O.A., Valiyev G.N., Axunbabayev U.O., Muxamadrasulov Sh.X. (Plantatsiya shelkovitsi i sposob eyo zakladki [Mulberry plantation and its way of laying]. Application № IAP 20100422. 2012. Byul. №3.
2. Axunbabayev O.A., Valiyev G.N., Axunbabayev U.O., Muxamadrasulov Sh.X. Plantatsiya shelkovitsi i sposob eyo zakladki [Mulberry plantation and its way of laying]. Application № IAP 20100423. 2012. Byul. №3.
3. Grebinskaya M.I., Grahov G.N., Suhanov A.A. i dr. (1954) Shelkovodstvo [Sericulture]. – Tashkent.: Gosizdat Uz SSR Publ. 276 p.
4. Rubinov, E.B. (1981). Tekhnologiya shelka (kokonomotanie) [Technology silk (Unwinding cocoon)]. Moscow, Legkaya i pischevaya promyshlennost Publ. 392 p.

**СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ
С ВИЗУАЛЬНЫМ ЭФФЕКТОМ ПРОДОЛЬНЫХ ОБЪЕМНЫХ ЗИГЗАГОВ
НА БАЗЕ ТЕНЕВЫХ САРЖ**

**THE DESIGN METHOD OF COMBINED INTERLACINGS WITH THE VISUAL EFFECT
OF LONGITUDINAL VOLUMETRIC ZIGZAGS ON THE BASIS
OF THE SHADOW TWILLS**

Г.И. Толубеева, А.С. Зяблицева, Е.Е. Демидова, С.С. Кольцов
G.I. Tolubeeva, A.S. Zyablitseva, E.E. Demidov, S.S. Koltsov

**Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: tolubeevi@yandex.ru**

В статье рассматривается способ построения новых комбинированных переплетений, позволяющих получить на однослойной ткани визуальный эффект объемных зигзагов. Приведены примеры переплетений продольных и поперечных теневых зигзагов с их расположением по восходящей и нисходящей линиям, построенных по авторскому способу, защищенному патентами Российской Федерации на изобретения. Отмечены недостатки известного способа: число зубцов в раппорте постоянно и равно двум, сдвиг вершин зубцов и угол подъема зигзагов не изменяются и зависят только от раппорта базовой саржи. На примере переплетений с продольными объемными зигзагами подробно рассмотрен новый способ построения переплетений, лишенный указанных недостатков. Приведены зависимости для расчета раппортов переплетения по основе и по утку, минимального значения числа нитей до излома в зубцах, интервала допустимых значений величины сдвига вершин зубцов, раппорта зубца и числа зубцов в раппорте комбинированного переплетения. Приведены примеры переплетений с различным числом нитей до излома и различными сдвигами вершин зубцов в раппорте.

Ключевые слова: саржа, теневая саржа, комбинированное переплетение, визуальный эффект, объемные зигзаги, зубец, сдвиг вершин, раппорт, новый способ, автоматизированное построение

The article discusses the way of creating a new combined interlacing, allowing to obtain a single-layer fabric visual effect of three-dimensional zigzags. Examples of longitudinal and transverse pseudo zigzag interlacing with the location of the zigzags in the ascending and descending lines, based on the author method, protected by patents of the Russian Federation for the invention method are done. The disadvantages of the known method are: the number of teeth in the repeat is stable and equal to two, the shift of teeth peaks and the angle of elevation of zigzags has no changes and depends on the basic twill repeats. As an example of interlacing with longitudinal volume zigzags in detail a new method of interlacing design without above-mentioned disadvantages is taken. The dependences for calculation of interlacing repeats on the base of warp and weft, the minimal number of threads until the fracture in the teeth, the interval of allowed values of teeth peak shifts, teeth repeat and number of teeth in the repeat of combined interlacing are shown. Examples of interlacing with different number of threads until fracture and the different teeth peak shifts in the repeat were shown.

Key words: twill, shadow twill, combined inter lacing fabric, visual effect, volume zigzags, tooth, peak shift, repeat, new method, automized design

На кафедре Технологии и проектирования текстильных изделий предложено новое направление создания комбинированных переплетений для получения на однослойных тканях визуальных эффектов различных объемных фигур: продольных, поперечных и наклонных полос, ромбов, продольных и поперечных зубцов и зигзагов. Особую выразительность имеют переплетения с объемными продольными зигзагами, примеры которых представлены на рис. 1, где показаны исходные теневые переплетения (рис. 1-а, 1-к), раппорты зигзагообразных теневых переплетений (рис. 1-в, 1-г, 1-ж, 1-з) и макеты тканей (рис. 1-б, 1-д, 1-е, 1-и).

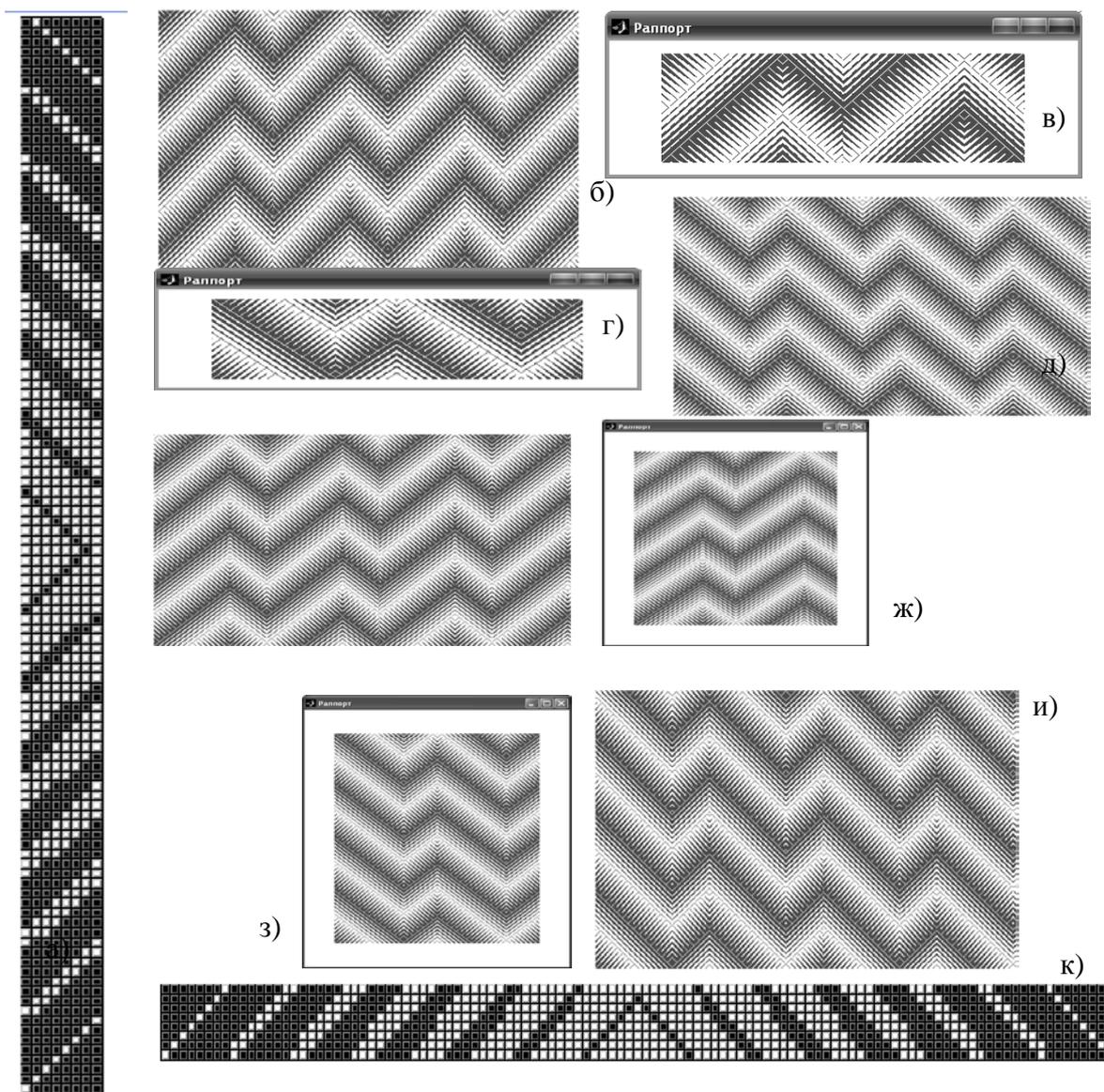


Рис. 1. Продольные зигзагообразные теньевые переплетения, выстроенные на базе исходных теньевых переплетений, полученных на базе саржи 7/1

Исходными переплетениями являются теньевые саржи, полученные на базе саржи главного класса 7/1 с раппортом, равным $R_{\sigma} = 8$ нитям, с переходом от света к тени и обратно вдоль основы (рис. 1-а) или вдоль утка (рис. 1-к). Обратный световой переход исходных теньевых переплетений получают зеркальным отображением прямого светового перехода и изменением при этом знака сдвига перекрытий в ступенях переплетения на противоположный. В каждой ступени раппорт базовых сарж повторяется по одному разу. Первоначально выстраивается первый зубец зигзагообразного переплетения. Для получения восходящей линии зигзагов прямую диагональ выстраивают, сдвигая исходное теньевое переплетение на один раппорт базовой саржи вверх (рис. 1-в, 1-б) или вправо (рис. 1-ж, 1-е), для получения нисходящей линии зигзагов – вниз (рис. 1-г и 1-д) или влево (рис. 1-з и 1-и). Обратную диагональ зубца получают горизонтальным зеркальным копированием прямой диагонали. Второй зубец раппорта получают, сдвигая первый зубец вверх или вниз на число нитей утка, равное сдвигу вершин $S_{\sigma} = R_{\sigma}(R_{\sigma} - 1)$. Расчет раппортов и подробное описание способов построения продольных и поперечных зигзагообразных теньевых переплетений приведены в источниках [1, 2].

Недостатком указанных способов является то, что число зубцов в раппорте постоянно и всегда равно двум, сдвиг вершин S_{σ} и угол подъема зигзагов не варьируются, зависят только от раппорта базовой саржи.

Разработан способ построения теневого переплетения с эффектом объемных зигзагов с изменяемой величиной сдвига S_{σ} вершин объемных зубцов, что позволяет изменять угол подъема зигзагов. Рассмотрим методику расчета раппортов переплетений на примере построения исходного теневого переплетения вдоль утка.

Минимальное значение числа нитей до излома в зависимости от раппорта R_{σ} базовой саржи:

$$n_o \geq 2R_{\sigma}(R_{\sigma} - 1) - 2 \quad (1)$$

с другой стороны

$$n_o \geq R_{\sigma} + S_{\sigma} + 2. \quad (2)$$

Раппорт по утку зигзагообразного теневого переплетения:

- если R_{σ} - число нечетное:

$$R_y = 2R_{\sigma}[R_{\sigma}(R_{\sigma} - 1) - 1]; \quad (3)$$

- если R_{σ} - число четное:

$$R_y = R_{\sigma}[R_{\sigma}(R_{\sigma} - 1) - 1]. \quad (4)$$

Границы изменения величины сдвига вершин, при этом величина сдвига должна быть кратна раппорту базовой саржи:

$$R_{\sigma} \leq S_{\sigma} \leq R_y - R_{\sigma}. \quad (5)$$

Раппорт зубца, число зубцов и раппорт по основе:

$$R_z = 2n_o - S_{\sigma} - 2; \quad (6) \quad n_z = \text{НОК}(R_y, S_{\sigma}) / S_{\sigma}; \quad (7) \quad R_o = R_z n_z. \quad (8)$$

Переплетения, создающие на однослойной ткани визуальный эффект объемных геометрических фигур, становятся все более востребованными [3, с. 67-70]. В настоящее время создание новых способов построения переплетений однослойных тканей невозможно без использования современных информационных технологий [4, с. 56-60; 5, с. 59-63; 6, с. 63-65; 7, с. 65-69]. Разработаны алгоритмы и программное обеспечение для интерактивного автоматизированного построения новых комбинированных переплетений. Результаты работы программного комплекса показаны на рис. 2 и рис. 3.

Исходное тевое переплетение выстраивается вдоль утка с усилением перекрытий в ступенях вдоль основы: для примеров, представленных на рис. 2, получено на базе саржи 1/4, представленных на рис. 3 – на базе саржи 1/7.

Раппорт по утку зигзагообразных теневого переплетений, представленных на рис. 2, найденный по формуле (3), составил 190 нитей, число зубцов, рассчитанное по формуле (7), равно 19.



а)

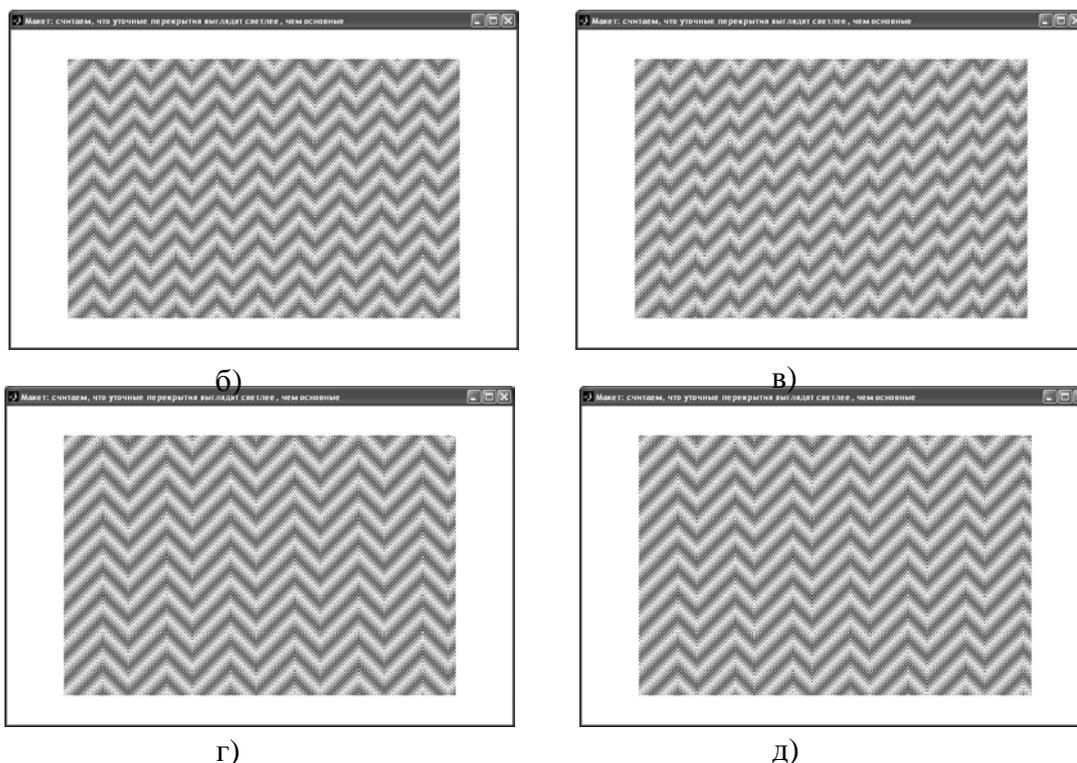


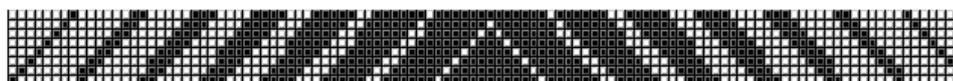
Рис. 2. Продольные зигзагообразные теневые переплетения, полученные на базе саржи 1/4

В табл. 1 приведены число нитей до излома n_o , сдвиги вершин S_σ , принятые для построения в примерах, представленных на рис. 2, раппорты зубца R_z и переплетений по основе R_o , рассчитанные по формулам (6) и (8).

Таблица 1

Обозначение исходных и расчетных параметров	Номера рисунков для примеров, $R_\sigma=5$; $R_y=190$; $n_z=19$			
	рис. 2-б	рис. 2-в	рис. 2-г	рис. 2-д
n_o , нитей основы	40	40	60	60
S_σ , нитей утка	15	25	20	30
R_z , нитей основы	63	53	98	88
R_o , нитей основы	1197	1007	1862	1672

Раппорт по утку переплетений, представленных на рис. 3, найденный по формуле (4) составил 440 нитей, число зубцов равно 55.



а)

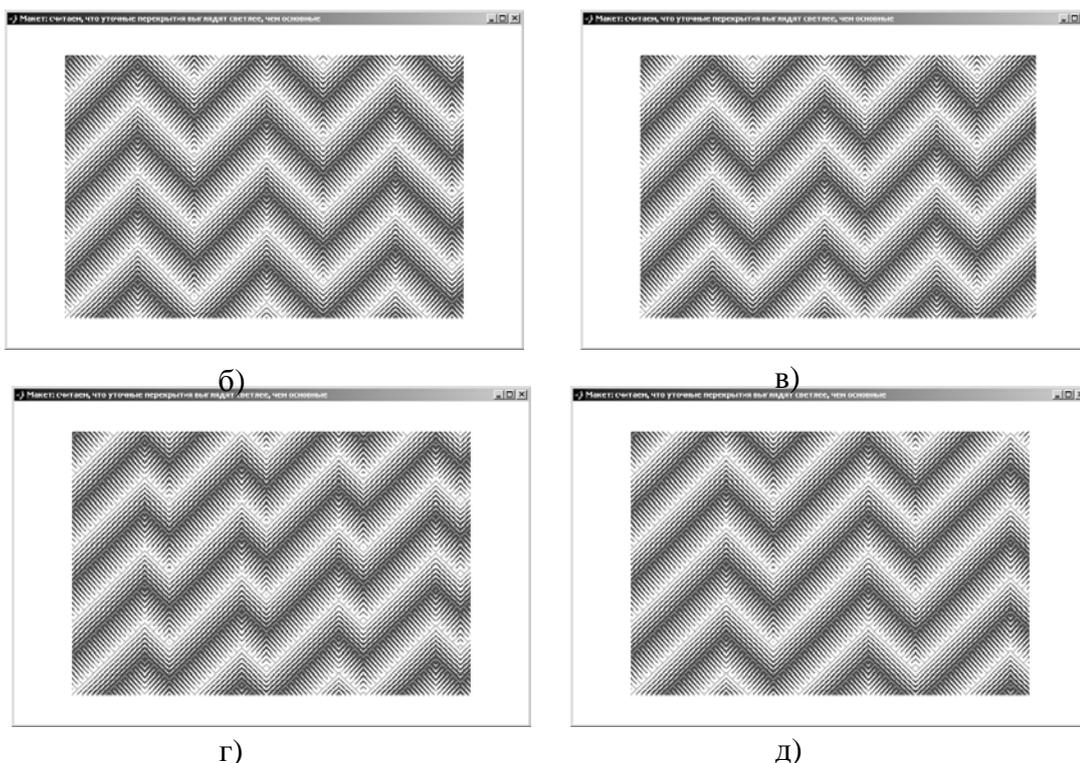


Рис. 3. Продольные зигзагообразные теневые переплетения, полученные на базе саржи 1/7

В табл. 2 приведены число нитей до излома n_o , сдвиги вершин S_θ , принятые для построения в примерах, представленных на рис. 3, расчетные раппорты зубцов R_z и переплетений по основе R_o .

Таблица 2

Обозначение исходных и расчетных параметров	Номера рисунков для примеров, $R_\theta=8$; $R_y=440$; $n_z=55$			
	рис. 3-б	рис. 3-в	рис. 3-г	рис. 3-д
n_o , нитей основы	110	110	110	144
S_θ , нитей утка	24	48	72	72
R_z , нитей основы	194	170	146	214
R_o , нитей основы	10670	9350	8030	11770

Из таблиц видно, что предложенные переплетения имеют большой раппорт по основе, достигающий числа нитей в основе, выработка их возможна только на станках, оснащенных жаккардовой машиной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Толубеева, Г.И. Способ получения тканей поперечных зигзагообразных теневых переплетений // Патент РФ № 2478147 С1. Оpubл. 27.03.2013. Бюл. № 9.
2. Толубеева, Г.И. Способ получения тканей продольных зигзагообразных теневых переплетений // Патент РФ № 2487203 С1. Оpubл. 10.07.2013. Бюл. № 19.
3. Малецкая, С.В. Автоматизированное формирование схемы теневого перехода / С.В. Малецкая, В.В. Малецкий // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. –

№ 6. – С. 67-70.

4. Кольцов, С.С. Создание на ткани эффекта объемных полос с помощью шашечных переплетений / С.С. Кольцов, Н.А. Коробов, Г.И. Толубеева // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 1 – С. 56-60.

5. Малецкая, С.В. Алгоритм автоматизированного построения рисунка вафельного переплетения ткани / С.В. Малецкая, Е.А. Женгурова // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012. – № 1. – С. 59-63.

6. Малецкая, С.В. Автоматизированный метод построения мелкоузорчатого переплетения на базе крепа / С.В. Малецкая, О.И. Дружинская // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – № 4. – С. 63-65.

7. Малецкая, С.В. Использование трехмерных массивов при автоматизированном построении заправочного рисунка ткани с геометрическими фигурами из разных переплетений / С.В. Малецкая, Е.П. Иващенко // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2014. – № 1. – С. 65-69.

REFERENCES

1. Tolubeyeva G. I. Patent RU 2478147 C1, 27.03.2013.

2. Tolubeyeva G. I. Patent RU 2487203 C1, 10.07.2013.

3. Maletskaya S.V., Maletskiy V.V. (2014) Automated formation of the Scheme of Shadow Transition //J. Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. № 6, pp. 67-70.

4. Koltsov S.S., Korobov N.A., Tolubeeva G.I. (2014) Producing the Effect of 3D Stripes with the Help of Check Weave //J. Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. № 1, pp. 56-60.

5. Maletskaya S.V., Zhengurova E.A. (2012) Algorithm of Automated Construction of a Wafer Interweaving Scheme of a Fabric //J. Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. № 1, pp. 59-63.

6. Maletskaya S.V., Druzhinskaya O.I. (2013) The Automated Method of Armure Construction on the Basis of Crepe Weave //J. Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. № 4, pp. 63-65.

7. Maletskaya S.V., Ivashenko Ye.P. (2014) The Use of Three-dimensional Arrays in the Computer-aided Design of the Pattern of the Fabric with Geometrical Figures of Different Weaves //J. Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology. № 1, pp. 65-69.

УДК 677.37.08.002.001.5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ШЕЛКА-СЫРЦА НА СОВРЕМЕННЫХ ОБОРУДОВАНИЯХ

IMPROVEMENT OF PRODUCTION TECHNOLOGY AND QUALITY RAW SILK WITH MODERN EQUIPMENT

У.О. Ахунбабаев, И.И. Туйчиев

U.O. Axunbabayev, I.I. Tuychiyev

Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон

Uzbek Scientific-Research Institute of the Natural Fibers

E-mail: margilon_shoyi@yahoo.com

В связи с увеличением спроса в мировом рынке на изделия из натуральных волокон, значительно возросли требования к качеству шелка-сырца. В статье приводятся вопросы

совершенствования технологии и повышения качества продукции с доведением уровню 4А -3А при производстве шёлка-сырца на современных кокономотальных оборудованьях. В работе изучена механика воздействия воды и пара с различными температурными параметрами на оболочку кокона. При этом особое внимание уделено равномерной пропарке оболочки кокона как по его толщине, так и по контуру кокона. Изучены факторы, влияющие на равномерность пропарки оболочки коконов, определены значимость влияния каждого фактора на этот процесс. Показано повышение экономической эффективности производства в результате повышения качества продукции и его реализации по более высоким ценам на международном рынке. Результаты исследования могут быть реализованы на кокономотальных предприятиях, что даст повышение выхода шелка-сырца на 1,2 - 1,5 %, улучшение качества шелка-сырца и повышение производительности кокономотального оборудования на 10 – 15 %.

Ключевые слова: кокон, запаривание коконов, оболочка кокона, размотка, шёлк-сырец, качество, технология.

Due to the increasing global demand for products made of natural fibers, significantly increased demands on the quality of raw silk. The article presents the issues of improving the technology and improve product quality to bring the level 4A -3A in the production of raw silk reeling on modern equipment. In this paper we studied the mechanics of the effects of water and a couple of different temperature settings on the shell of the cocoon. Particular attention is paid to the uniform steaming cocoon shell as through its thickness, and the contour of the cocoon. The factors affecting the uniformity of steaming shell cocoons determine the significance of the impact of each factor on the process. Displaying increase economic efficiency by raising the quality of products and its implementation at higher prices in the international market. The results can be implemented in reeling plants that will increase the yield of raw silk of 1.2 - 1.5%, the improvement of the quality of raw silk and productivity reeling equipment 10 - 15%.

Keywords: cocoon, cocoon steaming, the shell cocoon, unwinding, raw silk, quality, technology.

В настоящее время актуальными являются задачи повышения качества продукции, увеличения производства и расширения ассортимента конкурентоспособных высококачественных потребительских товаров, в том числе шелковых тканей и изделий из натурального шелка, создания новых и осуществления модернизации технологического оборудования, совершенствования технологии.

В связи с увеличением спроса в мировом рынке на изделия из натуральных волокон, значительно возросли требования к качеству шелка-сырца.

Одной из важных задач стоящих перед специалистами на сегодняшний день является совершенствование технологии переработки коконного сырья, увеличение объёма выработки и повышения качества шелка-сырца, а также расширение производства шелковых тканей.

На сегодняшний день кокономотальные предприятия оснащены новыми современными высокопроизводительными кокономотальными автоматами с сопряжёнными с ними оборудованьями и лабораторными приборами, которые позволяют производить высококачественную продукцию.

Несмотря на высокий уровень механизации и автоматизации технологических процессов, показатели их использования оказались ниже ожидаемых, в первую очередь из-за повышенного удельного расхода коконов на выработку 1 кг шелка-сырца. Это несмотря на то, что для переработки коконов на этих автоматах проводится тщательный подбор коконного сырья по близким между собой технологическим параметрам – размеру, жесткости оболочки.

Одним из путей совершенствования технологии и повышения качества шёлка-сырца с доведением уровню качества 4А - 3А при её производстве на современных кокономотальных оборудованьях является совершенствование операций по приготовлению коконов к размотке. Эти операции связаны с физико-механическими и химическими воздействиями, изменяющими свойства и состояние фиброина и серицина шёлка.

Особенностью производства шёлка-сырца является то, что при размотке коконов процесс отделения коконной нити от оболочки кокона связан с преодолением склеённости нити в оболочке серицином шёлка. Как известно, сила, с которой нить склеена в оболочке большая и колеблется от 0,73 до 3 сН для нити, сматываемой с воздушно-сухой оболочки [1,

с 178]. При разрывной нагрузке в 8 – 10 сН коконная нить сматывается с оболочки с 5 – 6 кратным запасом прочности [1, с 178]. Однако из-за влияния динамических ударов при размотке коконов на больших скоростях в современных кокономотальных автоматах и несовершенства процесса запарки коконов наблюдается высокая обрывность коконных нитей и большой удельный расход коконов, что оказывает влияние на качество вырабатываемого шёлка-сырца и эффективность кокономотального автомата.

Коконны, представляющие сырье для шелковой промышленности по форме, величине, толщине оболочки, количеству серицина и других свойств несут на себе индивидуальные различия.

Варка коконов дает возможность в результате воздействия на серицин оболочки горячей водой или паром обеспечить набухание и размягчение серицина, тем самым ликвидировать пестроту признаков кокона и достичь по возможности однородной хорошей их разматываемости.

Имеются разнообразные способы обработки коконов для размягчения серицина, наиболее распространенным из которых является способ обработки в воде при высокой её температуре.

Для того, чтобы шелковая нить до конца разматывалась нужно, чтобы при запарке оболочки серицин под действием горячей воды и горячего пара хорошо набух и умягчился, в тоже время не было признаков изменения размеров кокона и дал возможность размотки шелковой нити с оболочки кокона [2, с 300-312].

Для улучшения показателей качества шелка-сырца соответствующим классу 4А, 3А нужно добиться хорошей размотки шелковой нити из коконов, соблюдения технологических режимов процесса. Как известно для размотки коконов проводится ряд технологических процессов, на которые влияют размеры коконов, жесткость оболочки коконов, что также влияет на выработку качественного шелка-сырца [3, с 20-25].

В работе изучена механика воздействия воды и пара с различными температурными параметрами на оболочку кокона. При этом особое внимание уделено равномерной пропарке оболочки кокона как по его толщине, так и по контуру кокона. Изучены факторы, влияющие на равномерность пропарки оболочки коконов, определены значимость влияния каждого фактора на этот процесс.

По результатам данной работы решается актуальная проблема запарки коконов, что обеспечивает улучшение качественных показателей таких, как непрерывно разматываемая длина коконной нити, снижение обрывности нитей, что обеспечивает в свою очередь повышение производительности, снижение себестоимости продукции и повышение эффективности.

Результаты работы способствуют повышению качества шёлка-сырца. Показатели качества продукции должны соответствовать классу 3А. Определение соответствия качеству продукции производится путем испытания по O'z DSt 993:2011 “Шелк-сырец. Технические условия”, разработанному специалистами УзНИИНВ [4]. В нормативном документе для всего ассортимента шелка-сырца установлено семь сортов в нижеследующем порядке 4А, 3А, 2А, А, В, С, Д. Самый хороший показатель качества шелка-сырца - 4А. Самый низкий показатель качества шелка-сырца – Д [4, с 70-72].

Основными показателями качества шелка-сырца являются: отклонение по линейной плотности; несогласность 1; несогласность 2; чистота по крупным дефектам и чистота по мелким дефектам. Улучшение показателей качества до класса 4А, 3А позволит добиться прибыли в себестоимости продукции.

Таким образом, в заключении можем отметить, что в связи с увеличением спроса в мировом рынке на изделия из натуральных волокон, значительно возросли требования к качеству шелка-сырца. На сегодняшний день кокономотальные предприятия оснащены новыми современными высокопроизводительными кокономотальными автоматами с сопряженными с ними оборудованями и лабораторными приборами, которые позволяют производить высококачественную продукцию. В работе изучена механика воздействия воды

и пара с различными температурными параметрами на оболочку кокона. При этом особое внимание уделено равномерной пропарке оболочки кокона как по его толщине, так и по контуру кокона. Изучены факторы, влияющие на равномерность пропарки оболочки коконов, определены значимость влияния каждого фактора на этот процесс. Результаты исследования могут быть реализованы на кокономотальных предприятиях, что даст повышение выхода шелка-сырца на 1,2-1,5%, улучшение качества шелка-сырца и повышение производительности кокономотального оборудования на 10-15%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубинов Э.Б. Технология шелка (кокономотание). – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 392 с.
2. Рубинов Э.Б., Мухаммедов М.М., Осипова Л.Х., Бурнашев И.З. Шелкосырье и кокономотание. Справочник. М.: Легпромбытиздат, 1986. 312 с.
3. Рахимходжаев, Г.А., Асраров, Г.Г., Ахунбабаев, О.А. Современное состояние техники и технологии кокономотания на шелкомотальных предприятиях Республики Узбекистан. Маргилан, Фан, 2007. – 48 с.
4. Ахунбабаев, У.О., Хабибуллаев, Д.А. О стандарте O'z DSt 993:2011 «Шелк-сырец. Технические условия» // Standart. – 2011. – №3. – с.70-72.

REFERENCES

1. Rubinov, E.B. Technology silk (Unwinding cocoon). Moscow, Legkaya i pischevaya promyshlennost Publ., 1981. 392p.
2. Rubinov, E.B., Muxamedov, M.M., Osipova, L.X., Burnashev, I.Z. Raw silk and unwinding cocoon. Moscow, Legprombytizdat Publ., 1986. 312 p.
3. Raximhodjayev, G.A., Asrarov, G.G., Axunbabayev, O.A. State of the art technology and kokonomotaniya on filature enterprises of the Republic of Uzbekistan. Margilan. Fan Publ., 2007. 48 p.
4. Axunbabayev U.O., Xabibullayev, D.A. On the standard O'z DSt 993: 2011 «Raw silk. Technical conditions». Standard.2011. No.3. pp 70-72.

УДК 666.954.3.004.183

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАНКОВ КОКОНОМОТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

POWER SAVE BASIC TECHNOLOGICAL MACHINE PRODUCTION REELING

Ф.А. Хошимов, Г.Г. Мавлянбердиева
F.A. Xoshimov, G.G. Mavlyanberdiyeva

Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон
Uzbek Scientific-Research Institute of the Natural Fibers
E-mail: margilon_shoyi@yahoo.com

В статье приводятся вопросы освоения энерго- и ресурсосберегающих режимов работы оборудования на предприятиях шелковой отрасли. В настоящее время управление и регулирование режимов работы кокономотальных предприятий осуществляются на основе опыта специалистов совместно с работниками энергослужб с учетом фактических показателей работы предприятия. В связи с этим, освоение и поддержание энерго- и ресурсосберегающих режимов работы кокономотальных предприятий является одной из основных позиций по выявлению резервов экономии электроэнергии,

увеличения срока службы рабочих органов машин и снижению себестоимости выпускаемой продукции. Разработанные энергосберегающие режимы кокономотального оборудования могут быть использованы на всех кокономотальных предприятиях шелковой отрасли. Внедрение энергосберегающих режимов работы кокономотальных предприятий позволит снизить энергозатраты на единицу выпускаемой продукции, сократить расход электроэнергии по предприятию в целом на 20-25 %, что даст снижение себестоимости выпускаемой продукции.

Ключевые слова: энергоресурсы, производство, модернизация, энергоёмкость, себестоимость, шелковая отрасль, предприятие, энергозатраты, агрегат, эффективность, режим работы, оборудование, мероприятия.

The article presents the issues of energy and resource development modes equipment-ation plants silk industry. Currently, control and regulation modes reeling enterprises are carried out on the basis of the experience of experts in conjunction with the ra-energy service employees based on actual business performance. In this regard, osvoe-set and maintain the energy and resource saving modes reeling enterprises by the NE-one of the main items on the identification of reserves to save electricity, prolong the service life of working machines and lower production costs. Developed energy-saving modes reeling equipment can be used on all of the cocoon silk-reeling industry enterprises. Introduction of energy saving modes kokonomo-experimental enterprises will reduce energy consumption per unit of output, reduce power consumption on the enterprise as a whole by 20-25% which will reduce the cost of let-my products.

Keywords: energyresources, production, modernization, energy-intensive, cost, silk industry, enterprise, energy consumption unit performance, operation, equipment, activities.

Шёлковая отрасль Узбекистана имеет глубокие исторические корни и традиции. В последние годы, благодаря инициативе руководства Республики шёлковая отрасль получила новый импульс для дальнейшего развития.

В настоящее время ГАК «Узбекенгилсаноат» проводит целенаправленную работу по увеличению производства продукции шёлковой отрасли, улучшению её качества, повышению экспортного потенциала предприятий отрасли.

В связи с улучшением всех производственных и финансово-экономических показателей предприятий ГАК «Узбекенгилсаноат» намечает проведение следующего этапа развития шёлковой отрасли по техническому перевооружению предприятий, устранению всех имеющихся недостатков в каждой подотрасли и внедрению передового зарубежного опыта [1, с.6].

Реализация комплексных мер позволит достичь устойчивое развитие шёлковой отрасли, значительно увеличить производство коконов, нитей шёлка-сырца и шёлковой пряжи, осуществить полный переход на производство продукции, отвечающей требованиям мировых стандартов, обеспечить потребительский спрос рынка качественными тканями из натурального шёлка, пользующимися спросом среди населения, а также выход республики по шёлковой отрасли на одно из ведущих мест в мире.

В настоящее время производством кокономотальных автоматов и сопряженного с ним технологического оборудования (сортировки, запаривания коконов, перемотки, вакуум замочки и др.) занимается Китай, который производит не только оборудование для производства, но также и лабораторное оборудование для контроля качества шелка-сырца.

Кокономотальным оборудованием китайского производства FY-2008NT оснастились кокономотальная фабрика СП "SILVER SILK" в г.Фергане и на других совместно создаваемых предприятиях. Всего парк кокономотального оборудования шелкомотальных предприятий Республики Узбекистан к 2014 году составит более 40 тыс. ловителей.

Известно, что основным технологическим оборудованием шелкомотальных предприятий были КМС-10, КС-10, КМ-90, СКЭ-4-ВУ, СК-5 и системы "Гунзе" японского производства.

Возраст технологического оборудования составляет от 30 до 70 лет. За это время технологическое оборудование, работающее в агрессивной среде, вырабатывает свой эксплуатационный ресурс и потребует немедленной замены.

Вновь создаваемые совместные предприятия оснащаются кокономотальным и сопряженным с ним технологическим оборудованием китайского производства. Кокономотальные автоматы марки FY-2008NT работают в автоматическом режиме и производят размотку коконов погруженным способом. Шелк на этих станках вырабатывается двух приемным способом, т.е. вначале размотанный шелк-сырец убирается на малые мотовила периметром 0,65м, а затем, после вакуум-замочки, перематывается на стандартные мотовила периметром 1,5 м.

Эти автоматы, несмотря на их высокий уровень механизации и автоматизации технологических процессов, имеют повышенную потребность в расходе энергоресурсов. В частности, на выработку 1т шелка-сырца на этом автомате расходуется 1600 м³ воды, которую сливают в канализацию, 80 тонн пара, 2500 кВт.ч. Такой большой расход энергоресурсов, особенно питьевой воды для технологических нужд в условиях дефицита водных ресурсов в регионе, тяжелым бременем ложится на себестоимость шелка-сырца, делает его дорогим, менее конкурентоспособным по сравнению с шелком-сырцом, выработанным на механических станках [3, с.185].

Ниже приводятся некоторые технико-экономические показатели кокономотального оборудования [2, с.21].

Таблица 1

№	Характеристика оборудования	Страны, производители кокономотального оборудования		
		Узбекистан	Китай	Вьетнам
1	Марка оборудования	КМС-10, КС-10 КМ-90	FY-2008NT	RM-320
2	Способ размотки коконов	плавающий погруженный	погруженный	плавающий
3	Уборочное устройство	Мотовило <u>П = 1,5 м</u> <u>П = 0,65 м</u> с дальнейшей перемоткой на П=1,5 м	Мотовило П = 0,65 м с дальнейшей перемоткой на П=1,5 м	Мотовило П = 0,65 м с дальнейшей перемоткой на П=1,5 м
4	Вид оборудования	механический автоматический	автоматический	механический
5	Установленная мощность электродвигателя, кВт	3,0/5,0	5,1	2,8
6	Ассортимент вырабатываемого шёлка-сырца, текс	2,33 3,23	2,33 3,23	2,33 3,23
7	Количество ловителей на станке автомате, шт.	120/240	400	320

Для каждого вида кокономотального станка на основе экспериментальных исследований была получена математическая модель потребляемой мощности и удельного электропотребления в зависимости от часовой производительности. В частности, для станка марки КМС-10 имеет вид:

$$P_n = 0,7 \kappa B m = const$$

$$d = \frac{0,7}{A}, \kappa B m \cdot \text{ч} / m \quad (1)$$

где P_n - потребляемая мощность станка, кВт; A - средняя часовая производительность, т/ч; d - удельный расход электроэнергии, кВт.ч/т.

На основании выше приведённых формул, построена энергетическая характеристика станка (рис.) где Б, В, С, Д, Е - точки, соответствующие максимальной производительности агрегата при выпуске шелка-сырца с линейными плотностями 4,65; 3,23; 2,33; 1,89; 1,65 текс.

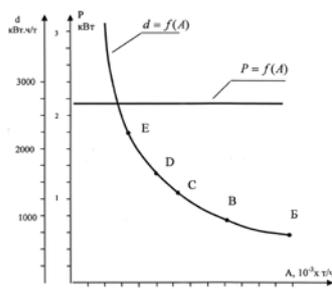


Рис. Энергетическая характеристика кокономотального станка КМС-10

Кроме того, в зависимости от калибра кокона рассчитана величина удельного расхода электроэнергии по видам выпускаемой продукции.

В частности, величина удельного расхода электроэнергии при переработке коконов крупного калибра с метрическим номером 215 составит 127 кВт.ч/т, а при переработке коконов мелкого калибра того же метрического номера величина удельного расхода электроэнергии составит 227 кВт.ч/т, т.е. мелкий калибр кокона при переработке требует на 78% больше электроэнергии. Необходимо сказать, что эта величина не перерасход электроэнергии на единицу выпускаемой продукции, а наоборот требуемая по технологии для выпуска данного вида шёлка-сырца, указанного калибра кокона [4, с.139].

Таким образом, можно сказать, что величина удельного расхода электроэнергии в зависимости от метрического номера шёлка-сырца и калибра кокона сильно колеблется. Недоучёт этих изменений при прогнозировании расхода электроэнергии на перспективу может привести к значительным погрешностям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахунбабаев, О.А., Мавлянбердиева, Г.Г., Ахунбабаев, У.О., Туйчиев, И.И. О'z DSt 993:2011. «Шелк-сырец. Технические условия». Агентство «Узстандарт» 2011.
2. Рахимходжаев, Г.А., Асраров, Г.Г., Ахунбабаев, О.А. Современное состояние техники и технологии кокономотания на шелкомотальных предприятиях Республики Узбекистан. Издательство «Фан», Маргилан 2007. - 48 с.
3. Рубинов, Э.Б., Мухамедов, М.М., Осипова, Л.Х., Бурнашев, И.З. Шелкосырье и кокономотание. Справочник. Москва «Легпромбытиздат» 1986. - 312 с.
4. Баратов, Н.А., Дзевенцкий, А.Я., Захидов, Р.А., Хошимов, Ф.А. Энергосбережение в промышленности, Издательство «ФАН», 1993. - 139 с.

REFERENCES

1. Axubabayev, O.A., Mavlyanberdiyeva, G.G., Axubabayev, U.O., Tuychiyev, I.I. (2011). O'z DSt 993:2011. "Shelk-syrets. Tekhnicheskiye usloviya" [Raw silk. Technical conditions]. Agentstvo "Uzstandart".
2. Raximxodjayev, G.A., Asrarov, G.G., Axubabayev, O.A. (2007). Sovremennoe sostoyanie tekhniki i tekhnologii kokonomotaniya na shelkomotalnykx predpriyatiyax Respubliki Uzbekistan. [State of the art technology and kokonomotaniya on filature enterprises of the Republic of Uzbekistan]. Margilan. Fan Publ. 48 p.
3. Rubinov, E.B., Muxamedov, M.M., Osipova, L.X., Burnashev, I.Z. (1986). Shelkosyryo i kokonomotaniye. Spravochnik. [Raw silk and unwinding cocoon]. Moscow, Legprombytizdat Publ.312 p.

4. Baratov, N.A., Dzevenskiy, A.Ya., Zaxidov, P.A., Xoshimov, F.A. (1993). Energoberejenie v promishlennosti [Energy saving in industry]. Tashkent, Fan Publ. 139 p.

УДК 677.37.08.002.001.5

НОВАЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ШЕЛКА ИЗ НЕПРИГОДНЫХ К РАЗМОТКЕ КОКОНОВ

NEW TECHNOLOGY OF RESOURCE SILK FROM COCOONS UNSUITABLE FOR UNWINDING

И.И. Туйчиев, Г.Н. Валиев, У.О. Ахунбабаев
I.I. Tuichiev, G.N. Valiev, U.O. Akhunbabayev

**Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон
Uzbek Scientific-Research Institute of the Natural Fibers**

E-mail: margilon_shoyi@yahoo.com

Разработана инновационная высокоэффективная ресурсосберегающая технология получения шелка из непригодных к размотке коконов, при котором последовательно проводят отварку, промывку, отжим, сушку, отделение волокна от куколки, путем воздействия мелкой плавающей игольчатой гарнитурой, и уборку его на уборочное средство. Варку производят при температуре 95-100°C в течение 1,5-2 часа до степени вываривания серицина и разрушения оболочки кокона в волокнистую массу. Установлены технологические переходы и соответствующие типы оборудования по технологическим переходам новой технологии. Новая технология позволяет перерабатывать непригодные к размотке коконы в волокнистую массу шёлка улучшенного качества, сократить технологические процессы и оборудования, способствует повышению качества производимой в прядильном производстве пряжи, экономии сырьевых и энергетических ресурсов. Технология защищена патентом Республики Узбекистан № IAP 04621 «Способ переработки непригодных к размотке коконов».

Ключевые слова: кокон, отходы, варка, промывка, отжим, волокнистая масса, шёлк, модернизация, технология

Developed an innovative high-performance alternative technology produce silk from cocoons unsuitable for unwinding at which consistently pursuing the decoction, washing, wringing, drying, separation of fibers from the pupa, by the action of small floating needle headset, and cleaning it on a cleaning agent. Cooking at temperature 95-100°S for 1.5-2 hours before the extent of digestion and destruction sericin cocoon shell into a pulp. Established technological transitions and the corresponding types of equipment for the technological transition of new technology. The new technology allows processing unfit for unwinding cocoons in pulp silk improved quality, reduce manufacturing processes and equipment, improves the quality produced in spinning yarn production, saving raw materials and energy resources. The technology is protected by a patent of the Republic of Uzbekistan № IAP 04621 "Method for processing cocoons unsuitable for unwinding."

Key words: cocoon, waste, cooking, washing, wringing, pulp, silk, modernization, technology

В современный период рыночных отношений в шелковой отрасли наиболее остро стоит вопрос повышения эффективности переработки сырьевых ресурсов и производства продукции, совершенствования и разработки новых ресурсосберегающих технологий переработки коконного сырья.

В шелководстве и кокономотальном производстве образуется значительное количество отходов в виде неподдающихся размотке коконов, волокнистых отходов кокономотания и куколок. Утилизация этих отходов имеет большое экономическое значение, так как на каждый килограмм выработанного шелка-сырца приходится около 1 кг различных отходов [1, с. 368]. Между тем оболочки дефектных коконов и волокнистые отходы кокономотания являются ценным сырьем для выработки шелковой пряжи.

Цель работы – разработка технологии, которая позволяла бы из коконов и их частей не поддающихся размотке полностью выделить волокно и получить шелковую массу улучшенного качества, в которой волокна имели бы более высокую длину, что в свою очередь позволяет в прядильном производстве повысить качество производимой пряжи за счет использования волокнистой массы шелка улучшенного качества и добиться экономии сырья при производстве пряжи в результате сокращения выхода коротких волокон в отходы.

Разработана новая технология получения шёлка из непригодных к размотке коконов (одонки, коконный неразмот, дырявые, двойниковые, уродливые, коконы карапачах, затверделые и другие, рис.1), при котором последовательно проводят отварку, промывку, отжим, сушку, отделение волокна от куколки, путем воздействия мелкой плавающей игольчатой гарнитурой, и уборку его на уборочное средство.



Рис.1. Коконь непригодные к размотке

Процесс варки осуществляют в обычном варочном котле, например в ёмкости с газовым подогревом, куда заливают воду, загружают коконы, подают тепло и производят варку. Варку производят при температуре 95-100°C в течение 1,5-2 часа.

Варку производят до степени вываривания серицина и разрушения оболочки кокона в волокнистую массу, при котором прочность связи элементов структуры оболочки (петель и пакетов) снижается до минимума. Затем каким либо предметом, например обыкновенной палочкой или прутком, производят механическое воздействие на коконы, например, посредством перемешивания, которое приводит к полному разрушению структуры оболочки, разрыву связей между элементами структуры (между петлями и пакетами) и распаду оболочки кокона в волокнистую массу.

Далее, после варки производят промывку, отжим, например на центрифуге, сушку, в сушильных устройствах или конвективным способом, и отделение волокна от куколки путем воздействия мелкой, плавающей игольчатой гарнитурой, на модернизированных волчках с игольчатой гарнитурой.

Введение в новую технологию процесса варки коконов в указанных температурно-временных режимах при механическом воздействии на коконы приводит к вывариванию серицина, снижению прочности и разрыву связей между элементами структуры (между петлями и пакетами) оболочки кокона и полному разрушению оболочки кокона в волокнистую массу. Однако при этом, между волокнами ещё сохраняется растворённый серицин.

Далее, осуществляя процессы промывки и отжима, удаляется растворённый серицин, а в последующем, осуществляя процесс сушки, достигается наиболее благоприятная форма волокнистой массы, обеспечивающая наиболее благоприятные условия для осуществления дальнейшего процесса отделения волокна от куколки на волчке с игольчатым барабаном, при котором ввиду незначительной силы сцепления коконных нитей из-за разрушения оболочки коконов до волокнистой массы и удаления серицина, волокно легко и полностью отделяется от куколки.

Создание благоприятных условий отделения волокна от куколки обеспечивает в свою очередь полное выделение волокна из непригодных к размотке коконов и увеличение длины волокна в продукте, достижение тем самым увеличения выхода продукта и улучшения его

качества, при котором холст II перехода, полученный по известной технологии [1, с. 373], характеризуется высокой степенью засорённости мелкими раздробленными частями куколки и небольшой параллельностью волокон (рис. 2а), а холст, полученный по новой технологии характеризуется отсутствием засорённости мелкими раздробленными частями куколки, высокой степенью очистки и параллельностью волокон (рис 2б).

Использование предлагаемой новой технологии получения шёлка из непригодных к размотке коконов позволяет: - перерабатывать непригодные к размотке коконы (рис.1) в волокнистую массу улучшенного качества (рис.2б) путем увеличения длины волокна в продукте вместо: а) хаотически спутанной массы отдельных неконтролируемых отрезков различной длины волокон, получаемых из бракованных (прядомых) коконов; б) спутанной массы волокон, засоренных раздробленными частями куколки, в холстах I и II переходов, получаемыми при переработке одонков и коконного неразмота; - повысить качество производимой в прядильном производстве пряжи за счет использования волокнистой массы шелка улучшенного качества; - добиться экономии сырья при производстве пряжи в результате сокращения выхода очеса; - добиться увеличения выхода куколки из-за снижения потерь в результате ее раздробления при переработке коконов; - упростить конструкцию оборудования и технологию переработки непригодных к размотке коконов и сократить технологические процессы: а) при переработке бракованных (прядомых) коконов – резка оболочек; б) при переработке одонков и коконного неразмота – получение холста I перехода на волчке с гладким барабаном, промывка холстов, отжим и сушка, промывка оставшихся частей одонков, отжим, обработка на волчке с колковым барабаном, промывка в ванне.

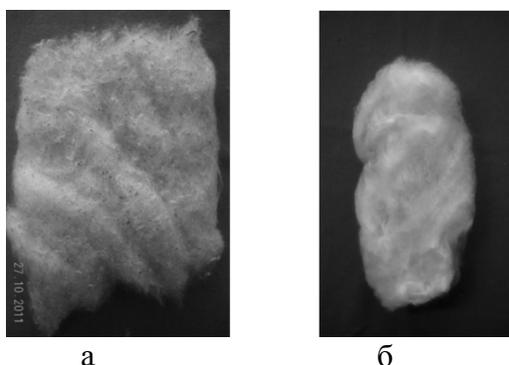


Рис.2 холст (фрагмент) полученный по известной (а) и новой технологии (б).

Технология защищена патентом Республики Узбекистан № IAP 04621 «Способ переработки непригодных к размотке коконов» [2].

Таким образом, по результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Разработана новая инновационная высокоэффективная ресурсосберегающая технология получения шелка из непригодных к размотке коконов, установлены технологические переходы и соответствующие типы оборудования по технологическим переходам.
2. Новая технология позволяет перерабатывать непригодные к размотке коконы в волокнистую массу шёлка улучшенного качества, сократить технологические процессы и оборудования, способствует повышению качества производимой в прядильном производстве пряжи, экономии сырьевых и энергетических ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рубинов Э.Б. Технология шелка (кокономотание). – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 392 с.
2. Туйчиев И.И., Ахунбабаев У.О., Валиев Г.Н. Способ переработки непригодных к размотке коконов // Патент Республики Узбекистан № IAP 04621. 2012. Бюл. № 12.

REFERENCES

1. Rubinov, E.B. Technology silk (Unwinding cocoon). Moscow, Legkaya i pischevaya promyshlennost Publ., 1981. 392p.
2. Tuychiyev, I.I., Axunbabayev U.O., Valiyev G.N. Method for processing cocoons unsuitable for unwinding. Patent UZ, No. IAP 04621. 2012.

УДК 677.014.3

ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСТРАКТА СЕРИЦИНА ИЗ ШЕЛКОВЫХ ОТХОДОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

THE RESULTING EXTRACT SERICIN FROM SILK WASTE UNDER LABORATORY CONDITIONS

З.А. Яминова
Z.A. Yaminova

Технологический университет Таджикистана
Technological University of Tajikistan
E-mail: zyaminova@inbox.ru

Одним из перспективных материалов для шлихтования является экстракт серицина – белка, расположенного в коконной оболочке тутового шелкопряда. В литературных источниках имеются очень ограниченные данные по способам получения серицина и его структуре. Известно, что в состав серицина входят оксиаминокислоты, в особенности серин, дикарбоновые и диаминокислоты. При образовании кокона серицин выполняет роль структурообразователя, создавая склейки между нитями фибрина, обеспечивая тем самым пористую волокнистую структуру кокона. Благодаря высокому содержанию полярных, свободных к гидратации и небольшому межмолекулярному взаимодействию групп, серицин способен растворяться в воде, что позволяет выделять его при помощи водной экстракции.

Ключевые слова: серицин, шлихта, шелк, отход, гидромодуль, кинетика, соотношение

One of the most promising materials for sizing is an extract of sericin - a protein located in the membrane of the silkworm cocoon. In the literature there are very limited data on methods of producing sericin and its structure. It is known that the composition comprises at sericite- oksiaminokisloty, particularly serine, diamino and dicarboxylic. In the formation of the cocoon sericin serves as a structurant, creating bonding between the filaments of fibroin, thereby providing a porous fibrous structure of the cocoon. Due to the high content of polar-free hydration and small groups of intermolecular interaction, sericin can dissolve in water, which allows you to select it using the water extraction.

Keywords: seretsin, dressing, silk waste, hydronic, kinetics, relation-set

В качестве сырья для получения серицина использовались, очищенные от посторонних примесей, коконы тутового шелкопряда *Bombyx mori*. Для максимального выделения из волокна посторонних примесей и удаления пыли остатки коконов разрыхляли, разделяя ее на мелкие клочки и встряхивая. Разрыхление и очистку массы осуществляли вручную. Затем, шелковую массу нарезали на кусочки длиной 0,5-1 см.

Подготовленное таким образом сырьё подвергали водной экстракции при следующих условиях:

- Продолжительность – 10-60 минут,
- Температура – 85⁰С,
- Гидромодуль (сырье : раствор) – 1:10, 1:13, 1:20, 1:40.

После экстрагирования раствор отделяли от твёрдой фазы при помощи тканевого фильтра, промывали дистиллированной водой и осаждали трехкратным количеством этилового спирта. Данную операцию проводили с целью перевода экстракта из раствора в порошкообразное состояние (Патент ТЈ 625, 2014). Образовавшийся осадок высушивали при 35-40⁰С.

Необходимо отметить, что разработанный способ получения порошкообразного серицина является важным в отношении его длительного хранения и использования не только в текстильной, но и в других областях промышленности.



Рис. 1 Стадии подготовки сырья и получения серицина в лабораторных условиях

В таблице 1. приведены значения рН раствора после экстрагирования. Видно, что при гидромодуле 1:40 и 1:20 существенного изменения рН не наблюдается. Несколько большие изменения в значениях происходят при экстракции с меньшим объёмом воды, что можно объяснить более высокой концентрацией серицина в растворе.

Таблица 1

Изменение рН в процессе экстракции

Время экстракции, мин	Гидромодуль			
	1:40	1:20	1:13	1:10
10	5,62	5,60	5,57	6,84
20	5,72	6,83	5,64	6,73
30	5,69	5,78	5,84	6,62
40	5,73	6,09	5,91	6,47
50	5,79	5,64	6,51	6,59
60	5,77	5,75	6,74	6,43

На рисунке 2. представлены кинетические кривые зависимости выхода серицина от продолжительности экстракции.

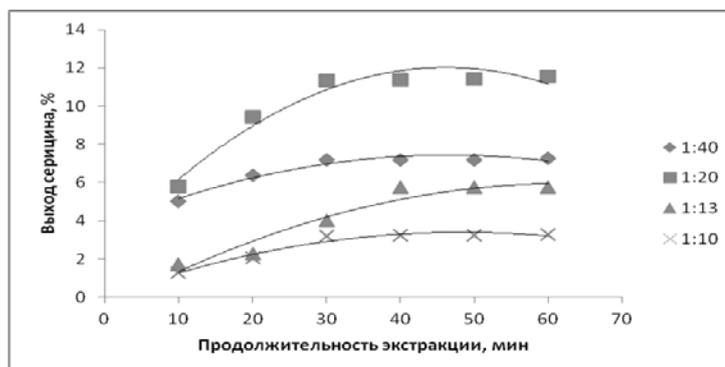


Рис. 2. Кинетика выхода серицина при различном соотношении сырья : раствор

Как видно, при любом гидромодуле сохраняется схожая зависимость выхода серицина от времени, описываемая уравнениями, представленными в таблице..... Для всех значений гидромодуля величина достоверности аппроксимации R^2 сохраняет достаточное высокое значение.

Максимального выхода серицина удается достичь при гидромодуле 1:20. При соотношении 1:13 и 1:10 не удается извлечь серицин полностью, из-за недостатка растворителя. При гидромодуле 1:40 экстрагируется слабokonцентрированный раствор серицина, для высадки которого трехкратного объема этанола недостаточно.

Таблица 2

Уравнения зависимости выхода серицина от продолжительности экстракции и величина R^2 , полученные при различном значении гидромодуля

гидромодуль	уравнение зависимости	R^2
1:10	$y = -0,0014t^2 + 0,14t + 0,0135$	0,9595
1:13	$y = -0,0017t^2 + 0,2105t - 0,6036$	0,9371
1:20	$y = -0,0017t^2 + 0,1587t + 3,748$	0,9547
1:40	$y = -0,0045t^2 + 0,4141t + 2,468$	0,9532

В лабораторных условиях, при температуре процесса 85-90⁰С, максимальный выход порошкообразного целевого продукта составляет 11,56% по отношению к массе исходного сырья (рисунок 2.). Относительно невысокое значение выхода объясняется низкой температурой процесса экстракции, т.к., согласно литературным данным [1,2], и нашим исследованиям, представленным далее, при температуре ниже 90⁰С серицин ограниченно переходит в раствор. Полностью экстрагировать серицин удастся при температуре 100⁰С при многочасовом кипячении. Процесс выделения продукта существенно интенсифицируется при увеличении температуры до 105⁰С и, далее, при 110⁰С удастся полностью извлечь серицин при одночасовой экстракции. Тем не менее, проведенные лабораторные исследования демонстрируют процесс извлечения серицина из коконов тутового шелкопряда и позволяют подобрать оптимальное значение гидромодуля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костюк С.Д. О структуре натурального шелка // Сб. «Вопросы физико-химии и технологии натурального шелка». – Ташкент: Ротапринт ТашПИ. – 1978. – С. 23-38.
2. Саидов Р.А. Исследование факторов, определяющих неровноту шелка-сырца: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Ташкент.: ТИТЛП. – 2001. – 23 с.
3. Энциклопедия полимеров // Под ред. В. А. Каргин и др. — М.: Советская энциклопедия, 1972—1977.

4. Алимов А.А. Сб. «Научно-исследовательские работы» / Ташкент, Ташкентский текстильный институт. – 1956. – С. 26-30.

REFERENCES

1. Kostyuk S.D. The structure of natural silk // Coll. "Questions of Physics and Chemistry and Technology of silk." - Tashkent: TashPI offset duplicator. - 1978. - P. 23-38.
2. Saidov R.A. Study of factors determining nerovnotu raw silk: Author. Dis. ... Cand. those. Sciences. - Tashkent.: TITLI. - 2001 - 23.
3. Encyclopedia of Polymer // Ed. V.A. Kargin et al. - M.: Soviet en tsiklopediya, 1972-1977.
4. A. Alimov Coll. «Research and development» / Tashkent, Tashkent Textile Institute. - 1956. - P. 26-30.

УДК 687.016 : 005.52

АНАЛИЗ ХУДОЖЕСТВЕННО-КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ

ANALYSIS OF ART AND DESIGN DECISIONS OF PROFESSIONAL CLOTHES

Л.А. Ботезат, Н.И. Никитко
L.A. Botezat, N.I Nikitko

Витебский государственный технологический университет (Беларусь)
Vitebsk state technological university (Belarus)

E-mail: lyizabotezat@mail

Определены требования к системам проектирования швейных изделий. Проанализирована технология проектирования одежды, используемая на предприятии, и предложены принципы ее совершенствования. Проведен анализ дизайнерских и конструктивных решений мужских курток различного профессионального назначения. Установлены наиболее важные требования, предъявляемые к ним. Определены факторы, определяющие варианты проектно-конструкторских решений, выявлена динамика их изменений. Результаты анализ изделий различного профессионального назначения использованы для создания теоретической и графической моделей прототипа будущего изделия, для которого установлены базовые значения показателей качества. На основе адаптационного художественно-конструкторского анализа предложена и выполнена в материале модель утепленной мужской куртки из плащевых материалов для работников охраны.

Ключевые слова: проектирование одежды, проектно-конструкторские решения, конструкция, модель

Annotation: Requirements to systems of design of garments are defined. The technology of design of clothes used at the enterprise is analyzed and the principles of its improvement are offered. The analysis of design and constructive solutions of men's jackets of various professional appointments is carried out. The most important requirements imposed to them are established. The factors defining versions of design decisions are defined, dynamics of their changes is revealed. Results the analysis of products of various professional appointment are used for creation of theoretical and graphic models of a prototype of future product for which basic values of indicators of quality are established. On the basis of the adaptation art and design analysis the model of the warmed men's jacket from the materials for raincoat for workers of protection is offered and executed in material.

Keywords: design of clothes, design decisions, design, model.

Для снижения сроков конструкторской подготовки новых моделей одежды необходим большой объем информации, быстрый его поиск и обработка, многократное применение наработанных данных, создание на их основе новых информационных массивов,

использование стандартных элементов проектирования. Целью работы является совершенствование процесса проектирования одежды на основе исследования ее проектно-конструкторских решений (ПКР) [1, с.3].

В качестве объекта исследования приняты утепленные мужские куртки профессионального назначения из плащевых материалов. Предметом исследования являются модификации ПКР.

В соответствии с целью поставлены задачи исследования: проанализировать существующую на исследуемом предприятии технологию проектирования одежды; провести анализ дизайнерских и конструктивных решений; установить факторы, определяющих варианты ПКР; выявить динамику изменений конструкторских решений; провести сравнительный анализ ПКР изделий; построить теоретическую и графическую модель прототипа будущего изделия. В процессе выполнения работы использовались такие методы исследования, как аналитический и логический анализ, органолептические; стандартизации; квалиметрические методы оценки качества принимаемых решений; экспертный метод оценки качества образца.

Анализ последовательности выполнения проектно-конструкторских работ, применяемой на исследуемом предприятии, показал, что в основном она является типовой. При этом определяются исходные данные для проектирования: маркетинговый анализ потребительских предпочтений, требования стандартов, определяются пути реализации требований к показателям качества и задаются их базовые значения. Создаются серии эскизных предложений новых моделей одежды; устанавливаются исходные данные для разработки чертежей конструкций, выбираются методы технологической обработки. Оформляется проектно-конструкторская документация. Однако отсутствует адаптационный художественно-конструкторский анализ моделей – аналогов ранее созданных и отражающих направление моды, что не способствует повышению качества разрабатываемых изделий. Отсутствует выбор перспективных методов проектирования, используются стандартные отработанные; не всегда осуществляется разработка модельной конструкции, раскрой изделия, его примерка и пошив первичного образца изделия, утверждение образца модели на ХТС. Градация лекал не подтверждается спросом на отдельные размеры и роста изделий.

Анализ дизайнерских и конструктивных решений мужских курток различного профессионального назначения позволил установить факторы, определяющим дизайн проектируемых изделий. К таковым отнесены: колористическое и стилевое решение, конструктивное построение, элементы декора и др. установлено, что колористическое решение курток определяется утилитарно-функциональными причинами и зависит от их назначения, в ряде случаев регламентируется требованиями соответствующих стандартов, направлением моды и стиля, предпочтениями проектировщиков, состоянием материальной базы и др. факторами. К базовой цветовой гамме классического решения можно отнести чёрный, тёмно-синий, различные оттенки серого цвета, а также менее распространенные яркие насыщенные тона с контрастным сочетанием (в молодёжном ассортименте). Силевые и конструктивные решения подчиняются определенным дизайнерским требованиям (лаконичность, габариты и количество деталей, элементы композиции и др.). Элементами униформы являются накладные карманы с клапанами, погоны, паты и др. Формы, пропорции, силуэты, ряд конструктивных решений практически совпадают.

Визуальный анализ моделей исследуемых курток показал, что они имеют сходство по многим признакам. Преобладающие конструктивные решения: силуэт – прямой, застежка – центральная бортовая на тесьму – «молнию». Дополнительные членения – в основном кокетки, отсутствует средний шов на спинке. Рукава – втачные рубашечного типа, одношовные. Имеются карманы нагрудные, боковые, на рукавах, внутренние. Варианты – прорезные, вертикальные, горизонтальные, наклонные, накладные, с листочкой; с застежкой на тесьму – «молнию», кнопки, липкую ленту, пуговицы. Воротник – стойка, из основной ткани, трикотажный. Капюшоны как правило, съёмные с креплением на тесьму – «молнию»,

кнопки, пуговицы. Подкладка притачная, Отделочные строчки по планке, низу рукавов, низу изделия, карманам, кокеткам

В ряде моделей ярко выражены элементы дизайна, характерные для изделий профессионального назначения, в других они нивелируются, иногда наблюдается стремление к дизайну, характерному для бытовой одежды. При этом сопоставление количественных и качественных параметров базовых элементов курток показало их преимущественное совпадение. Это даёт основание считать анализируемые признаки совместимыми.

Проведенный сравнительный анализ системы проектирования мужских курток различного профессионального назначения показал, что в их основе лежат базовые формы конструкций, дающие возможность создавать множество последующих вариаций, не имеющих принципиальных отличий, по сути, являющиеся классическими модификациями.

С учетом указанного, на основе полученного статистического и графического материала выделены базовые модели – аналоги мужских курток, в которых совпадало максимальное количество конструктивных элементов (основные габариты, пропорции, прибавки, степень прилегания).

Для сравнительного анализа конструктивных основ использован метод наложения, с помощью которого выявлены основные базовые элементы, влияющие на силуэтную форму и их повторяемость в изделиях. С учётом выявленных связей между базовыми элементами курток различного назначения была получена исходная теоретическая и графическая модель профессиональной мужской куртки – аналога – прототипа будущего изделия. Установлено, что базовым вариантом в молодёжной группе потребителей будет утепленная куртка из плащевой ткани, прямого силуэта, с рукавами рубашечного покроя, со съёмным капюшоном, с центральной застежкой на тесьму – «молнию». Колористическое решение – в зависимости от специфики назначения.

Установлено, что в процессе проектирования профессиональной одежды ярко выраженного назначения приоритетным требованием является обеспечение ее безопасности в процессе эксплуатации, соблюдение санитарных требований и норм, в меньшей степени – элементов дизайна. При проектировании одежды профессиональной одежды неярко выраженного назначения (например, для работников охраны) характерно обратное соотношение. В ряде случаев конструкции мужских курток являются подобными системами, поэтому часть результатов анализа ПКР одного варианта из них может быть использована в качестве справочного материала для проектирования другой.

Проведённые исследования показали, что мужские куртки являются актуальным и перспективным ассортиментом одежды, для которого возможно изменение силуэта, формы, пропорций, тканей, цветовой гаммы в зависимости от назначения, приобретение элементов нового стиля, соответствующего тенденциям моды. Необходимыми условиями их успешного проектирования являются: учёт сведений о состоянии и перспективах развития производства; возможность обращения к данным, характеризующим модели – аналоги с преобразованием их в соответствии с современными требованиями; выбор наиболее перспективных решений; сопоставление полученных данных с основными тенденциями моды и потребительскими предпочтениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ступалова Л.Г. Теоретико-методическая модель – концепция формирования структуры исследования исходных проектных данных в системе дизайн – проектирования спецодежды (на примере дизайна спецодежды для рабочих технических специальностей в сельскохозяйственном производстве): автореф. дис. ... к-та иск-ия. М., 2013. 24 с.

REFERENCES

1. Stupalova L.G. Teoretiko-metodicheskaya model – koncepcia formirovaniya strukturi issledovaniya ishodnih proektnih dannih v sisteme dizain-proektirovaniya specodegdi (na primere dizaina specodegdi dlya rabochih tehniceskikh specialnostei v sel'skohozyaistvennom proizvodstve) (The Theories-methodical model – the concept of formation of structure of research of basic design data in system design – design of overalls (on the example of design of overalls for working technical specialties in agricultural production)), the abstract of the thesis for competition academic degree of the candidate of art criticism, Moscow, FGBNY VNIITE, 2013. 24 p.

УДК 677.074

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТКАНЕЙ ПО МОТИВАМ БЕЛОРУССКОГО ОРНАМЕНТАЛЬНОГО ТЕКСТИЛЯ

DESIGN OF MODERN FABRICS WHICH BASED ON THE ORNAMENTAL TEXTILES OF BELARUS

Н. Н. Самутина
N. N. Samutina

**Витебский государственный технологический университет (Беларусь)
Vitebsk state technological university (Belarus)**

E-mail: samusiya@mail.ru

В работе установлено, что в настоящее время актуальным являются вопросы осмысления и анализа художественных процессов народной культуры в сфере промышленного производства. Если в прошлом белорусский орнамент нес в себе обрядовый смысл, то с течением времени он утратил свой первоначальный смысл, сохраняя лишь декоративность. Исходя из этого, в исследовании были решены задачи по изучению белорусских орнаментальных мотивов на примере текстиля Витебской области, выполнены копии фрагментов орнаментов различными графическими средствами, переработаны копии орнаментальных мотивов в фор-эскизы тканей различных ассортиментных групп. При этом, традиционный геометрический орнамент был заменен на растительный, знаковые абстрактно-универсальные формы орнаментики – на конкретно-изобразительные мотивы, а символическая гармония белого и красного цвета на буйную полихромную.

Ключевые слова: орнаментальный текстиль, ткань, проектирование мотива узора

In work it is established that now questions of judgment and the analysis of art processes of national culture in the sphere of industrial production are actually now. If in the last years the ornament of Belarus bore in itself ceremonial sense, eventually it lost the initial sense, keeping only decorative effect. Proceeding from it, in research tasks of studying the ornamental of Belarus motives on the example of textiles of Vitebsk area were solved; copies of fragments of ornaments are executed by various graphic means; copies of ornamental motives in for-sketches of fabrics of various assortment groups are processed. Thus, the traditional geometrical ornament was replaced on vegetable, sign abstract and universal forms of a twiddle – with concrete and graphic motives, and symbolical harmony of white and red color on a violent variety of colors.

Key words: ornamental textiles, fabric, design of motive of the pattern.

На протяжении нескольких столетий в изобразительном искусстве Белоруссии были созданы произведения большой художественной ценности. Они свидетельствуют об удивительной одаренности белорусского народа.

В белорусском народном текстиле материализовались базисные категории этнической культуры и воплотились новые художественные формы. В наши дни практически завершена эпоха ручного домашнего производства тканей, ориентированного на собственные потребности сельской среды. Поэтому актуальным является вопрос осмысления и анализа художественных процессов народной культуры в сфере промышленного производства,

выявления социально-культурных и других факторов, которыми они были обусловлены. В связи с этим, в работе были поставлены следующие задачи:

- исследовать орнаментальные мотивы Витебской области;
- выполнить копии фрагментов орнаментов различными графическими средствами;
- переработать копии орнаментальных мотивов в фор-эскизы тканей различных ассортиментов групп.

Мы еще располагаем возможностью эмпирического наблюдения аутентичного бытования объекта изучения – текстильных артефактов и их художественных комплексов (народного костюма и декоративного убранства сельского интерьера Витебской области и других районов Республики Беларусь). В прошлом белорусский орнамент нес в себе обрядовый смысл. Но с течением времени он утратил свой первоначальный смысл, сохраняя лишь декоративность. А между тем в народном орнаменте как в древних письменах отложилась тысячелетняя мудрость народа, зачатки его мировоззрения и первые попытки человека воздействовать на таинственные для него силы природы» [1, с.1].

Изучение традиционного белорусского орнамента на примерах трех образцов текстильных постилок, относящихся к текстильному наследию Витебской области конца XIX начала XX века показало, что орнаментика белорусских узоров в этом регионе носит преимущественно геометрический характер. Обычные вариации ромба и квадрата иногда используются в комплексе с растительными мотивами, в которых присутствуют изображение «древа жизни», стилизованного в виде креста или вазона с цветами, антропоморфные фигуры в бордюрах, птицы, восьмилепестковая розетка, различные по рисунку укрупненные геометрические фигуры с отростками. Установлено, что «древо жизни» символизирует бесконечность и вечную жизнь, пожелание предков современникам быть здоровыми, богатыми, иметь урожай, плодородных и сытых животных [2, с.15].

В музее кафедры дизайна сохранились уникальные носители художественно-ремесленных традиций, которые на наших глазах становятся уже историей. Белорусский народный текстиль, как репрезентант этноопределяющих особенностей и этнокультурных символов, сохраняет свое основополагающее значение в развитии национальной культуры и создании визуального имиджа Беларуси. В представленных образцах народного ткачества показанные мотивы можно разделить на несколько групп: геометрические, растительные, зооморфные, комбинированные. Для трех исследуемых образцов отличием являются орнаментальные мотивы и используемая цветовая гамма, а общие элементы композиционного построения следующие:

- все орнаменты в силу особенностей их получения на ручном ткацком станке являются двухлицевыми, при этом лицевая сторона является негативом изнаночной и наоборот;
- образцы выработаны чистошерстяными нитями, окрашенными вручную. Устойчивость окраски достаточно низкая, так как при стирке происходило затекание красителя с нитей более темного на светлый цвет;
- колористическое решение двухцветное;
- присутствует каймы с четырех сторон образцов.

Поверхность образцов определена законами зеркальной симметрии или представляет собой квадрат с расположенными в узлах сетки геометрическими узорами.

В народном ткачестве растительные мотивы представляют группу оберегов. В представлении народов Восточной Европы большой апотропейной (обереговой) силой обладали листья, ягоды и почки рябины, семена льна. Растения лука и чеснока, обладающие острым вкусом и запахом, представлялись отгоняющими всякую нечисть.

Мак, полынь и мята употреблялись у славян в качестве оберега в семейных обрядах. Растения, имеющие колючки и шипы, например роза, шиповник, репейник в народной традиции служили также оберегами. Широкое распространение в орнаментальных мотивах получили также изображения калины, барвинка, руты, василька, обладающие апотролейными функциями, а также символизирующими любовь и брак. Зооморфные

мотивы голубя представлены в зеркально отражении, что в христианской символике означает благую весть, а в народной – любовь и привязанность. Мотив вазы проникает в народный текстиль в XVIII веке и символизирует здоровье, полную и счастливую жизнь. Таким образом, комбинированное сочетание вазы с голубями в окружении роз символизирует пожелание любви в супружестве, добра и мира. Проведенные исследования показали, что данная постилка могла служить атрибутом обряда свадьбы или подарком молодоженам с пожеланиями долгой совместной и счастливой жизни [3, с. 218].

Среди геометрических мотивов наиболее часто встречаются мотив ромба, креста. Их можно отнести к солярным символам, характерным для всех славянских народов. Крест – один из древнейших символов человечества, возникших еще в доисторическое время, как знак Солнца и произошел от изображения двух перекладин, спиц «солнечного колеса».

В языческих солнечных культах крест или перекрещенное колесо служат как знаки Солнца – символы жизни, ибо солнце и свет – есть жизнь. В христианской символике крест также символизирует жизнь или спасение ради жизни загробной. Так что этот знак сохранил и после перехода в христианскую символику свое жизнеутверждающее значение.

Мотив восьмиконечной звезды в народном белорусском ткачестве появляется в XVII веке после церковного раскола в России с приходом на территорию Речи Посполитой церковников – старообрядцев. Восьмиконечный семантический знак, символ бога Саваофа, отца бога сил-воинов, использовался в русской иконописи и христианской православной символике дониконианских времен и сохранился в искусстве старообрядцев Русского Севера и Беларуси [3, с.135]. В декоративном решении обычно использовался зеленый верхний четырехугольник и красный цвет, подстилающий его. Проведенный анализ образцов показал, что постилки могли служить атрибутом оберега жилища, предметом интерьера, носящим сакральный, обрядовый смысл, защитой от потусторонних сил и связующим звеном с загробной жизнью.

В рамках исследования была проведена работа по выполнению копий фрагментов образцов текстиля различными графическими средствами. Далее, на основе фрагментов мотивов узора, присутствующих в образцах постилок, созданы фор-эскизы портьерных, мебельно-декоративных тканей и скатертных полотен.

Для ткачества характерной особенностью является использование натурального цвета материала: сурового тона льняной нити, коричневых оттенков шерстяной пряжи. Частыми сочетаниями цветов в тканях были красный и зеленый с синим или белым, черный с желтым. Со временем пришли в забвение символический смысл древних мотивов и традиционные композиционные взаимосвязи между отдельными элементами орнамента разрушались. В разрабатываемых фор-эскизах в основу колористического решения было взято следующее: традиционный геометрический орнамент был заменен на растительный, знаковые абстрактно-универсальные формы орнаментики – на конкретно-изобразительные мотивы, а символическая гармония белого и красного цвета на буйную полихромиию.

Модное и актуальное использование черного цвета позволит разрабатываемым материалам выглядеть исключительно солидно, надежно и торжественно. Очень глубокий темно – синий будет вызывать излишнюю серьезность, потребность физиологического покоя и удовлетворенностей в мире. Серый цвет можно использовать для придания материалам шика высоких технологий, интеллекта, классики и надежности, достоинства, тонкости, консерватизма и ненавязчивого и благородства. Коричневый цвет будет олицетворять стабильность и преданность, успокаивать, бордовый — довольство, удовлетворение, сытость, прочное социальное и финансовое положение. Предпочтение зеленого цвета означает самоуважение, твердость, устойчивость, естественность и правдивость по отношению к самому себе, благородство характера, справедливость, силу воли и постоянство.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беларусский орнамент в его многообразии [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=723579>. - Дата доступа 14.10.2014.
2. Лобачевская О. А. Беларусский народный текстиль: традиции и художественные новации в XX веке: автореф. ... дис. докт. искусствования: 17.00.19 /УО «Бел. Гос. ун-т культ. и иск-в». Минск, 2014. 52 с.
3. Похлебкин В. В. Словарь международной символики и эмблематики . – Москва : Изд-во Международные отношения, 2001 – 558 С.

REFERENCES

1. Belorusskii ornament v ego mnogoobrazii, 2014, available at: <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=72357929685> (accessed 14.10.2014).
2. Lobachevskaya O.A. Belorusskii narodnii tekstil: tradicii i hydogestvennie novacii v XX veke (Belarusian national textiles: traditions and art innovations in the XX century), abstract of doctor's thesis of art criticism, Minsk, EE "BGUCA", 2014, 52 p.
3. Pohlebkin V.V. Dictionary of the international symbolic and emblematic. Moscow, International relations, 2001, 558 p.

УДК 671.232

КИНЕМАТИКА ПРОСТЕЙШИХ МЕХАНИЗМОВ С ГИБКИМ ЗВЕНОМ И ВЕДОМЫМИ НАПРАВЛЯЮЩИМИ ЗВЕНЬЯМИ

KINEMATICS OF SIMPLE MECHANISMS FLEXIBLE-LINK AND DRIVEN GUIDE LINKS

А.А. Краснов
A.A. Krasnov

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: krasnow.a.a@mail.ru

В работе рассматривается кинематика механизмов с гибкими звеном, в котором направляющее цилиндрическое звено, совершает плоскопараллельное движение при взаимодействии с ведущим гибким звеном.

Ключевые слова: механизм, звено, кинематика

This paper considers the dynamics of the machine with flexible element, wherein the guide cylindrical member commits a plane-parallel motion in cooperation with leading flexible link.

Keywords: The mechanism, link, kinematics

Ранее [1,2,3,4] была рассмотрена кинематика механизмов с гибким звеном и ведомыми во вращательном движении направляющими звеньями по отношению к гибкому звену.

Рассмотрим теперь кинематику простейшего механизма с гибким звеном, которое является ведущим по отношению к направляющему звену не только во вращательном, но и в поступательном движении (Рис.1) и который содержит три направляющих звена, два крайних из которых имеют приводы регулируемые по скорости и которые движущиеся по заданным траекториям. Для простоты анализа пока пренебрежём их геометрическими

размерами. Второе звено механизма имеет форму кругового цилиндра и его геометрические размеры отличны от нуля. Кроме того, его геометрический центр, совпадающий с осью вращения движется по заданной траектории, а длина гибкого звена остаётся постоянной.

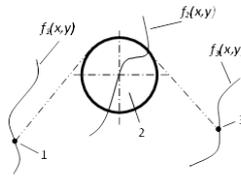


Рис. 1

Геометрия такого механизма будет описываться следующей геометрической матрицей:

$$G = \begin{pmatrix} x_1(t) & y_1(t) & 0 & 0 \\ x_2(t) & y_2(t) & R_2 & -1 \\ x_3(t) & y_3(t) & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Неизвестными в этом случае будут вид функций, описывающих зависимость движения оси вращения, кинематические параметры движения второго направляющего звена относительно своей подвижной оси.

Пусть звенья 1 и 2 переместились из положения 1 в положение 2. Тогда звено два, под действием внешних сил или гибкого звена переместится тоже в положение 2 (рис.2). При этом изменятся длины свободных участков гибкого звена и угол обхвата. Но поскольку длина гибкого звена остаётся постоянной, то, очевидно, это соотношение и будет определять, в конечном итоге, и кинематику и динамику этого механизма. Рассмотрим сначала геометрию механизма.

Длины свободных участков гибкого звена определяются, согласно [5] по следующим формулам:

$$L_{21} = \sqrt{[x_1(t) - x_2(t)]^2 + [y_1(t) - y_2(t)]^2 - [\sigma_2 R_2 - \sigma_1 R_1]^2} \quad (1)$$

$$L_{23} = \sqrt{[x_3(t) - x_2(t)]^2 + [y_3(t) - y_2(t)]^2 - [\sigma_2 R_2 - \sigma_3 R_3]^2} \quad (2)$$

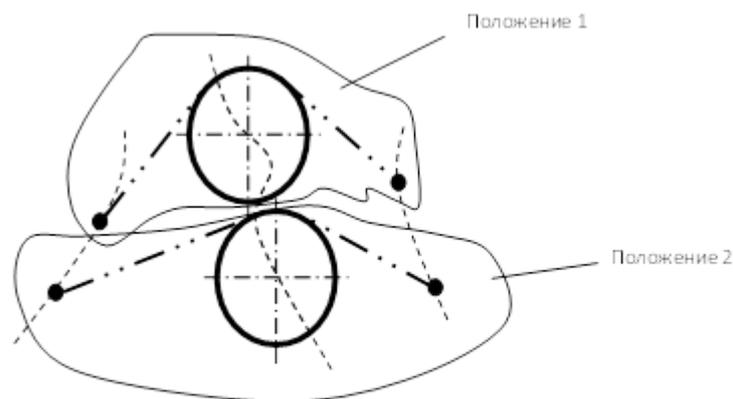


Рис. 2

Угол обхвата может быть определён по формуле [3]:

$$\varphi_2 = \pi - \frac{R_{21x}R_{23y} - R_{21y}R_{23x}}{\left| R_{21x}R_{23y} - R_{21y}R_{23x} + \delta \right|} \cdot \sigma_2 \left[\pi - a \cos \left[\frac{R_{21x}R_{23x} + R_{21y}R_{23y}}{R_2^2} \right] \right], \quad (3)$$

где

$$R_{21x} = \frac{R_2 \cdot [(x_1(t) - x_2(t)) \cdot (\sigma_2 R_2 - \sigma_1 R_1) - (y_1(t) - y_2(t)) \cdot L_{21}]}{[(x_1(t) - x_2(t))^2 + (y_1(t) - y_2(t))^2] \cdot \sigma_2}, \quad (4)$$

$$R_{21y} = \frac{R_2 \cdot [(x_1(t) - x_2(t)) \cdot L_{21} - (y_1(t) - y_2(t)) \cdot (\sigma_2 R_2 - \sigma_1 R_1)]}{[(x_1(t) - x_2(t))^2 + (y_1(t) - y_2(t))^2] \cdot \sigma_2}, \quad (5)$$

$$R_{23x} = \frac{R_2 \cdot [(x_3(t) - x_2(t)) \cdot (\sigma_2 R_2 - \sigma_3 R_3) + (y_3(t) - y_2(t)) \cdot L_{23}]}{[(x_3(t) - x_2(t))^2 + (y_3(t) - y_2(t))^2] \cdot \sigma_2}, \quad (6)$$

$$R_{23y} = \frac{R_2 \cdot [-(x_3(t) - x_2(t)) \cdot L_{23} - (y_3(t) - y_2(t)) \cdot (\sigma_2 R_2 - \sigma_3 R_3)]}{[(x_3(t) - x_2(t))^2 + (y_3(t) - y_2(t))^2] \cdot \sigma_2}. \quad (7)$$

R_2 – радиус второго направляющего звена.

Таким образом, уравнение, решение которого позволяет определить геометрию механизма, будет иметь вид:

$$L_0 = L_{21} + L_{23} + \varphi_2 R_2, \quad (8)$$

где L_0 - длина гибкого звена.

Уравнение (8) нелинейное и может быть решено лишь численными методами.

После решения задачи о геометрии механизма, можно приступить к решению задачи о скоростях.

Для этого можно использовать частный вид формулы [1]

$$\omega_2^r = \frac{\sigma_2}{R_2} (V_3^k + \frac{dL_{23}}{dt}) + \frac{1}{R_2^2} (\vec{R}_{23} \times \frac{d\vec{R}_{23}}{dt})_z, \quad (9)$$

которая позволяет произвести расчёт угловой относительной скорости второго направляющего звена.

Заметим, что использование этой формулы предполагает, что движению гибкого звена в его контурном движении не препятствует ни одно из направляющих звеньев.

Выводы.

1. Получено уравнение, описывающее геометрию механизма с ведомыми направляющими звеньями.

2. Показана возможность расчёта кинематических характеристик этого механизма

ЛИТЕРАТУРА

1. Краснов А.А. Кинематика простейших механизмов с гибким звеном // Вестник научно-промышленного общества. – М.:АЛЕВ-В, Вып.6. - 2003. – С.25-28.
2. Краснов А.А., Мигушов И.И. Оценка погрешностей расчёта параметров провисающих нитей и тканей при минимальном их натяжении/Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993. - №2. - С.79-81.
3. Краснов А.А. К вопросу о натяжении и деформации ткани при проводке её в отделочных машинах/Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006. - №5. - С.135-137.
4. Краснов А.А. Исследование деформации гибкой упругой нити фрикционной парой/Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007. - №1С(300). - С.150-151.

5. Краснов А.А. Основы геометрии плоских механизмов с гибкими звеньями. – М.:Алев-В, 2002, - 99 с.

REFERENCES

1. Krasnov A.A. Kinematika prostejshih mekhanizmov s gibkim zvenom // Vestnik nauchno-promyshlennogo obshchestva. – М.:ALEV-V, Вып.6. - 2003. – S.25-28.
2. Krasnov A.A., Migushov I.I. Ocenka pogreshnostej raschyota parametrov provisayushchih nitej i tkanej pri minimal'nom ih natyazhenii/Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 1993. - №2. - S.79-81.
3. Krasnov A.A. K voprosu o natyazhenii i deformacii tkani pri provodke eyo v otdelochnyh mashinah/Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2006. - №5. - S.135-137.
4. Krasnov A.A. Issledovanie deformacii gibkoj uprugoj niti frikcionnoj paroj/Izvestiya vuzov. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti. – 2007. - №1S(300). - S.150-151.
5. Krasnov A.A. Osnovy geometrii ploskih mekhanizmov s gibkimi zven'yami. – М.:Алев-В, 2002, - 99 с.

УДК 621.763

АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

CURRENT PROBLEMS OF DESIGN OF COMPOSITE MATERIALS

С.Е. Голубев, А.М.Киселев
S.E. Golubev, A.M. Kiselev

Костромской государственной технологической университет
Kostroma State Technological University
E-mail: golubev007@mail.ru, laibach@mail.ru

Статья посвящена актуальной теме выбора подходов к проектированию композиционных материалов. Обоснована актуальность данной задачи, предложена укрупненная схема проектирования композиционного материала с определением оптимальной структуры. На сегодняшний день отечественное программное обеспечение для расчета композиционных материалов отсутствует. Кроме того нет технологий изготовления преформ, получаемых методами ткачества и плетения и соответственно программного обеспечения реализующего проектирование в данной области. Предложенный подход имеет преимущество перед имеющимися в том, что разработка собственного оригинального программного обеспечения сводится к минимуму и максимально применяется уже имеющиеся системы.

Ключевые слова: композиционные материалы, проектирование, прогнозирование, математическое моделирование, программное обеспечение

The article is devoted to the actual topic of the choice of approaches to design composite materials. The urgency of this problem and integrated scheme of designing a composite material with the definition of the optimal structure are proposed in the article. Today, domestic software to calculate the composite materials is absent. Furthermore there is no technology of creating preforms obtained by methods of weaving and braiding and accordingly software implements design in this art. The proposed method has advantages over others in the fact that the development of its own original software is minimized and existing systems are applied as much as possible.

Key words: composite materials, design, forecasting, mathematical modeling, software

Одной из тенденций развития промышленного производства является все более активное использование полимерных композиционных материалов (ПКМ). По данным руководителя Минпромторга Дениса Мантурова объем композиционных материалов к 2020 году может увеличиться в 10 раз. Исследования проводятся в области разработки и применения ПКМ в авиационной, космической, автомобильной, судостроительной и других отраслях, которые определяют важность развития отрасли. В связи с этим Правительство Российской Федерации утвердило государственную программу от 15 апреля 2014 года «Развития промышленности и повышения её конкурентоспособности», содержащую подпрограмму «Развития производства композиционных материалов (композитов) и изделий из них» [1]. Подпрограмма ставит своей целью формирование основы для создания и развития современной отрасли композиционных материалов.

Отдельными задачами подпрограммы являются: создание национальной композитной сети с развитой инфраструктурой отраслевых проблемно-ориентированных исследований и разработок, формирование центров компетенции по ключевым направлениям развития отрасли, а также национальной базы интеллектуальной собственности в области производства современных композиционных материалов

Главной тенденцией в разработке композитных материалов и изделий из них сегодня является переход от эмпирических методов проектирования к использованию компьютерного моделирования, позволяющего прогнозировать особенности и требования процессов производства, физико-механические свойства материала.

На сегодняшний день базовыми системами для проектирования композиционных материалов во многих передовых промышленных компаниях являются следующие системы: Digimat, ANSYS PrePost, WiseTex, Fibersim – программные комплексы для многоуровневого нелинейного моделирования материалов, осуществляющих разработку многокомпонентных материалов, в том числе ПКМ. С их помощью проводится инженерный анализ изделий, создаваемых из композиционных материалов, на основе конечно-элементного анализа.

Анализ задач, решаемых при автоматизированном проектировании новых ПКМ, позволил определить задачи и структуру компонентов разрабатываемого или применяемого программного обеспечения, представлено на рис. 1.

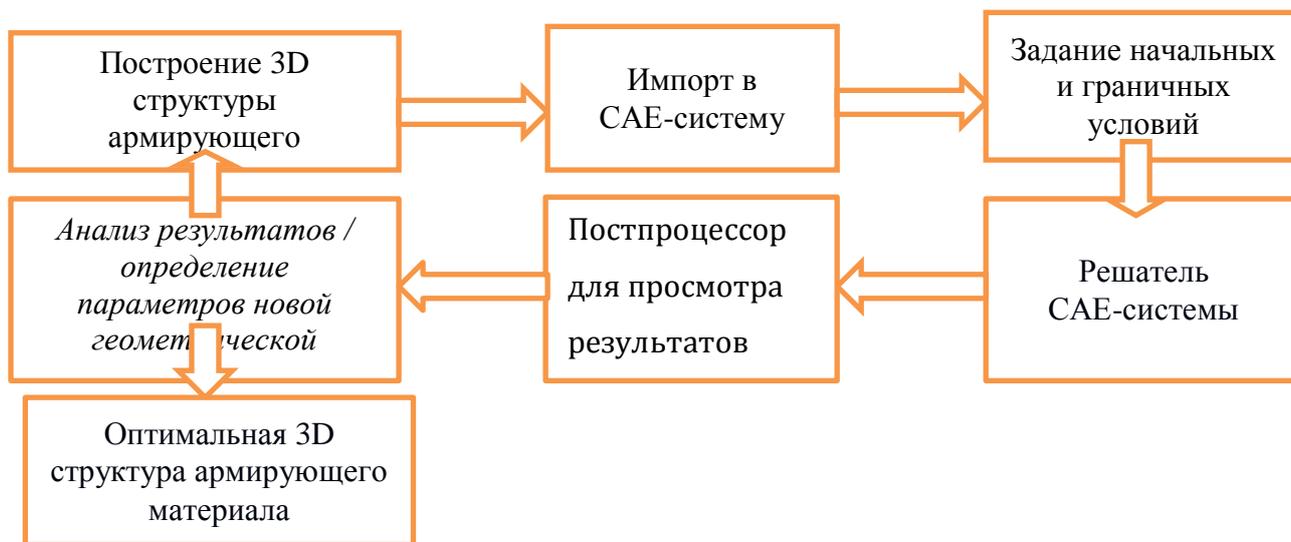


Рис.1 Укрупненная схема проектирования композиционного материала с выбором оптимальной 3D - структуры

Приведем последовательность шагов, которые необходимо выполнить при разработке нового композиционного материала, новизна которого определяется армирующей структурой:

1. Построение 3D - структуры посредством разработанной программы в CAD - системе путем задания параметров, которыми являются размеры и форма сечения армирующего волокна, схема и плотность укладки и т.д.
2. Полученная модель сохраняется и импортируется в CAE - систему ANSYS, позволяющей выполнить ее конечно-элементный анализ. Модель дорабатывается до реального композитного материала, включающего связующее. Такой подход позволяет экономично разработать собственное оригинальное программное обеспечение и эффективно использовать имеющееся.
3. Задаются параметры взаимодействия связующего и армирующего волокна, параметры физико-механических свойств составляющих композита, величины и вектора действующих сил, а также целевые параметры (напряжения разрыва, плотность, электромагнитная проницаемость, удельная теплоемкость, температуропроводность, эластичность и т.д.) и граничные условия для решения поставленной задачи.
4. Выполняется расчет с применением выбранной CAE - системы.
5. Производится анализ полученных результатов с использованием постпроцессора выбранной CAE системы.
6. Изменение входных параметров модели на основе вычисленного значения целевой функции. Применение алгоритмов поиска оптимального решения для функции многих переменных.
7. Получение оптимальной армирующей структуры.

Основным требованием такой системы является наличие достаточно больших вычислительных мощностей и применение кластерных решений.

Следует также отметить, что в нашей стране практически не используются системы автоматизированного проектирования ПКМ, а такие системы в настоящее время становятся базовыми в ведущих исследовательских центрах. Низкий уровень автоматизации в этой сфере приводит к более трудоемкому и длительному процессу проектирования ПКМ и изделий из них. Однако, в то же время, отечественные предприятия активно используют CAE-системы для инженерного анализа и оптимизации параметров изделий, что можно считать хорошей предпосылкой для последующего распространения системы автоматизированного проектирования ПКМ.

Автоматизированное проектирование ПКМ существенно сократит время на разработку, следовательно, и ее стоимость, позволит более широкому кругу машиностроителей применять в конструировании композитные материалы, задаст импульс созданию инструментария производства ПКМ. Преимуществом реализации такой концепции проектирования является и использование широко распространенных CAD и CAE систем.

Существует перспектива модификации данной программы: введение библиотеки материалов, существующих композитов, подключение или формирование глобальной базы данных по композиционным материалам, универсализация для проектирования различных структур, расширение списка целевых параметров.

Реализация таких подходов к проектированию позволит осуществить качественный скачок в развитии отрасли композиционных материалов и изделий из них и сформирует основу для создания и развития современной отрасли композиционных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление правительства Российской Федерации от 15 апреля 2014 года № 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности"». Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162176/?frame=1

REFERENCES

1. Resolution of the Government of the Russian Federation dated April 15, 2014 № 328 "On approval of the state program of the Russian Federation" The development of industry and increase its competitiveness". Electronic resource. Access: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162176/?frame=1

УДК 667.494.32.027

СПОСОБ КРАШЕНИЯ ХЛОПКО-ЛАВСАНОВОЙ ТКАНИ

WAY OF DYEING COTTON LAVSAN FABRICS

И.А. Набиева, М.Ш. Хасанова, М.М.Абдуллаев, М.М. Максудова
I. A. Nabiyeva I, M. Sh. Khasanova, M.M. Abdullayev, M.M.Maksudova

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности
Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон
Tashkent institute of textile and light industry
Uzbek scientific research institute of natural fibres
E-mail: margilon_shoyi@yahoo.com

Ассортимент текстильных и трикотажных изделий в значительной степени расширяется и совершенствуется за счет использования многокомпонентных смесей природных волокон с химическими. В настоящее время выпускаются ткани, трикотаж и пряжа из смеси хлопкового волокна с полиэфирным волокном. Для получения цвета одинаковой интенсивности на обеих составляющих смеси хлопколавсановой пряжи необходимо подбирать красильные составы и режимы крашения, обеспечивающие одинаковую фиксацию красителя на обеих компонентах смеси пряжи. В данной статье приводятся результаты изучения процесса крашения смеси пряжи дисперсными и прямыми красителями. Изучены влияния переменных факторов и последовательность введения химических реагентов и красителей в красильную ванну на качественные показатели окраски. Установлен оптимальный временно-температурный режим процесса крашения, позволяющий получить равномерные окраски с высокой интенсивностью окраски.

Ключевые слова: крашение, лавсан, интенсивность, равномерность, интенсификатор, хлопковое волокно, смесь пряжи, температура стеклования

The assortment of textile and knitted products are substantially and improved by using of multicomponent mixtures of natural fibers with the chemical. Fabrics, jersey and a yarn from a mix of a cotton fiber with chemical fibers. Nowadays fabrics, knitted – fabrics and from the mixture of cotton fiber polyester fiber are manufactured. It is necessary to choose dyeing compositions and dyeing mode, for obtaining the color of the same intensity on both components mixed cotton lavsan yarn, providing the same fixation of dyer on the both component of mixed yarn. In the article the results of the studying the dyeing process of mixed yarn with disperse and direct dyes are given. The influence of variable factors sequence of mixing the chemical reaction and dyeing both to the qualitative indexless of colors was researched. The optimal time-temperature mode dyeing process allowing to obtain the evenness coloring with high intensity of coloring was set.

Key words: dyeing, lavsan, intensity, uniformity, cotton fibre, mixed yarn, temperature glasses

Использование смесей волокон обеспечивает не только снижение расхода ценного природного сырья для получения изделий бытового и технического ассортимента, но и повышение их качества. Создание новых ассортиментов смесевых текстильных материалов является решением проблемы - расширения объема переработки хлопкового волокна в Республики, поставленной правительством перед текстильной промышленностью. Между

тем расширенное использование разнообразных смесей волокон требует применения специальной технологии облагораживания изделий из них.

Технология химической отделки изделий из смесей волокон формируется на основе закономерностей и условий, характерных для соответствующих изделий однокомпонентного состава. При создании технологических режимов обработки материалов из смеси волокон возникают трудности, обусловленные различием в строении и свойствах волокнистых составляющих. И это определяет необходимость совершенствования существующих и создание принципиально новых технологических процессов химической отделки.

До настоящего времени были проведены исследования и сделаны определенные заключения по разработки технологии колорирования смесовых текстильных материалов на основе волокон хлопка и нитрона [1], натурального шелка и нитрона [2] в различных соотношениях. Разработка технологии крашения материала, содержащего в составе не более 35% лавсана, рассчитанные к климату нашей республики является целью данного научного исследования. Процесс крашения смесовых материалов на основе хлопка – лавсана индивидуален и зависит, прежде всего, от природы полимера, количественно соотношения его в смеси и вытекающих отсюда условий крашения.

Для крашения лавсанового – полиэфирных волокон могут быть использованы дисперсные красители, для крашения хлопковых волокон – прямые, активные, кубовые и другие [3]. Поскольку при обычных способах крашения лавсановое волокно дисперсными красителями окрашивается только в светлые тона, большое распространение получили различные высокотемпературные способы крашения. С учетом, что разработанная технология будет внедряться в производства, нами был исследован процесс крашения смесевой пряжи при обычных условиях, которые используются в отделочных предприятиях Республики.

Процесс крашения проводилась с варьированием концентраций красителя, диспергатора, а также температуры крашения. При крашении исследуемых образцов прямыми и дисперсными красителями в обычных условиях (температура крашения до 100⁰С) были получены окраски светлого тона (K/S =7). Интенсивность окраски измеряли на спектроколориметре «Minolta». До температуры стеклования образцы почти не окрашивались. Как известно, с повышением температуры выше температуры стеклования в аморфных зонах полиэфирного волокна разрываются межмолекулярные связи. При этом сегменты макромолекул приобретают подвижность, за счет которой увеличивается свободный объем волокна, что облегчает проникновению красителя. Из приведенных экспериментов установлено что, повышение температуры крашения приводит к увеличению выбираемости красителя, но повышение температуры более 100⁰С затруднят технологического процесса.

С целью получения средних и темных тонов на пряжи в ванну добавляли переносчики (интенсификатор), обеспечивающие более полное окрашивание полиэфирных волокон. С увеличением концентрации интенсификатора в ванне интенсивность окраски увеличивается (до K/S =18). С увеличением интенсивности окраски параллельно увеличивается и неравномерность окраски (0,36%). Замена ионогенного ПАВ (Метаупон) на неионогенную (ОП-10) способствовало получению более ровных окрасок (0,05%), при этом интенсивность окраски несколько уменьшалось до K/S =15.

Экспериментами установлен, что концентрация красителя не влияет на светлоту (пряжа не является светящимся телом, поэтому вместо яркости использована термин светлота) и чистоту цвета. С повышением концентрации красителя интенсивность и неровнота окраски соответственно увеличивается. Сорбция дисперсного красителя образцами носит линейный характер до содержания красителя в красильной ванне 5 г/л. После концентрации 5 г/л интенсивность окраски почти не изменяется. В связи, с чем наилучшей концентрации красителя был выбран 5 г/л.

Образцы смесевой пряжи, имея темного тона, обладали меланжевым эффектом. С целью выяснения получения меланжевого эффекта, компонентов смесевой пряжи красили в

виде волокон в одной красильной ванне. При температуре 90⁰С обе волокнистые компоненты пряжи окрашиваются в одинаковые тона, интенсивность окраски K/S =12. С повышением температура до 100⁰С разнооттеночность волокон увеличивается. Это может быть связано с тем, что используемый прямой краситель разрушается при высоких температурах. В связи, с чем смесевую пряжу окрашивали дисперсным красителем при кипении, а прямого красителя вводили в красильную ванну на стадии ее охлаждения, при температуре около 90⁰С.

Далее изучалось влияние концентрации электролита на цветовые характеристики исследуемого образца. Крашение проводилось при изменении концентрации электролита (Na₂SO₄) с интервалом в 2%, начиная с 10 % до 20 % от массы окрашиваемого материала. Введение электролита в красильную ванну оказывает влияние на волокнистый материал и краситель. В присутствии электролита происходит сжатие двойного диффузионного слоя у поверхности хлопкового волокна, что облегчает приближение одноименно заряженных анионов красителей к отрицательно заряженной поверхности хлопкового волокна на расстояние, достаточное для возникновения сил взаимодействия между волокном и красителем. Такое поведение электролита способствует повышению субстантивности прямого красителя. С увеличением концентрации электролита в красильной ванне интенсивность окраски хлопкового волокна увеличивается, а полиэфирного волокна уменьшается. Это связано агрегацией дисперсного красителя, что затрудняет проникновение молекул (дисперсии) дисперсного красителя внутрь волокна. В связи с этим, электролит для полного окрашивания хлопкового волокна, не уменьшая интенсивности окраски полиэфирного волокна, ввели в красильную ванну, когда большая часть дисперсных красителей был уже поглощен лавсановым волокном.

Основываясь на вышеуказанные результаты для последующих исследований процесса крашения смесевой пряжи, был выбран следующий режим: крашение в растворе дисперсного красителя содержащего интенсификатора и ПАВ при кипении в течение 2 часов. Снижение температуры крашения до 85⁰С и введение в красильную ванну прямого красителя и щелочного агента, крашение при этой температуре 60 минут. Снижение температуры красильной ванны до 70⁰С и введение в красильную ванну электролита, крашение при этой температуре ещё 60 минут. Охлаждение красильной ванны и промывка сначала холодной, затем горячей водой.

ЛИТЕРАТУРА

1. К.Э.Эргашев, И.А. Набиева Крашение смесового трикотажа на основе хлопка и модифицированного волокна нитрон. Журнал Химические волокна. 2009- №5 с. 34-37.
2. А.А.Рафиков, И.А.Набиева ИК-спектроскопические исследования взаимодействия шелка-нитроновых волокон с компонентами отделочных композиций. Композиционные материалы Узбекский научно-технический и производственный журнал. 2012-.№3 с. 35-38.
3. Андросов В.Ф. Крашение синтетических волокон. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.-272с.

REFERENCES

1. K.E.Ergashev, I.A. Nabiyeva. Mixed fersey-fabric dyeing on the base of cotton and modified nitron fibre. Magazine chemical fibers. 2009- №5 s. 34-37.
2. A.A.Rafikov, I.A.Nabiyeva IK-spectroscopic studies of the interaction of silk nitron fibers with finishing composition components. Uzbekskiy nauchno-texnicheskij i proizvodstvenniy jurnal.[Composite materials]. 2012-. №3. s. 35-38.
3. Androsov V.F.[Dyeing of synthetic fibers. Moscow, » Light and food industry» Pubлю, 1984. 272 p.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ МАТЕРИНСКОЙ ПЛАТЫ ФОРМ ФАКТОРА АТХ

CONCEPTUAL APPROACH TO OPTIMIZE THE COOLING SYSTEM MOTHERBOARD FORM FACTOR АТХ

Д.П. Егоров, А.С. Зуев, Е.Е. Корочкина
D.P. Egorov, A.S. Zuev, E.E. Korochkina

Ивановский государственный политехнический университет
ОАО «ПСК» (Иваново)
Ivanovo State Polytechnical University
OJSC «PSK» (Ivanovo)

E-mail: ankorn-kshi@mail.ru, fmkee@yandex.ru, storment@mail.ru

Рассматривается метод жидкостного охлаждения материнской платы, погруженной в жидкостную среду, представляющую собой хорошо электроизолирующую, теплоотводящую и дугогасящую среду, а также среда, защищающая твердую изоляцию от проникновения в нее влаги и воздуха, что обеспечивает бесшумную, но при этом высокоэффективную работу компьютера, с оптимальным нагревом всех греющихся элементов платы. Конструкция данного типа охлаждения состоит из емкости с жидкостью и непосредственно материнской платы, погруженную в эту емкость с жидкостью. Для решения поставленной задачи данного проекта и анализа эффективности такой системы охлаждения, создана компьютерная 3d модель в программном комплексе SolidWorks, по средствам данного программного продукта в среде CosmosFloWorks и 3d модели проводятся исследования теплопередачи и переноса тепла от греющихся элементов, другими словами рассматривается отвод тепла с помощью жидкостной среды в системном блоке. На основании полученных данных мы можем судить об эффективности такого типа охлаждения.

Ключевые слова: оптимизация, жидкостное охлаждение, компьютерная модель, отвод тепла.

A method is considered liquid cooling motherboard immersed in liquid medium is a good electrically insulating, heat removal and arc quenching medium and medium solid insulation protects against the ingress of moisture and air, which provides quiet, but highly efficient operation of your computer, with the optimum heating elements all basking board. Construction of this type of cooling consists liquid containers directly motherboard immersed in this liquid container. To solve the problem of the project and analyze the effectiveness of this cooling system, developed a computer model in 3d software package SolidWorks, by means of the software product in an environment CosmosFloWorks and 3d models, studies of heat transfer and heat transfer from the heating elements, in other words considered carefully heat dissipation through liquid medium in the system unit. Based on these data, we can judge the effectiveness of this type of cooling.

Keywords: optimization, water cooling computer model, the heat.

На сегодняшний день компьютерная техника динамично развивается, и основной проблемой с которой сталкивается научно технический прогресс - это постоянный нагрев и в некоторых случаях, перегрев компонентов радиоэлектронных схем. В связи с этим стремительным развитием радиоэлектронной аппаратуры, встает острая необходимость в эффективных системах охлаждения.

Ни для кого не секрет, что высокое быстродействие современных компьютеров имеет свою цену: они потребляет огромную мощность, которая рассеивается в виде тепла. Основные элементы компьютера — центральный процессор, графический процессор — требуют собственных систем охлаждения. Перегрев - это основной критический показатель для технологического прогресса в частности компьютерных технологий. Технологии систем охлаждения объединяют методы получения, способы и средства измерения различных температур; приборы и оборудование, реализующие эти методы; системы управления

температурными процессами. Направление в области систем компьютерного охлаждения является на сегодняшний день очень востребованной.[1]

Большинство компьютеров оборудуется охлаждением по принципу минимизации стоимости: устанавливается один-два шумных корпусных вентилятора, процессор оборудуется штатной системой охлаждения. Такой подход к охлаждению получается достаточно дешёвым, но очень шумным и достаточным для выполнения не сложных процессов. Существует несколько методов повышения эффективности охлаждения — сложные технические решения: системы на базе элементов Пельтье, жидкостное охлаждение, специальный алюминиевый корпус компьютера, который рассеивает тепло по всей своей поверхности. Системы жидкостного охлаждения позволяют эффективно отводить тепло от теплосъёмников, но также требуют больших радиаторов для рассеивания этого тепла. [2]

Разработка надежных и эффективных систем охлаждения управляющих процессоров для оборудования и компьютеров является актуальной задачей в данный момент.

В качестве объекта исследования выбрана материнская плата форм фактора ATX со всем навесным оборудованием. Центральный процессор - главная часть аппаратного обеспечения компьютера, обладает самыми высокими температурными режимами от 30 до 80 °С. Северный мост - это системный контроллер, являющийся одним из элементов чипсета материнской платы, отвечающий за работу с оперативной памятью (RAM), видеоадаптером и процессором (CPU). Южный мост - это функциональный контроллер ввода-вывода. Отвечает за так называемые "медленные" операции.

Поскольку проблема охлаждения элементов с повышенным теплоизлучением на сегодняшний день является очень актуальной, мы решили пройти все этапы этой проблемы, от получения информации о перегреве до комплексного решения задачи охлаждения. Нами разработан аппаратно-программный комплекс для определения температур элементов электронных плат с внутренними источниками теплоты такие как - центральный процессор, северный и южный мосты, которые имеют сложную форму [3].

Данное устройство позволяет проводить анализ перегревов оборудования в зависимости от загрузки процессора на счет. Обработка полученных данных и вывод графиков изменения температур в зависимости от сложности выполнения задач.

Аппаратно-программный комплекс состоит из следующих компонентов:

- Цифровые температурные датчики (DS18S20) с прямым преобразованием сигнала в цифровую форму не требуют дополнительных аналого-цифровых преобразователей и имеют точность от $\pm 0,5$ °С до $\pm 2,5$ °С, гарантированную в широком диапазоне температур и уровней напряжения источника питания. Они могут работать в температурном диапазоне от -50 °С до +125 °С.

- Arduino – это инструмент для проектирования электронных устройств (электронный конструктор) более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, чем стандартные персональные компьютеры, которые фактически не выходят за рамки виртуальности. Это платформа, предназначенная для «physical computing» с открытым программным кодом, построенная на простой печатной плате с современной средой для написания программного обеспечения. Arduino применяется для создания электронных устройств с возможностью приема сигналов от различных цифровых и аналоговых датчиков, которые могут быть подключены к нему, и управления различными исполнительными устройствами. Проекты устройств, основанные на Arduino, могут работать самостоятельно или взаимодействовать с программным обеспечением на компьютере.

- Програмное обеспечение, позволяет выполнять операции поиска датчиков температуры, обрабатывать полученные ими данные о температуре в десятичном коде, после чего передавать эти данные на обработку для вывода показаний в градусах °С. Программный продукт может опрашивать датчики преобразовывать их сигнал и выводить на дисплей их показания в градусах, °С.

- Персональный компьютер, с помощью которого осуществляется координация всех элементов комплекса.

Таким образом аппаратно-программный комплекс позволят наглядно следить за изменениями температуры в местах где установлены датчики, данные об изменении температуры мы наблюдаем в таблице, а так же на графике как показано на рис1.

Таблица 1

Таблица вывода полученных данных с датчиков

Время, сек	1 Temperature:°C	2 Temperature:°C	3 Temperature:°C	4 Temperature:°C
1	16.56	16.81	16.87	16.43
2	16.56	16.81	16.93	16.43
3	16.56	16.87	16.93	16.43
4	16.56	16.87	16.93	16.43
5	16.56	16.87	17.00	16.50

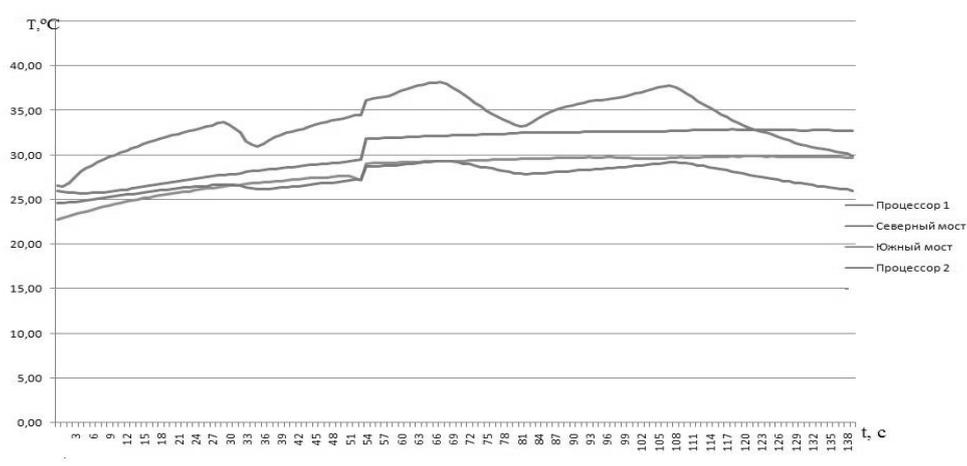


Рис. 1 Динамика изменения температур элементов платы.

Сейчас использование жидкостного охлаждения в приборостроении приобретает растущий характер. Преимущества жидкостного охлаждения очевидны - это его высокая эффективность и небольшие размеры. При значительных отводимых мощностях, когда необходимо использовать большие массогабаритные радиаторы для воздушного охлаждения, а также мощные высокооборотные вентиляторы, жидкостное охлаждение является актуальным. Габариты изделия его вес могут быть значительно снижены.

Нами был разработан жидкостный радиатор. Устройство позволяет эффективно охлаждать управляющие процессоры путем увеличения площади контакта между жидкостью и стенками пластины [4]. Для этого устройство содержит пластину теплообмена, с расположенными на ней медными ребрами с выступами, крышку, в которой организованы вход и выход теплоносителя, при этом медные ребра расположены по диагонали с шагом 6-7 мм, а по периметр выступов выполнен шероховатым для дополнительной турбулизации потока жидкости. Эффективность была повышена по сравнению с радиатором без дополнительных ребер на 4.4%. на данный жидкостный радиатор, на данную поверхность был получен патент на полезную модель. Структурная схема системы показана на рис. 2.

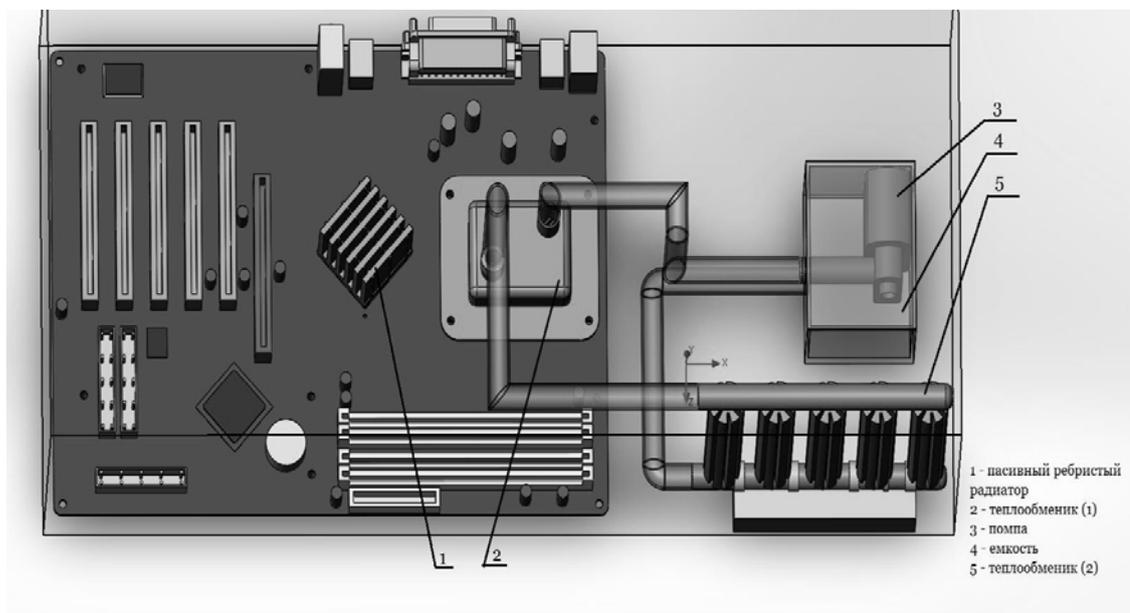


Рис. 2 Система жидкостного охлаждения

В системе водяного охлаждения компьютера тепло вырабатываемое тепловыделяющим элементом, передается воде через специальный теплообменник (1) (ватерблок). Нагретая жидкость переносится в следующий теплообменник (2) в котором тепло из воды передается воздуху. Движению воды в системе осуществляется с помощью специальной помпы.

Температура окружающей среды 30 градусов по Цельсию, жидкость в резервуаре с водой тоже. Пройдя через теплообменник 1 температура жидкости повысится до 49.1 градуса, пройдя через теплообменник 2 она охладится до 37.3 градусов. И пройдя через помпу вновь попадает в теплообменник 1 и снова забирает теплоту от процессора.

В итоге разность температур между процессором и радиатором составляет 54.3 градуса. Что допустимо технологическим требованиям работы процессора. В теплообменнике 1 применена разработанная нами и запатентованная поверхность теплообмена [5]. Данная поверхность позволяет улучшить условия теплоотвода за счет введения дополнительных ребер и шероховатости.

При использовании разработанной нами жидкостной системы охлаждения, срок жизни процессора увеличивается на 4.1% согласно приведенному расчету для процессоров типа Интел кор. Мы создали достаточно эффективную систему охлаждения которая позволяет отказаться от кулеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геращенко А.А., Каравайков В.М. Моделирование энергетических затрат в текстильной промышленности. - Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 4, 2012 г.- с.166-172.
2. Корнилов М.А., Корочкина Е.Е. Моделирование теплового режима микропроцессорной аппаратуры тканепечатного агрегата. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 2, 2013 г., с.135-139.
3. Бекаревич А.А. Тепловой контроль деталей сложной валковых машин отделочного производства. - Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 4, 2013 г., с. 136-140.
4. Лыков А.В. Теория теплопроводности. - М: Высшая школа, 1967 г. – 600 с.
5. Патент РФ на полезную модель №121915, 10.11.2012. Зуев А.С., Корнилов М.А., Корочкина Е.Е., Калинин Е.Н.//2012118178; Заявл.03.05.2012.

REFERENCES

1. Gerashchenko A.A., Karavaikov V.M. Modelling of Power Expenses in Textile Industry. - Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. - № 4, 2012, p. 166-172.
2. Kornilov M.A., Korochkina E.E. Modeling of Heating Rate of Electronic Apparatus of a Tissue-Print Unit. - Modelling of Power Expenses in Textile Industry. - Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. - № 2, 2013, p. 135-139.
3. Bekarevich A.A. Thermal Control of Complex Form Part of Roiler Finishing Machines. - Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. - № 4, 2013, p. 136-140.
4. AV Lykov The theory of heat conduction. - M: High School, 1967 - 600 p.
5. RF patent for utility model №121915, 10.11.2012. Zuev AS, Kornilov MA, Korochkina EE, Kalinin EH. // 2012118178; . Zayavl. 03.05.2012.

УДК 691.32:620.193:66.021.3

НЕКОТОРЫЕ АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ БЕТОНА В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ

SOME CURRENT ISSUES OF CORROSION OF CONCRETE IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS

В.Е. Румянцева, В.С. Коновалова, Н.С. Касьяненко, Ю.В. Манохина
V.E. Roumyantseva, V.S. Konovalova, N.S. Kasiyanenko, Yu.V. Manohina

Ивановский государственный политехнический университет
ОО «Научно-исследовательский институт охраны труда в г. Иваново»

Ivanovo State Polytechnical University

OLLC «Scientific-research Institute of labor protection in Ivanovo»

E-mail: varrym@gmail.com , kotprotiv@yandex.ru , kasiyanenko@gmail.com , manokh@inbox.ru

Не снижающийся интерес к защите от коррозии бетонных и железобетонных конструкций в строительстве обуславливает необходимость в изучении коррозионных процессов бетона в агрессивных средах для разработки практических рекомендаций по более рациональной эксплуатации бетонных и железобетонных конструкций. Проведены экспериментальные исследования жидкостной коррозии бетонов II вида. На практике важным случаем является коррозия в условиях ограниченного объема жидкой среды. В ходе экспериментальных исследований кинетики химической реакции получена графическая зависимость изменения концентрации агрессивного компонента в объеме жидкой фазы во времени. Рассмотрен процесс массопереноса переносимого компонента («свободного гидроксида кальция») с учетом химического взаимодействия его с реакционной средой до наступления момента разложения высокоосновных составляющих цементного камня. Получены данные о концентрации «свободного гидроксида кальция» в поровом пространстве бетона и в агрессивном растворе, необходимые для расчета коэффициентов массопереноса, констант скорости химических реакций и константы равновесия Генри для определенной агрессивной среды по разработанной модели. Проведенные исследования являются отправной точкой глубокого изучения процессов коррозии бетона второго вида.

Ключевые слова: процессы коррозии бетона II вида, агрессивная среда, математическое моделирование, массоперенос

Not declining interest to the corrosion protection of concrete and reinforced concrete structures in construction necessitates to study the corrosion processes of concrete in aggressive environments to develop practical recommendations for a more rational exploitation of concrete and reinforced concrete structures. Experimental studies of liquid corrosion of concrete of the II type were held. In practice, a very important case is corrosion in the limited volume of the liquid medium. In experimental studies of the kinetics of the chemical

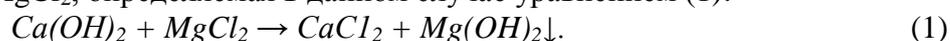
reaction graphical dependence of the change of concentration of the aggressive component in the volume of the liquid phase in time was obtained. The process of mass transfer of the portable component (“free calcium hydroxide”) with regard to its chemical interaction with the reaction medium prior to the date of the decomposition of high-basic components of cement stone was considered. Data about the concentration of “free calcium hydroxide” in the pore space of concrete and in the aggressive solution, which is necessary for the calculation of mass transfer coefficients, rate constants of chemical reaction and the Henry's law constant of equilibrium for a specific corrosive environment by the developed model, were obtained. The conducted researches are the starting point for an in-depth study of the processes of corrosion of concrete of the second type.

Key words: corrosion processes of concrete of the ii type, corrosive environment, mathematical modeling, mass transfer

К настоящему времени в строительном материаловедении накоплен большой объем научных данных о коррозионных процессах, протекающих в бетонах: установлены и исследованы принципиальные схемы химических реакций; даны математические описания некоторых коррозионных процессов; создана система нормативных документов по борьбе с коррозией бетона в строительстве. Однако методы математического моделирования, базирующиеся на законах массопереноса, при исследовании процессов коррозии бетона еще не достаточно широко применяются на практике, хотя их преимущества очевидны.

Принято считать, что к процессам коррозии бетонов второго вида относится взаимодействие гидроксида кальция с солями ($MgCl_2$, $MgSO_4$), растворенными в природных речных, морских и почвенных водах [1].

При введении в контакт жидкой и твердой фаз начинается реакция взаимодействия гидроксида кальция и, $MgCl_2$, определяемая в данном случае уравнением (1):



Реакция сопровождается взаимной диффузией: «свободного гидроксида кальция» к границе с жидкостью из внутренних слоев и агрессивного компонента ($MgCl_2$) из жидкой фазы внутрь твердого тела. Продуктом реакции является малорастворимый, аморфный $Mg(OH)_2$ ($PP=1,2 \cdot 10^{-11}$), который выпадает в осадок и частично коагулирует поры бетона. Порядок для этой реакции рассчитан из данных, полученных экспериментальным путем и равен двум.

«Свободный гидроксид кальция» (B_T) взаимодействует с агрессивным компонентом ($A_{жс} - MgCl_2$), в результате на поверхности бетона образуется твердая фаза (F_T) – слой не растворимого продукта реакции, а Ca^{2+} переходит в жидкую фазу, далее механизм усложняется [2, 3], появляется стадия диффузии реагента $A_{жс}$ через слой нерастворимого продукта (F_T), а граница реакции продвигается вглубь материала.

Между тем, первой и важнейшей особенностью массопереноса в процессах жидкостной коррозии, является фактор времени. Процессы химической технологии протекают порой за секунды, максимум за часы. Коррозионные же процессы делятся месяцами, годами; часто оставаясь незаметными внешне, и лишь через годы, а то и десятилетия наступает необратимое разрушение и обвал конструкций.

На начальном этапе рассмотрения процессов коррозии II вида целесообразно полагать развитие по диффузионно-кинетическому механизму: диффузия Ca^{2+} посредством массопроводности из материала изделия к границе раздела фаз, диффузия компонента ($A_{жс}$) из объема к границе раздела фаз и химическое (кинетическое) взаимодействие компонентов в пограничном слое.

Диффузионные процессы в бетонах протекают с малой интенсивностью, их продолжительность определяется годами, а порой и десятилетиями. Поэтому, для рассматриваемой системы «свободный гидроксид кальция – агрессивный компонент» уравнения массопереноса для «свободного гидроксида кальция» могут быть записаны в виде следующей краевой задачи [4]:

$$\frac{\partial C(x, \tau)}{\partial \tau} = k \cdot \frac{\partial^2 C(x, \tau)}{\partial x^2} + \frac{q_v(x)}{\rho_\delta} \quad \tau \geq 0, 0 \leq x \leq \delta, \quad (2)$$

$$\tilde{N}(x, \tau) \Big|_{\tau=0} = C_0(x), \quad (3)$$

$$\frac{\partial C(x, \tau)}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, \quad (4)$$

$$-k\rho_\delta \frac{\partial C(x, \tau)}{\partial x} \Big|_{x=\delta} = q_i. \quad (5)$$

Здесь: $C(x, \tau)$ – концентрация «свободного гидроксида кальция» в бетоне в момент времени τ в произвольной точке с координатой x , в пересчете на CaO, кг CaO/кг бетона; $C_0(x)$ – концентрация «свободного гидроксида кальция» в бетоне в начальный момент времени в произвольной точке с координатой x , в пересчете на CaO, кг CaO/кг бетона; k – коэффициент массопроводности в твердой фазе, м²/с; δ – толщина стенки конструкции, м; x – координата, м; τ – время, с; $q_v(x)$ – источник массы вещества в результате химической реакции, кг/(м³·с); q_i – плотность потока массы вещества из бетона в жидкую среду, кг/(м²·с); ρ_δ – плотность бетона, кг/м³.

Уравнение (2) является дифференциальным уравнением параболического типа в частных производных. Начальное условие (3) показывает, что в момент времени, принимаемый за начало отсчета, концентрация переносимого компонента («свободного гидроксида кальция»), имеет распределение по толщине бетонной конструкции. Граничное условие (4) является условием не проникания на внешней границе конструкции. Граничное условие (5), являющееся условием второго рода, показывает, что на границе конструкции с жидкой средой существует массообмен между твердой и жидкой фазами.

В ходе экспериментальных исследований кинетики химической реакции получена графическая зависимость изменения концентрации агрессивного компонента в объеме жидкой фазы во времени (рисунок 1). Была специально разработана программа для определения коэффициента массоотдачи – β (м/с).

Константа скорости химической реакции – K (с⁻¹) была найдена как тангенс угла наклона прямой (рисунок 2 (а)), построенной в координатах обратной величины концентрации от времени, методом анаморфоза [5]. На рисунке 2 (б) видно, что в начальные моменты времени кинетическая кривая относительной концентрации $C(\tau)/C_0(\tau)$ исходного вещества в реакции второго порядка будет быстро уменьшаться.

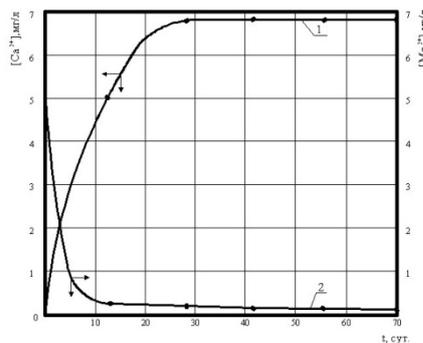


Рис. 1 Изменение концентрации ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} в жидкой фазе:
1 – Ca^{2+} в растворе MgCl_2 ; 2 – Mg^{2+} в жидкой фазе.

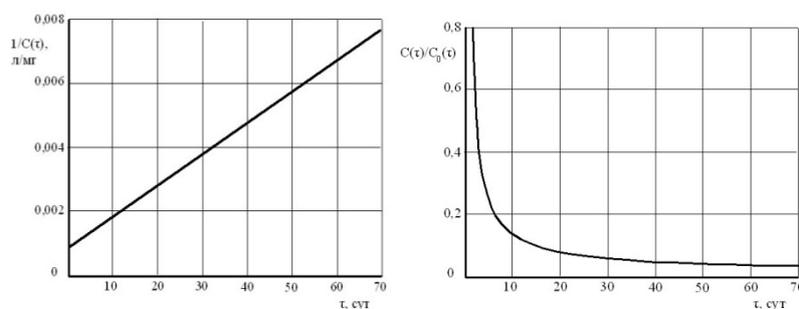


Рис. 2 Кинетическая прямая (а) и кривая (б) реакции (1)

Экспериментально и теоретически показано, что для цементных бетонов продолжительность начального периода коррозии второго вида при воздействии 2% водного раствора $MgCl_2$ составит порядка 2,8 лет с момента пуска конструкции в эксплуатацию до критической концентрации гидроксида кальция (1,1 г/л) в порах бетона, при которой начинается разложение высокоосновных составляющих цементного камня.

При теоретических и экспериментальных исследованиях установлены значения коэффициентов массопроводности и массоотдачи. Показано, что для рассматриваемой системы значение коэффициента массопроводности находится в диапазоне $2,52 \cdot 10^{-9}$ – $1,25 \cdot 10^{-10}$ (м²/с), коэффициент массоотдачи в жидкой фазе – $0,97 \cdot 10^{-8}$ – $1,24 \cdot 10^{-9}$ (м/с).

Общность математического описания позволяет распространить разработанную математическую модель и предложенный метод расчета на другие виды бетонов с учетом, определяемых экспериментально зависимостей коэффициентов массопереноса от структуры и состава бетонов, а также от состава и концентрации агрессивных сред.

Проведенные исследования являются отправной точкой глубокого изучения процессов коррозии бетона второго вида. В настоящий момент рассмотрен процесс массопереноса переносимого компонента («свободного гидроксида кальция») с учетом химического взаимодействия его с реакционной средой, до наступления момента разложения высокоосновных составляющих цементного камня [6]. Так же определены данные о концентрации «свободного гидроксида кальция» в поровом пространстве бетона и в агрессивном растворе, необходимые для расчета коэффициентов массопереноса, констант скорости химической реакций и константы равновесия Генри для определенной агрессивной среды по разработанной модели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Москвин, В.М. Коррозия бетона / В.М. Москвин. М.: Госстройиздат, 1952. 342 с.
2. Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости. – М.: Изд. ФГУП ЦПП, 2006. – 520 с.
3. Гусев Б.В., Файвусович А.С. Основы математической теории процессов коррозии бетона. – М.: Научный мир, 2006. – 40 с.
4. Федосов, С.В. Математическое моделирование массопереноса в процессах коррозии бетона второго вида / С.В. Федосов, В.Е. Румянцева, Н.С. Касьяненко // «Строительные материалы» . – 2008. – № 7. – С. 35 – 39.
5. Красноперов Л.Н. Химическая кинетика. Учебн. пособие. – Новосиб. ун-т: Новосибирск. – 1988. – 92 с.
6. Федосов С.В., Акулова М.В., Зиновьева Е.В. Влияние механоактивации на структурную модификацию полимерно-неорганических водных композиций // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. - 2014. - №6 (354). - С. 130 - 133.

REFERENCES

1. Moskvina, V. M. Corrosion of concrete / V.M. Moskvina. M: Gosstroyizdat, 1952. 342 p.
2. Rosenthal N.K. The corrosion resistance of cement concretes of low and very low permeability. – M.: Izd. FSUE CDP, 2006. – 520 p.
3. Gusev B. V., Fayyusovich A. S. Fundamentals of the mathematical theory of corrosion processes of concrete. – M.: Scientific world, 2006. – 40 p.
4. Fedosov, S. V. Mathematical modeling of mass transfer in the processes of corrosion of concrete of the second type / S. V. Fedosov, V. E. Roumyantseva, N.S. Kasyanenko // "Construction materials" . – 2008. – № 7. – pp. 35 – 39.
5. Krasnoperov, L. N. Chemical kinetics. Training allowance. – Novosibirsk University: Novosibirsk. – 1988. 92 p.
6. Fedosov S. V., Akulova M. V., Zinovieva, E. V. The influence of mechanical activation on the structural modification of polymer-inorganic aqueous compositions // Proceeding of higher education institutions. Textile Industry Technology. - 2014. - №6 (354). - pp. 130 - 133.

УДК 666.972.1:666.9.017

О МЕХАНИЗМЕ ПЛАСТИФИКАЦИИ В ЦЕМЕНТНО-ВОДНЫХ СИСТЕМАХ НА АКТИВИРОВАННОМ ЗАТВОРИТЕЛЕ

ABOUT MECHANISM OF PLASTICIZATION IN CEMENT-WATER SYSTEM MIXED BY ACTIVATED SEALER

С.В. Федосов, М.В. Акулова, Т.Е. Слизнева
S.V. Fedosov, M.V. Akulova, T.Ye. Slizneva

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo state polytechnic university

E-mail: fedosov-academic53@mail.ru; m_akulova@mail.ru; tatjanaslizneva@mail.ru

Улучшение удобоукладываемости бетонной смеси и сохранение ее подвижности традиционно достигается введением пластифицирующих добавок, в частности суперпластификатора С-3. С целью устранения замедления гидратации на начальном этапе была проведена механомагнитная активация воды затворения с добавкой. В результате эффективность добавки увеличилась в 200 раз. В статье описан возможный механизм пластификации бетонной смеси, приготовленной на активированном затворителе. Такой затворитель действует в два этапа. На первом этапе эффект пластификации достигается за счет утолщения сольватных оболочек цементных частиц. На втором этапе функциональные группы добавки вытесняют адсорбированную часть воды в объем раствора, и пластификация осуществляется по обычному механизму. Таким образом, гидратация цемента, затворенного активированным раствором пластифицирующей добавки протекает более полно и без замедления на начальном этапе.

Ключевые слова: цемент, пластифицирующая добавка, механомагнитная активация, эффективность, механизм пластификации

Traditionally plasticizers specifically super plasticizer S-3 is used to improve workability and to reserve the mobility of concrete mix. The mechanic and magnetic activation of water with admixture was performed to eliminate retardation of hydration at the incipient stage. In the issue efficiency of admixture increased in 200 times. Probable mechanism of plasticizing of concrete mix tempering by activation sealer is described in this paper. Present sealer influence two-stage. At the first stage plasticizing effect can be reached by thickened solvate sheath of cement particles. At the second stage functional groups of admixture exclude (displace) portion of water into solution volume and conventional mechanism implement the plasticizing. Thus the more completed hydration of cement mixed by activated plasticizer solution occurs without retardation at the first stage.

Keywords: cement, plasticizer, mechanic and magnetic activation, efficiency, mechanism of plasticizing

При проведении бетоонных работ большое значение имеет такой важный показатель качества бетонной смеси, как удобоукладываемость, для обеспечения которой, как правило, используются химические добавки пластифицирующего типа, относящиеся к поверхностноактивным веществам (ПАВ). Среди отечественных добавок данного класса наибольшее распространение получили пластификаторы, разработанные на основе нафталинформальдегидной и меламинформальдегидной смол. Однако применение пластификаторов может привести к нежелательным последствиям, связанным с замедлением гидратации на начальном этапе, которое может привести к расслаиванию цементных систем. В этой связи актуальной становится задача сокращения количества вводимой в бетон пластифицирующей добавки.

Изменение свойств цементных систем обусловлено наличием в молекуле ПАВ реакционной (функциональной) группы и гидрофобного радикала. Действие пластификаторов связано с адсорбцией функциональных групп на поверхности гидратных новообразований и создании своеобразной смазки в виде прослоек между частицами дисперсной фазы. Реологические свойства дисперсной системы – цементной пасты или бетонной смеси – в значительной степени определяются наличием и качеством прослоек между ее частицами. Поскольку прослойки среды в местах контактов играют роль смазки, облегчающей перемещения твердых частичек друг относительно друга и обеспечивающей подвижность дисперсной системы, то изменяя толщину этих прослоек с помощью пластификаторов, можно регулировать реологические свойства цементной системы. По мере гидратации происходит связывание воды и переход ее в «пленочное» состояние [1], в результате возникают стесненные условия, когда сольватные оболочки гидратированных частиц цемента перекрываются, образуя более тесные кристаллизационные контакты.

Введение пластификаторов – это самый распространенный, но не единственный способ влияния на реологию смеси. Важным фактором, определяющим прочность кристаллизационных контактов, помимо водоцементного отношения, состава и тонкости помола цемента, является состояние затворителя, определяемое наличием посторонних ионов или молекул, а также внешними воздействиями. Так, использование омагниченной воды для затворения цементного теста обеспечивает повышение пластической прочности до 15%, а совместная механическая и магнитная обработка увеличивает сохранение подвижности бетонной смеси [2,6].

Проведенные ранее исследования показали, что применение механомагнитной активации (ММА) воды затворения с добавлением суперпластификатора С-3 позволило снизить количество добавки до 200 раз без потери прочности цементного камня [3]. Кроме того, бетонная смесь, состав которой содержал С-3 в количестве 0,005 % от массы цемента, отличалась высокой степенью сохранения подвижности, сравнимой с подвижностью смеси, затворенной на неактивированной воде с количеством С-3 1 % от массы цемента.

Суперпластификатор С-3 представляет собой синтетическое соединение – сульфированный нафталинформальдегид, структурная формула которого имеет вид:

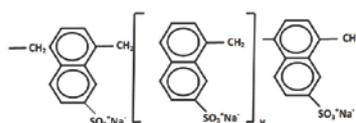


Рис. 1

В основе механизма действия лежат два эффекта: электростатическое и стерическое отталкивание. Проведенные Юхневским [4] квантовохимические расчеты показали, что в системе «трехкальциевый силикат – вода – добавка суперпластификатора С-3» энергия связи

иона кальция с кислородом первой молекулы воды составила 220 кДж/моль, дальнейшая гидратация поверхности алита происходила с уменьшением энергии связывания – для четвертой молекулы она составляла 160 кДж/моль. В то время как энергия связи иона кальция с функциональной сульфогруппой составила 540 кДж/моль, что существенно выше аналогичных величин для двух молекул воды. Данным различием автор [4] объясняет эффект вытеснения воды из сольватной оболочки гидратированной частицы трехкальцевого силиката. Дальнейшие расчеты показали, что не все сульфогруппы связываются с поверхностью C_3S . Отдельные сегменты молекул оказываются ориентированными в объем жидкой фазы. Оставшиеся свободными сульфогруппы, создавая дополнительный отрицательный заряд, одноименный с поверхностным зарядом частиц алита, усиливают пластифицирующий эффект за счет электростатического взаимодействия. Стерический эффект действия добавки связывают с увеличением радиуса взаимодействия частиц в присутствии поверхностно-активных веществ с 10 нм до 100 нм [5].

В результате ММА изменяется внутренняя энергия воды, происходит глубокая перестройка сетки водородных связей, уменьшаются размеры низкоэнергетических кластероподобных ассоциатов, появляется большое количество льдоподобных структур, аналогичных тем, которые возникают при введении в воду электролитов, повышающих структурную температуру раствора. Под действием магнитного поля льдоподобные структуры приобретают определенную пространственную ориентацию. Активированная вода быстрее адсорбируется на поверхности цементной частицы, в раствор поступают ионы кальция, окруженные плотными и «утолщенными» сольватными оболочками. Именно эти оболочки и обеспечивают пластифицирующий эффект на начальном этапе гидратации. По мере образования гидратов в действие вступают функциональные группы пластификатора, также подвергшегося механомагнитной обработке в составе затворителя, в результате которой, согласно данным исследований методом динамического светового рассеяния, в воде образуется некоторое количество наноразмерных частиц. В дальнейшем твердение цементной системы происходит по стандартной схеме, но действие уменьшенного количества пластификатора продолжается меньшее время.

Таким образом, действие ММА раствора С-3 происходит в два этапа: на первом этапе пластификация достигается за счет увеличения толщины и плотности сольватных оболочек гидратных новообразований, а на втором – за счет действия самого пластификатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сычев, М.М. Твердение цементов / М.М. Сычев. - Л.: ЛТИ, 1981. - 65 с.
2. Федосов С.В., Акулова М.В., Слизнева Т.Е., Падохин В.А. Механомагнитная активация водных растворов С-3 методом планирования эксперимента // Науч. Вестник ВГАСУ, Строительство и архитектура.-Вып. № 1(17), 2010–С. 112-118
3. Федосов С.В. Влияние механомагнитоактивированных (ММА) водных систем с органическими добавками на технологические свойства мелкозернистого бетона / С.В. Федосов, М.В. Акулова, М.В. Касаткин, В.И. Касаткина, Т.Е. Слизнева // Информационная среда вуза: Материалы XVIII Междунар. науч.-техн. конф. – Иваново: ИГАСУ, 2011. С.474-478
4. Юхневский П.И. Квантовохимические расчеты свойств молекул пластифицирующих добавок С-3 и ЛСТ в зависимости от степени поликонденсации / П.И. Юхневский, В.М. Зеленковский // Сб. тр. II Междунар. симпоз. «Проблемы современного бетона и железобетона» Ч. 2 Технология бетона. – Минск: Минсктиппроект, 2009. С. 439-447
5. Uchikawa H. Influence of characteristics of sulfonic acid-bases admixtures on interactive force between cement particles and fluidity of cement paste / H. Uchikawa, Sh. Hanehara // ACI SP 173. – 1997. – P. 23-34

6. Федосов С.В., Акулова М.В., Зиновьева Е.В. Влияние механоактивации на структурную модификацию полимерно-неорганических водных композиций // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - № 6 (354). 2014.-С. 130-133.

REFERENCES

1. Sychev M.M. Tverdenie tsementov [Hardening of cements]. Leningrad: LTI. 1981. 65 p.
2. Fedosov S.V., Akulova M.V., Slizneva T.Ye., Padokhin V.A. Mechanomagnetic activation of water solution of S-3 by the designing an experiment method [Mekhanomagnitnaya aktivatsiya vodnykh rastvorov C-3 metodom planirovaniya eksperimenta] // Scientific bulletin of VSABU. Building and architecture [Nauchnyi Vestnik VGASU. Stroitel'stvo I arkhitektura]. No 1. 2010. pp. 112-118. (in Russian).
3. Fedosov S.V., Akulova M.V., Kasatkin M.V., Kasatkina V.I., Slizneva T.Ye. The effect of mehana and magnetic activated water systems with organic admixtures to processing characteristics of fine-grained concrete [Vliyaniye mekhanomagnitoaktivirovannykh (MMA) vodnykh sistem s organicheskimi dobavkami na svoystva melkozernistogo betona]. // Informational medium of institute of higher education: Materials of XVIII International Scientific and Technical Conference. Ivanovo: IGASU.2011. pp. 474-478. (in Russian).
4. Yuchnevskiy P.I. Zelenkovskiy V.M. Quantum-chemical computations of behaviors of plasticizing admixtures S-3 and LST molecules subject to polycondensation degree [Kvantovokhimicheskiye raschyety svoystv molekul plastifitsiruyushchikh dobavok v zavisimosti ot stepeni polikondensatsii] // II International Symposium «Problems of present concrete and ferroconcrete». Part 2. The technology of concrete. Minsk: Minsktipproekt. 2009. pp. 439-447. (in Russian).
5. Uchikawa H. Influence of characteristics of sulfonic acid-bases admixtures on interactive force between cement particles and fluidity of cement paste / H. Uchikawa, Sh. Hanehara // ACI SP 173. – 1997. – P. 23-34.
6. Fedosov S.V., Akulova M.V., Zinovyeva E.V. The influence of mechanical activation on structural updating of polymeric and inorganic water compositions // Proceedings of higher educational establishments. Technology textile industry. - № 6 (354). 2014.-P. 130-133.

УДК 691.193.4:66.021.3/4

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕНОСА ПРИ КОРРОЗИИ БЕТОНА

EXPERIMENTALLY STUDY THE DYNAMICS THE DIFFUSION PROCESS OF MASS-TRANSFER IN CORROSION OF CONCRETE

С.В. Федосов, В.Е. Румянцева, И.В. Красильников
S.V. Fedosov, V.E. Rumiantseva, I.V. Krasilnikov

Ивановский государственный политехнический университет

Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: fedosovacademic53@mail.ru; korasb@mail.ru

Представлена методика экспериментального исследования массопереноса при жидкостной коррозии цементных бетонов. Рассмотрено несколько возможных вариантов аналитического уравнения, характеризующих динамику изменения концентраций гидроксида кальция по толщине образца. Получены выражения, для определения коэффициентов математического описания динамики

изменения концентраций гидроксида кальция по толщине образца. Проведен графический анализ полученных функций распределения.

Ключевые слова: массоперенос, коррозия, цементный бетон, концентрация, динамика и кинетика процесса.

Describes the methodology the experimental study of mass transfer in liquid corrosion of cement concrete. Considered several possible analytical equations describing the dynamics changes of the concentrations calcium hydroxide of the thickness of the model. Received the expressions for the coefficients of the mathematical description of the dynamics of changes in the concentrations of calcium hydroxide on the thickness of the model. We held graphical analysis of the distribution functions.

Keywords: mass transfer, rust, cement concrete, concentration, the dynamics and kinetics of the process.

Ранее разработан ряд математических моделей, описывающих динамику и кинетику процессов массопереноса при коррозии бетона первого и второго видов, которые опубликованы в работах [1-3].

Однако, практическая реализация математических моделей невозможна без четкого представления о механизме процессов, экспериментальных данных, характеризующих влияние различных факторов на кинетику и динамику процессов и проверки достоверности методологии прогноза в натуральных условиях.

Изучение процесса массопереноса в процессах жидкостной коррозии цементных бетонов, по разработанной нами методике, проводится на образцах размером 3x3x3 см, которые состоят из плотно подогнанных друг к другу пластин размером 1x3x3 см. Боковые грани пластин, а также торцевая грань нижней пластины, покрываются слоем битумно-полимерной мастики холодного отверждения (рис. 1).

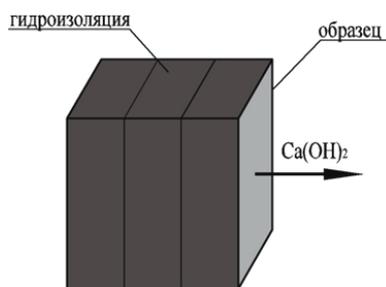


Рис. 1. Схема образца для проведения лабораторных исследований

Изготовленные образцы в возрасте 28 суток погружаются в жидкую среду объемом 1000 см³, откуда с периодичностью 14 суток отбираются пробы для титрования, объемом 100 см³ [4]. В качестве реакционной среды при изучении процесса коррозии первого вида используется дистиллированная вода, а при изучении процесса коррозии второго и третьего вида могут использоваться водные растворы различных солей, кислот и щелочей.

Изучение состава образцов цементного камня после воздействия реакционной среды проводится методами дифференциально-термического анализа, инфракрасной Фурье-спектроскопии, комплексонометрии[5].

По результатам проведения эксперимента получают усредненные значения концентраций «свободного гидроксида кальция» в каждой пластине в разные моменты времени. Однако, знание только усредненных значений не всегда достаточно для проверки адекватности разработанной математической модели, и для определения наиболее важных характеристик процесса массопереноса, таких как коэффициенты массопроводности и массоотдачи, мощность внутреннего источника массы.

В данной ситуации очень важно иметь информацию хотя бы о приближенных профилях концентраций переносимого компонента по толщине образца. Для построения такого

профиля необходимо принять функцию распределения концентраций, которая удовлетворяла бы имеющимся экспериментальным данным.

Функцию распределения концентраций, математически можно описать различными зависимостями [6]: многочлен n-ой степени (параболой), тригонометрической функцией (косинусоидой), показательной функцией (экспонентой). Рассмотрим применение каждой возможной зависимости для проводимого эксперимента по описанной выше методике.

Для математического описания зависимости концентраций $C(x, \tau_i)$ от координаты в виде многочлена второй степени можно записать так:

$$C(x, \tau_i) = a_{\tau_i} x^2 + b_{\tau_i} x + c_{\tau_i}. \quad (1)$$

Следовательно, для построения профиля концентраций переносимого компонента в момент времени τ_i в зависимости от координаты x , необходимо определить коэффициенты уравнения параболы a_{τ_i} , b_{τ_i} и c_{τ_i} .

Значение коэффициентов найдем из зависимости концентрации $C(x, \tau_i)$ от координаты, то есть по выражению (1), зная в момент времени τ_i значения концентраций переносимого компонента в точках x_1, x_2, x_3 , как усредненные значения концентраций «свободного гидроксида кальция» в каждой пластине. Математически это выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} C(x_1, \tau_i) = a_{\tau_i} x_1^2 + b_{\tau_i} x_1 + c_{\tau_i} \\ C(x_2, \tau_i) = a_{\tau_i} x_2^2 + b_{\tau_i} x_2 + c_{\tau_i} \\ C(x_3, \tau_i) = a_{\tau_i} x_3^2 + b_{\tau_i} x_3 + c_{\tau_i} \end{cases} \quad (2)$$

Система уравнений (2), при численно известных значениях $C(x_1, \tau_i), C(x_2, \tau_i), C(x_3, \tau_i)$ и x_1, x_2, x_3 представляет собой систему, состоящую из трех линейных уравнений, с тремя неизвестными ($a_{\tau_i}, b_{\tau_i}, c_{\tau_i}$).

В ходе ряда не сложных математических преобразований получены следующие значения для определения коэффициентов функции параболы:

$$a_{\tau_i} = \frac{C(x_1, \tau_i) \cdot (x_3 - x_2) + C(x_2, \tau_i) \cdot (x_1 - x_3) + C(x_3, \tau_i) \cdot (x_2 - x_1)}{(x_3 - x_2)(x_1 - x_3)(x_1 - x_2)}, \quad (3)$$

$$b_{\tau_i} = \frac{C(x_1, \tau_i) - C(x_2, \tau_i) - a_{\tau_i} (x_1^2 - x_2^2)}{(x_1 - x_2)}, \quad (4)$$

$$c_{\tau_i} = C(x_1, \tau_i) - a_{\tau_i} x_1^2 - b_{\tau_i} x_1. \quad (5)$$

На рисунке 2 приведены примеры расчета реальных профилей концентраций, построенных по уравнению (1) в различные моменты времени.

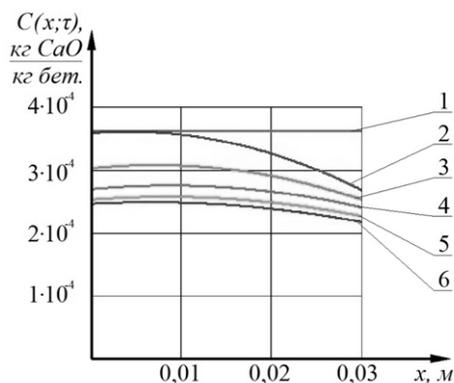


Рис. 2. Профили концентраций «свободного гидроксида кальция», построенные по уравнению параболы в момент времени проведения эксперимента:
1-в начальный момент времени,

2- 14 суток, 3 - 28 суток, 4 - 42 суток, 5 - 56 суток, 6 - 70 суток

Для определения математической зависимости концентраций $C(x, \tau_i)$ от координаты в виде тригонометрической функции, воспользуемся следующим уравнением:

$$C(x, \tau_i) = \alpha_{\tau_i} \cdot \cos(\lambda_{\tau_i} x + \gamma_{\tau_i}). \quad (6)$$

Коэффициенты косинусоиды α_{τ_i} , λ_{τ_i} и γ_{τ_i} определим по методике, аналогичной применимой нами при нахождении коэффициентов параболы, то есть исходя из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} C(x_1, \tau_i) = \alpha_{\tau_i} \cdot \cos(\lambda_{\tau_i} x_1 + \gamma_{\tau_i}) \\ C(x_2, \tau_i) = \alpha_{\tau_i} \cdot \cos(\lambda_{\tau_i} x_2 + \gamma_{\tau_i}) \\ C(x_3, \tau_i) = \alpha_{\tau_i} \cdot \cos(\lambda_{\tau_i} x_3 + \gamma_{\tau_i}) \end{cases} \quad (7)$$

Решив систему тригонометрических уравнений (7), получаем следующие выражения для определения коэффициентов уравнения косинусоиды:

$$\lambda_{\tau_i} = \pm \frac{1}{2x_1} \arccos\left(\frac{C(x_1, \tau_i) + C(x_3, \tau_i)}{2C(x_2, \tau_i)}\right), \quad (8)$$

$$\gamma_{\tau_i} = \arctg\left(\frac{C(x_3, \tau_i) \cdot \cos(\lambda_{\tau_i} \cdot x_1) - C(x_1, \tau_i) \cdot \cos(\lambda_{\tau_i} \cdot x_3)}{C(x_3, \tau_i) \cdot \sin(\lambda_{\tau_i} \cdot x_1) - C(x_1, \tau_i) \cdot \sin(\lambda_{\tau_i} \cdot x_3)}\right), \quad (9)$$

$$\alpha_{\tau_i} = \frac{C(x_1, \tau_i)}{\cos(\lambda_{\tau_i} x_1 + \gamma_{\tau_i})}. \quad (10)$$

На рисунке 3 приведены примеры расчета реальных профилей концентраций, построенных по уравнению (6) в различные моменты времени.

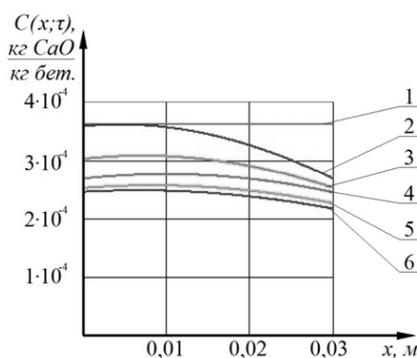


Рис. 3. Профили концентраций «свободного гидроксида кальция», построенные по уравнению косинусоиды в момент времени проведения эксперимента:

1-в начальный момент времени,

2- 14 суток, 3 - 28 суток, 4 - 42 суток, 5 - 56 суток, 6 - 70 суток

Для определения математической зависимости концентраций $C(x, \tau_i)$ от координаты в виде показательной функции, воспользуемся следующим уравнением:

$$C(x, \tau_i) = h_{\tau_i} + m_{\tau_i} \cdot \exp(n_{\tau_i} \cdot x). \quad (11)$$

Коэффициенты экспоненциальной функции h_{τ_i} , m_{τ_i} и n_{τ_i} определим по методике, аналогичной уже применимой нами, при нахождении коэффициентов параболы и косинусоиды, то есть исходя из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} C(x_1, \tau_i) = h_{\tau_i} + m_{\tau_i} \cdot \exp(n_{\tau_i} \cdot x_1) \\ C(x_2, \tau_i) = h_{\tau_i} + m_{\tau_i} \cdot \exp(n_{\tau_i} \cdot x_2) \\ C(x_3, \tau_i) = h_{\tau_i} + m_{\tau_i} \cdot \exp(n_{\tau_i} \cdot x_3) \end{cases} \quad (12)$$

Решив систему показательных уравнений (12), получаем следующие выражения для определения коэффициентов уравнения экспоненты:

$$n_{\tau_i} = \frac{1}{2x_1} \ln \left(\frac{C(x_3, \tau_i) - C(x_2, \tau_i)}{C(x_2, \tau_i) - C(x_1, \tau_i)} \right), \quad (13)$$

$$m_{\tau_i} = \frac{C(x_2, \tau_i) - C(x_1, \tau_i)}{\left(\frac{C(x_3, \tau_i) - C(x_2, \tau_i)}{C(x_2, \tau_i) - C(x_1, \tau_i)} \right)^{\frac{3}{2}} - \left(\frac{C(x_3, \tau_i) - C(x_2, \tau_i)}{C(x_2, \tau_i) - C(x_1, \tau_i)} \right)^{\frac{1}{2}}}, \quad (14)$$

$$h_{\tau_i} = C(x_1, \tau_i) - m_{\tau_i} \cdot \exp(n_{\tau_i} \cdot x_1) \quad (15)$$

На рисунке 4 приведены примеры расчета реальных профилей концентраций, построенных по уравнению (11) в различные моменты времени.

Теперь, получив три варианта математического описания профилей концентраций, сравним полученные варианты решения. На рисунке 5 продемонстрированы профили концентраций, построенные по уравнениям (1), (6) и (11). Как видно профили концентраций незначительно отличаются друг от друга в толще образца и имеют большие отличия на границах взаимодействия с окружающей средой.

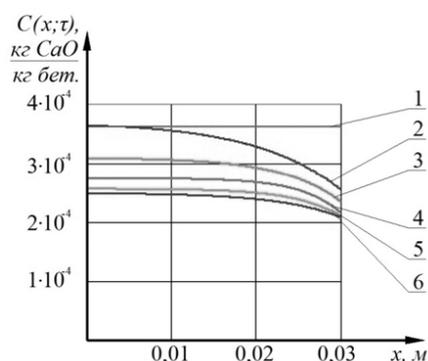


Рис. 4. Профили концентраций «свободного гидроксида кальция», построенные по уравнению экспоненты в момент времени проведения эксперимента:

1-в начальный момент времени,
2- 14 суток, 3 - 28 суток, 4 - 42 суток, 5 - 56 суток, 6 - 70 суток

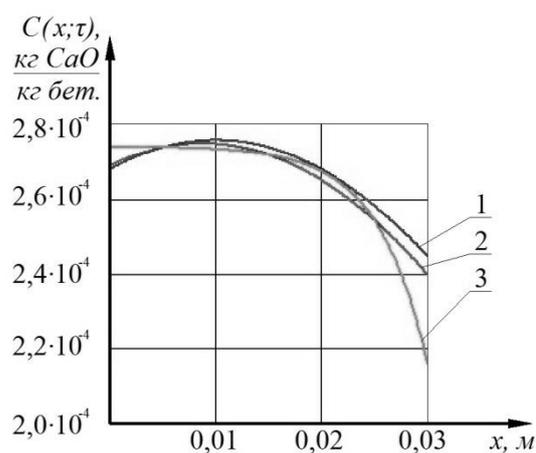
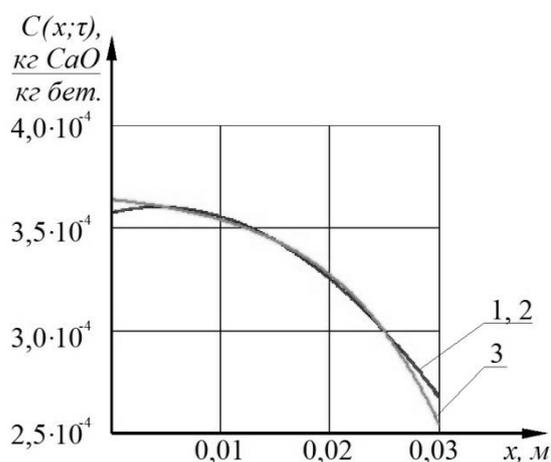


Рис. 5. Профили концентраций «свободного гидроксида кальция» построенные
а) на 14 сутки проведения эксперимента; б) на 42 сутки проведения эксперимента;
1- по уравнению параболы, 2- по уравнению косинусоиды, 3 - по уравнению экспоненты

Полученные выражения для построения профилей концентраций, применялись авторами для определения основных характеристик массопереноса, таких как коэффициент массопереноса и мощность внутреннего источника массы. Однако они могут найти широкое применение не только для исследования массообменных процессов при коррозии бетона первого и второго вида, но и во многих других задачах, решаемых в теории тепло-массопереноса [7, 8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Хрунов В.А., Аксаковская Л.Н. Моделирование массопереноса в процессах коррозии бетонов первого вида (малые значения числа Фурье) // Строительные материалы. 2007. №5. С. 70 - 71.
2. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Касьяненко Н.С. Математическое моделирование массопереноса в процессах коррозии бетона второго вида // Строительные материалы. 2008. № 7. С. 35 – 39.
3. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Касьяненко Н.С., Красильников И.В. Моделирование массопереноса в процессах коррозии первого вида цементных бетонов в системе «жидкость—резервуар» при наличии внутреннего источника массы в твердой фазе/ Вестник гражданских инженеров. 2013. № 2 (37). С. 65-70.
4. Федосова Н.Л., Румянцева В.Е., Смельцов В.Л., Хрунов В.А. Костерин А.Я. Экспериментальные исследования процессов массопереноса при жидкостной коррозии цементных бетонов // Приволжский научный журнал. 2010. № 1. С. 39-45.
5. Горшков, В.С. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ / В.С. Горшков, В.В. Тимашев, В.Г. Савельев. М.: Высшая школа, 1981. 335 с.
6. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1970. 720 с.
7. Федосов С.В. Тепло-массоперенос в технологических процессах строительной индустрии. Иваново: ИПК ПресСто, 2010. 364 с.
8. Федосов С.В., Акулова М.В., Зиновьева Е.В. Влияние механоактивации на структурную модификацию полимерно-неорганических водных композиций // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - № 6 (354). 2014.-С. 130-133.

REFERENCES

1. Fedosov S.V., Rumjanceva V.E., Hrunov V.A., Aksakovskaja L.N. Modelirovanie massoperenosa v processah korrozii betonov pervogo vida (malye znachenija chisla Fur'e) // Stroitel'nye materialy. 2007. №5. P. 70 - 71.
2. Fedosov S.V., Rumjanceva V.E., Kas'janenko N.S. Matematicheskoe modelirovanie massoperenosa v processah korrozii betona vtorogo vida // Stroitel'nye materialy. 2008. № 7. P. 35 – 39.
3. Fedosov S.V., Rumjanceva V.E., Kas'janenko N.S., Krasil'nikov I.V. Modelirovanie massoperenosa v processah korrozii pervogo vida cementnyh betonov v sisteme «zhidkost'—rezervuar» pri nalichii vnutrennego istochnika massy v tverdoj faze/ Vestnik grazhdanskih inzhenerov. 2013. № 2 (37). P. 65-70.
4. Fedosova N.L., Rumjanceva V.E., Smel'cov V.L., Hrunov V.A. Kosterin A.Ja. Jeksperimental'nye issledovanija processov massoperenosa pri zhidkostnoj korrozii cementnyh betonov // Privolzhsij nauchnyj zhurnal. 2010. № 1. P. 39-45.
5. Gorshkov, V.S. Metody fiziko-himicheskogo analiza vjashushhih veshhestv / V.S. Gorshkov,

- V.V. Timashev, V.G. Savel'ev. M.: Vysshaja shkola, 1981. 335 p.
6. Korn G., Korn T. Spravochnik po matematike dlja nauchnyh rabotnikov i inzhenerov. M.: Nauka, 1970. 720 p.
7. Fedosov S.V. Teplomassoperenos v tehnologicheskikh processah stroitel'noj inustrii. Ivanovo: IPK PresSto, 2010. 364 p.
8. Fedosov S.V., Akulova M.V., Zinovyeva E.V. The influence of mechanical activation on structural updating of polymeric and inorganic water compositions // Proceedings of higher educational establishments. Technology textile industry. - № 6 (354). 2014.-P. 130-133.

УДК 66.011

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ПЕНОСТЕКЛА

MODELING OF HEAT TRANSFER PROCESSES DURING HEAT TREATMENT OF THE FOAMGLASS

М.О. Баканов, С.Н. Никишов
M.O. Bakanov, S.N. Nikishov

**Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
IFRA of SFS of EMERCOM of Russia**

E-mail: mask-13@mail.ru, mordov5988@mail.ru

В работе представлены математические модели тепловых процессов на различных стадиях производства пеностекла. Рассмотрены модели, описывающие динамику формирования пористой структуры в пеностекле. Показано, что существующие модели описывают не в полной мере все физические процессы, протекающие в пеностекляной шихте на различных стадиях производства. Установлено, что для более полной разработки проблемы моделирования стадий производства пеностекла необходимо учитывать формирование пористой структуры в материале, так как она определяет теплофизические характеристики будущего материала.

Ключевые слова: пеностекло, производство пеностекла, моделирование процесса получения пеностекла.

The work shows the relevance of the use of foamed glass, the main features of its production. Presents a mathematical model of thermal processes in various stages of production of foamed glass. The models describing the dynamics of the formation of a porous structure in the foamed glass. It is shown that the existing models describe fully all the physical processes occurring in flowing charge at various stages of production. It is established that for a more complete elaboration of the problem of modeling steps in the manufacture of foamed glass it is necessary to consider the formation of porous structure in the material, as it determines the thermophysical characteristics of the future material.

Key words: foam glass, the production of foam glass, modeling of the process of obtaining the foamed glass.

Вопросы теплопереноса при производстве строительных материалов играют ключевую роль в процессах отжига, нагрева и охлаждения. Огромный вклад в разработку теории теплопереноса при производстве строительных материалов внес российский ученый Федосов Сергей Викторович. Его работы [2–10] внесли большой вклад для всей отрасли производства строительных материалов. Академик С.В. Федосов также разрабатывал вопросы математического моделирования [3,6,7,9,10] в технологии производства строительных материалов. Исследования и современные разработки Федосова С.В. внесли значительный вклад в области производства строительных материалов, в том числе в технологию бетона.

В настоящее время рынок теплоизоляционных материалов практически ограничен всего тремя типами изделий: пенопластами (26%), стекловолокном (41%) и минераловатными плитами (32%). Недостатками таких материалов (минеральная вата, композиционные материалы на основе стекловолокна, вспученные вулканические породы, керамзит и др.) являются высокое водопоглощение и низкая прочность. К тому же некоторые материалы являются горючими и токсичными.

Сравнительный анализ современных теплоизоляционных материалов показал, что к числу наиболее эффективных относится пеностекло [1], которое является экологически безопасным материалом. Его отличает от всех используемых материалов низкая теплопроводность (0,05-0,07 Вт/м² К), химическая и биологическая устойчивость, высокая прочность при малой плотности. Перечисленные свойства дают основание говорить о конкурентной способности данного материала [11].

Пеностекло – один из наиболее эффективных материалов, применяемых для теплоизоляции зданий. Однако технология производства пеностекла связана с термообработкой, потребляющей большое количество энергоресурсов. Высокая цена пеностекла определяется большими затратами на сырьевые материалы и термическую обработку. В связи с этим актуальным вопросом является совершенствование процессов термообработки пеностекла. Знание особенностей процессов нагрева, вспенивания и отжига пеностекольной шихты позволяет регулировать качество материала, расход энергии и производственных площадей путем коррекции режимов термообработки и размеров технологического оборудования.

В настоящее время внимание ученых привлекает математическое моделирование процессов термической обработки при получении пеностекла. Теоретической базой для моделирования процессов термической обработки, создания инженерных методов их расчета и оптимизации является теория теплопереноса, учитывающая взаимосвязь и взаимозависимость между тепловыми характеристиками обрабатываемого материала и источником высокой температуры.

В производстве строительных материалов, изделий и конструкций существует множество процессов, связанных с нестационарным теплопереносом как на стадии их изготовления, так и на стадии эксплуатации. Потребность проведения расчетов таких режимов обуславливает, в свою очередь, необходимость разработки методов расчета, которые должны быть просты в физическом понимании и удобны в инженерном обращении. Модели, разработанные в настоящее время, учитывают стационарность процесса распределения тепла в материале [3]. В реальных же условиях теплоперенос в шихте является нестационарным, поэтому знание о распределении температурного поля в теле шихты при нестационарном теплопереносе является неотъемлемым фактором при разработке рациональных режимов термической обработки пеностекла.

Ближе всего к описанию процесса формирования пор в расплаве пеностекольной шихты подошли исследователи [6], которые предложили модель, описывающую процесс формирования единичного пузырька в расплаве пеностекольной шихты. В основе модели лежат временные масштабы процессов при формировании необходимой пористой структуры.

$$\tau_1 \approx \frac{h^2}{a}, \quad (1)$$

где τ_1 – время нагрева измельченного стекла до температур разложения мела; a , м²/с – коэффициент температуропроводности смеси; h , м – характерный масштаб длины в объеме формы.

На втором этапе процесса происходит формирование пор вследствие увеличения в них давления газа источниками газовыделения:

$$\tau_2 \approx \frac{P_0}{\alpha'} R^3, \quad (2)$$

где α' – коэффициент мощности источника газообразования, Дж/с; P_0 – атмосферное давление, Па; R – радиус поры, м.

При описании второй стадии моделирования авторы использовали уравнение движения вязкой несжимаемой жидкости (Навье–Стокса) и уравнение неразрывности в сферических координатах, при этом отмечая, что скорость движения жидкости U вокруг пузырька имеет только радиальную составляющую и вследствие сферической симметрии зависит только от R – расстояния от центра поры (радиуса поры) и t – времени процесса – $U=U(R,t)$ [6]. Модель второй стадии процесса представляет собой нелинейное дифференциальное уравнение для $R(t)$ роста радиуса поры со временем:

$$-\frac{3}{2}\left(\frac{dR}{dt}\right)^2 - R(t)\frac{d^2R}{dt^2} = \frac{1}{\rho}\left(P_0 + \frac{\sigma}{R}\right) - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\beta' + \alpha't}{R^3} + \nu \left[\frac{1}{\left(\frac{dR}{dt}\right)} \frac{d^2R}{dt^2} + \frac{4}{3R}\left(\frac{dR}{dt}\right) \right] \quad (3)$$

где ρ – плотность расплава пеностекольной шихты, кг/м³; $R(t)$ – функция роста радиуса поры со временем; β' – коэффициент начальных условий, Дж; α' – коэффициент мощности источника газообразования, Дж/с; P_0 – атмосферное давление, Па; σ – коэффициент поверхностного натяжения расплава пеностекольной шихты; R – радиус поры, м.

В настоящее время практически отсутствуют исследования по проектированию пористых систем, в которых были бы учтены все стадии процесса производства пеностекла, от шихты до готового материала. В работе [6] предложена модель процесса формирования пористой структуры пеностекла в расплаве шихты. Относительно формулы (1) необходимо заметить, что при определении времени нагрева пеностекольной шихты до температуры разложения мела там учитывалась общая оценка геометрических размеров формы для вспенивания и средней температуропроводности пеностекольной шихты. Безусловно, в рамках модели более конкретной детализации процесса нагрева пеностекольной шихты не требовалось, тем не менее, данный процесс требует более детальной проработки.

Самой энергоемкой стадией при производстве пеностекла является стадия термической обработки. Отсутствие математических зависимостей и физически ясных представлений об этом процессе безусловно, сдерживает развитие отрасли в целом, а также влияет непосредственно на себестоимость материала. Разработка адекватных математических моделей, способных описать динамику распределения температур в материале на всех этапах термической обработки позволит всесторонне подойти к процессу производства пеностекла, а также учесть все особенности теплопереноса в материале.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степанова, М.Н. Разработка состава и технологии теплоизоляционного композита на основе пеностекла с защитно-декоративным покрытием [Текст] / М.Н. Степанова: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Белгород, 2009. – 17 с.
2. Федосов С.В. Высокопрочные мелкозернистые бетоны для сборных плит автомобильных дорог / С.В. Федосов, М.В. Акулова, А.М. Краснов. – Иваново: Издательство ИГАСУ, 2008. – 196 с.
3. Федосов С.В. Пеностекло: особенности производства, моделирование процессов теплопереноса и газообразования / С.В. Федосов, М.О. Баканов // Academia. Архитектура и строительство. №1. 2015. С. 108-113.

4. Федосов С.В. Плазменная металлизация бетонов / С.В. Федосов, М.В. Акулова. – Москва: Издательство АСВ, 2003. – 120 с.
5. Федосов С.В. Сульфатная коррозия бетона / С.В. Федосов, С.М. Базанов – Москва: Издательство АСВ, 2003. – 192 с.
6. Федосов, С. В. Математическая модель динамики процесса порообразования при термической обработке пеностекольной шихты / С. В. Федосов, М. О. Баканов, А. В. Волков, А. И. Сокольский, Ю. А. Щепочкина // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология.– 2014.–Т.57.–вып.3.–С. 73–79.
7. Федосов, С.В. Применение методов теории теплопроводности для моделирования процессов конвективной сушки / С.В. Федосов, В.Н. Кисельников, Т.У. Шертаев. – Алма-Ата.: Издательство Гылым (Наука), 1992. – 168 с.
8. Федосов, С.В. Процессы термической обработки дисперсных материалов с фазовыми и термическими превращениями: Дис. Д-ра техн. наук. Ленинград, 1987. – 350 с.
9. Федосов, С.В. Теоретические основы математического моделирования механических и тепловых процессов в производстве строительных материалов / С.В. Федосов, Р.М. Алоян, В.Е. Мизонов. – Иваново: ИГАСУ, ИГЭУ, 2011. – 288 с.
10. Федосов, С.В. Тепломассоперенос в технологических процессах строительной индустрии / С.В. Федосов. – Иваново: ИПК «ПресСто», 2010. – 364 с.
11. Фомглас – теплоизоляционный материал с улучшенными свойствами [Текст] // Стекло мира. – 2000. –№2. – С. 17-20.

REFERENCES

1. Stepanova, M.N. Razrabotka sostava i tehnologii teploizoljacionnogo kompozita na osnove penostekla s zashhitno-dekorativnym pokrytiem [Tekst] / M.N. Stepanova: Avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. – Belgorod, 2009. – 17 s.
2. Fedosov S.V. Vysokoprochnye melkozernistye betony dlja sbornyh plit avtomobil'nyh dorog / S.V. Fedosov, M.V. Akulova, A.M. Krasnov. – Ivanovo: Izdatel'stvo IGASU, 2008. – 196 s.
3. Fedosov S.V. Penosteklo: osobennosti proizvodstva, modelirovanie processov teploperenosa i gazoobrazovanija / S.V. Fedosov, M.O. Bakanov // Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. №1. 2015. S. 108-113.
4. Fedosov S.V. Plazmennaja metallizacija betonov / S.V. Fedosov, M.V. Akulova. – Moskva: Izdatel'stvo ASV, 2003. – 120 s.
5. Fedosov S.V. Sul'fatnaja korrozija betona / S.V. Fedosov, S.M. Bazanov – Moskva: Izdatel'stvo ASV, 2003. – 192 s.
6. Fedosov, S. V. Matematicheskaja model' dinamiki processa poroobrazovanija pri termicheskoj obrabotke penostekol'noj shihty / S. V. Fedosov, M. O. Bakanov, A. V. Volkov, A. I. Sokol'skij, Ju. A. Shhepochkina // Izvestija VUZov. Himija i himicheskaja tehnologija.–2014.–Т.57.–vyp.3.–S. 73–79.
7. Fedosov, S.V. Primenenie metodov teorii teploprovodnosti dlja modelirovanija processov konvektivnoj sushki / S.V. Fedosov, V.N. Kisel'nikov, T.U. Shertaev. – Alma-Ata.: Izdatel'stvo Gylym (Nauka), 1992. – 168 s.
8. Fedosov, S.V. Processy termicheskoj obrabotki dispersnyh materialov s fazovymi i termicheskimi prevrashhenijami: Dis. D-ra tehn. nauk. Leningrad, 1987. – 350 s.
9. Fedosov, S.V. Teoreticheskie osnovy matematicheskogo modelirovanija mehanicheskikh i teplovyh processov v proizvodstve stroitel'nyh materialov / S.V. Fedosov, R.M. Alojan, V.E. Mizonov. – Ivanovo: IGASU, IGJeU, 2011. – 288 s.
10. Fedosov, S.V. Teplomassoperenos v tehnologicheskix processah stroitel'noj industrii / S.V. Fedosov. – Ivanovo: IPK «PresSto», 2010. – 364 s.
11. Fomglas – teploizoljacionnyj material s uluchshennymi svojstvami [Tekst] // Steklo mira. – 2000. –№2. – S. 17-20.

**КОМПОЗИЦИОННОЕ ПЕНОСТЕКЛО С ЗАЩИТНО-ДЕКОРАТИВНЫМ
СТЕКЛОПОКРЫТИЕМ НА ОСНОВЕ АМОРФНО-КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ ГОРНЫХ
ПОРОД ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**COMPOSITE FOAM GLASS WITH PROTECTIVE AND DECORATIVE GLASS
COVERING ON THE BASIS OF THE AMORPHOUS SILICEOUS ROCKS SOUTH
KAZAKHSTAN REGION**

Б.Е. Жакипбаев, А.А. Абдуллин
B.Ye Zhakipbayev, A.A. Abdullin

РГП на ПХВ Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова
M. Auezov South Kazakhstan State University
E-mail: Bibol_8484@mail.ru, Aidana_gkz@mail.ru

Рассматривается возможность получения композиционного пеностекла с защитно-декоративным стеклопокрытием на основе аморфно-кремнеземистых горных пород Южно-Казахстанской области по одностадийной технологии при одновременном вспенивании пеностекольной смеси и ее спекании с отделочным стекловидным слоем. Представлены некоторые результаты исследования образцов полученного материала. Изучены процессы спекания, происходящие во время термообработки при получении пеностекла, характер влияния дисперсности исходных порошков сырья и температурно-временных условий термообработки на структуру и свойства получаемого материала. Показана целесообразность добавления гидроксида натрия (13-20% конц.), обеспечивающая образование вспенивающейся массы в процессе термообработки, что позволяет увеличить давление газовой фазы, что в свою очередь позволяет увеличить пористость пеностекла и добиться равномерного распределения пор в материале, повысив тем самым теплоизоляционные показатели пеностекла.

Ключевые слова: композиционный материал, пеностекло, защитно-декоративное стеклопокрытие, аморфно-кремнеземистые горные породы, гидроксид натрия

The possibility of obtaining a composite foam glass with protective and decorative glass coatings based on amorphous siliceous rocks of South Kazakhstan region by one-stage technologies, while foaming foam glass mixture and sintering finishing with a vitreous layer. Presents some results the research samples of the resulting material. Studied the processes sintering occurring during heat treatment in the preparation of foamed glass, the nature of the effect of dispersion of the starting powders of raw materials and temperature-time conditions of heat treatment on the structure and properties of the resulting material. The expediency of adding sodium hydroxide (13-20% conc.), ensuring the formation of a foamable mass during the heat treatment, which allows to increase the vapor pressure, which in turn allows to increase the porosity and the foam glass to achieve uniform distribution of pores in the material, thereby improving the insulation performance of foam glass.

Key words: composite material, foam glass, protective and decorative glass covering, amorphous siliceous rocks, sodium hydroxide

Due to the huge scales of modern construction the ways of foam glass usage at construction of various buildings and constructions are extend steadily.

In comparison with other heat-insulating materials a foam glass most fully meets requirements of modern constructive architectural concepts in construction, caused first of all by that it has a number of valuable properties, such as porosity, small water absorption, durability, etc. [1, page 29].

Foam glass is known to be a kind of material from the closed glass cells that have a spherical shape. Water absorption of it in full immersion in the liquid does not exceed 5% of the total volume of material and caused only by the accumulation of moisture in the surface layer. Waterproofing and vapor sealing properties of the foam glass and isolation applied with high reliability. In its operation does not change the thermal conductivity, strength, stamina and form. Foam glass does not shrink and does not alter the geometric dimensions over time under the weight of the building

structures. Moreover, its compressive strength is several times higher than that of fibrous materials and foam [1, page 29].

At this time, the production of bulk foam glass waste is associated with the use of plants for the production of construction and container glass. Often, as a raw material it used the special glass granulates, compounds of which are characterized by containing (in % mass) SiO_2 70-72, CaO 7-8, MgO 3-4, Na_2O 15-16, Al_2O_3 0-2. To meet these ratios of the chemical composition, as a rule, develop final mixtures of silica sand, limestone, dolomite, soda and sulphate. As known, the composition of the charge is not easy. Taking into account all the requirements of the standards to the components, one can imagine the complexity and the complexity of the formation of mixtures. And also it is important to consider that the production of foam glass under the scheme, it is technically difficult and very energy intensive.

This prompted us to research the possibilities of direct technological application of siliceous sedimentary rock of biochemical with the addition of cheap and non-deficient blowing agent, which eliminates the traditional scheme of the very expensive manufacture of glass granules.

Receiving of heat-insulating and composite foam glass for protective and decorative facing of external walls of buildings and constructions, demands performance of complex research as foam glass is high-porous material (porosity of 80-95%) and receiving continuous qualitative glass covering on it is one of the actual tasks.

Recently the attention is paid to possibility of receiving a foam glass with drawing to its surface vitreous contact layer, however, it is necessary to consider that for drawing on the surface of foam glass of vitreous layer assumes its subsequent secondary energy-intensive heat treatment which conducts to durability loss, change of the foam glass sizes and internal tension that in turn promotes violation of integrity of foam glass structure and its further deformation.

In this regard authors experimentally confirmed possibility of receiving a composite foam glass at simultaneous foaming and agglomeration of foam glass mix and finishing vitreous layer that allows to simplify the production technology of this material with protective and decorative glass covering at the expense of exception of the separate stage is melting of vitreous layer [2, with page 96].

Studying of coupling nature of glass covering and foam glasses received in the form of a composite foam glass (fig. 1) was carried out on the low-vacuum raster electronic microscope of JSM 6490LV with system of the x-ray power dispersive microanalysis (fig. 2) [2, page 96].

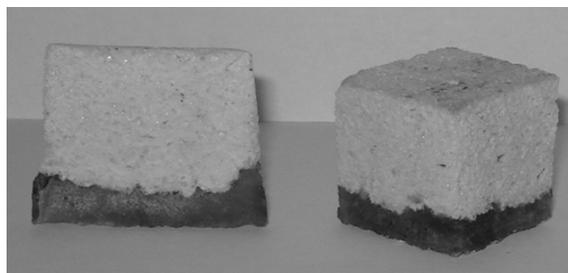


Fig. 1. The received composite foam glass

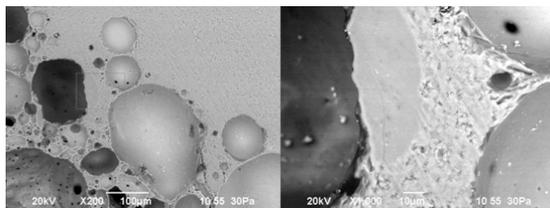


Fig. 2. REM-structure of anshlif on the composite border "glass covering-foam glass"

In fig. 2 it is visible that estimated intermediate contact layer between glass covering and a foam glass isn't revealed.

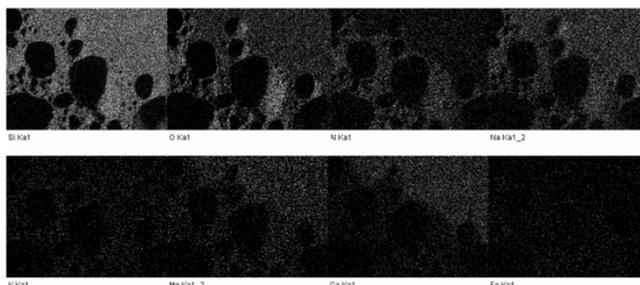


Fig. 3. Mapping of elements on the composite border "glass covering – foam glass"

It is confirmed the mapping of elements on the sample surface by means of the x-ray power of dispersive microanalysis where in figure 3 uniform distribution of cards of the Si, O, Al, Na, K, Mg, Ca and Fe elements is distinctly shown that testifies to its absence [2, page 96].

ЛИТЕРАТУРА

1. Астана, (2010) Программа по развитию строительной индустрии и производства строительных материалов в Республике Казахстан на 2010-2014 годы. -90 с.
2. Жакупбаев, Б.Е. (2014) Разработка и создание высокоэффективной технологии пеностекла на основе кремнистых криптокристаллических осадочно-химических пород ЮКО: дисс. ... доктор PhD: 6D07200 / Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова. - Шымкент, 117 с.

REFERENCES

1. Astana, (2010) programme for the development of construction industry and production of construction materials in the Republic of Kazakhstan for 2010-2014. -90 C.
2. Jakypbaev, B. E. (2014) Development and creation of high-technology foam glass based on cryptocrystalline siliceous sedimentary chemical rock YUKO: Diss. ... PhD: 6D07200 / South Kazakhstan state University. M. Auezov. -Shymkent, 117 S

УДК 691–404.9

ЖИДКОЕ СТЕКЛО И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

LIQUID GLASS AND ITS APPLICATION IN CONSTRUCTION

А. Ю. Солодова
A. Y. Solodova

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo state Polytechnic University
E-mail: alena_91@bk.ru

Приведено понятие жидкого стекла, его свойств и получения. Установлены достоинства и недостатки жидкого стекла. Представлена небольшая историческая справка. Широко представлены области применения жидкого стекла в современном строительстве. Учтены актуальные проблемы производства и применения жидкого стекла и предложены пути их решения.

Ключевые слова: жидкое стекло, жидкостекольные смеси, кислотостойкие материалы.

Given the concept of liquid glass, its properties and receiving. Set of advantages and disadvantages of the liquid glass. Presents a short historical background. You can find wide scope of liquid glass in modern

construction. Considered actual problems of production and application of liquid glass and the suggested solutions.

Key words: liquid glass, liquid-glass mixture, acid-resistant materials.

Жидкое стекло – водный щелочной раствор силикатов натрия $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ и (или) калия $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$. Реже в качестве жидкого стекла используют силикаты лития, например, в электродном покрытии [3]. Жидкое стекло обладает высокой химической активностью, оно вступает в реакцию со многими компонентами, входящими в состав стройматериалов (твердыми и жидкими). Основные свойства:

- водные растворы на его основе имеют отличные вяжущие свойства;
- отвердевает на открытом воздухе, образуя силикатный камень;
- в застывшем виде обладает высокой прочностью и твердостью, выдерживает высокие температуры и устойчиво к воде;
- высокая адгезия к большинству материалов;
- в закрытом сосуде может храниться довольно долго, не теряя своих качеств.

Впервые жидкое стекло получил в 1818 немецкий химик и минералог Ян Непомук фон Фукс [3]. В настоящее время жидкое стекло изготавливается путем обработки в автоклаве кремнезёмсодержащего сырья концентрированными растворами гидроксида натрия или сплавлением кварцевого песка с содой [4].

Известны также способы получения жидкого стекла [5], основанные на прямом растворении кремнеземистого сырья в растворах щелочей при атмосферном давлении и относительно невысокой температуре (температура кипения раствора щелочи).

Характеристикой химического состава жидкого стекла является силикатный модуль. Модуль показывает отношение содержащегося в жидком стекле оксида кремния к оксиду натрия или калия и характеризует выход кремнезема в раствор. По величине силикатного модуля о качестве жидкого стекла не судят [2].

Областей применения жидкого стекла очень много [3]. Его, в частности, применяют для изготовления кислотоупорного цемента и бетона, для пропитывания тканей, приготовления огнезащитных красок и покрытий по дереву (антипирены), укрепления слабых грунтов, в качестве клея для склеивания целлюлозных материалов, в производстве электродов, при очистке растительного и машинного масла и др.

В сочетании со спиртом и самым мелким песком используют для создания «керамических» или оболочечных форм, в которые после прокаливания до 1000 градусов отливают металлические изделия [5].

Одной из актуальных проблем строительства и реконструкции зданий и сооружений различного назначения, в том числе коммунального хозяйства, является повышение стойкости изделий и конструкций, эксплуатирующихся в агрессивных, преимущественно кислых средах. Поэтому встает задача улучшения их качества за счет применения эффективных материалов, например, кислотостойких расширяющихся композиций на основе жидкого стекла, обладающих повышенной непроницаемостью и удовлетворяющих требованиям проведения работ в условиях реконструкции. Эту задачу можно решить путём введения в жидкостекольные смеси комплекса активных добавок, обеспечивающих требуемые свойства материала.

Существующие кислотоупорные композиции на основе жидкого стекла имеют небольшие сроки схватывания и твердения, обладают высокой прочностью и кислотостойкостью, относительно недорогие, не требуют сложного оборудования для приготовления. Существенными недостатками подобных материалов являются высокая проницаемость в разбавленных кислотах, усадка при твердении и, как следствие, пониженная долговечность.

Строительные материалы и изделия на основе жидкого стекла просты и дешевы в изготовлении, отличаются разнообразием и широтой применения. Сочетание значительной механической прочности и высокой кислотостойкости при введении соответствующих

отвердителей делает их незаменимыми при защите конструкций и сооружений, работающих в условиях кислых агрессивных сред [1, 6].

В состав кислотостойких жидкостекольных композиций и смесей обычно входят [5]: вяжущее - натриевое (реже калиевое, цезиевое) жидкое стекло; отвердитель (ускоритель, катализатор, инициатор твердения) – соли некоторых щелочных или щелочноземельных металлов и кремнефтористоводородной кислоты, преимущественно кремнефтористый натрий; соединения на основе фосфатов; также некоторые другие вещества; активные добавки – мелкодисперсные вещества самой различной природы и состава, находящиеся в твёрдом или жидком состоянии; наполнители – тонкоизмельчённые природные или искусственные кислотостойкие минералы и материалы, чаще состоящие из кварца и других модификаций кремнезема; заполнители – природные или искусственные пески и щебни, получаемые дроблением кислотостойких пород (для растворов и бетонов).

Разработке кислотоупорных материалов всегда уделялось достаточное внимание. В свое время был разработан кислотоупорный цемент на основе жидкого стекла, включающий инертный наполнитель и кремнефтористый натрий [3]. Улучшения качества кислотостойких жидкостекольных материалов ученые добились за счет введения в составы различных активных и инертных добавок. Дальнейшими основными путями совершенствования кислотостойких материалов были модификация вяжущего, применение новых отвердителей, введение в состав композиций активных и инертных добавок, оптимизация режимов твердения, подбор составов для конкретных условий эксплуатации.

Известно, что существенным недостатком жидкого стекла как вяжущего является нерегулярность структуры, обусловленная коллоидно-химическими особенностями его строения, наличие отдельных частиц (мицелл полисиликатов), достигающих размеров 300 нм, что ухудшает качество структуры материалов [1].

Таким образом, радикального решения проблемы создания высококачественных жидкостекольных материалов, обладающих оптимальным сочетанием определяющих свойств, не существует, поскольку известные в настоящее время добавки и технологические приемы не обеспечивают получения стабильных деформаций расширения.

Таким образом можно сделать вывод, что в соответствии с составом и свойствами имеются три поколения кислотостойких материалов: жидкостекольные композиции с классическими отвердителями или без них и без активных добавок; композиции с новыми видами отвердителей и активными добавками, улучшающими свойства материалов, также жидкостекольные материалы гидробаротермального твердения, отличающиеся высокой плотностью и прочностью.

Однако кислотостойкие материалы последнего поколения имеют также комплекс недостатков, обусловленных усадочными явлениями при твердении. Существующие в настоящее время технологические приемы и добавки не обеспечивают получения стабильных деформаций расширения. Поэтому необходимо выявить практические способы регулирования деформаций при твердении с целью обеспечения требуемой структуры и свойств композиций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акулова, М. В., Емелин, В. Ю., Никифоров, А. Л., Наконечный, С. Н. (2013). Поведение теплоизоляционных строительных материалов в условиях пожара/ Ивановский институт Государственной противопожарной службы. – Иваново. – 96 с.
2. Вишняков В. И. Улучшение жидкостекольных смесей/ В. И. Вишняков// Производство. – 2007. – №11. – С. 42.
3. Корнеев, В. И. (2006). Жидкое стекло. – М.: Наука. – 211 с.
4. Лясс А. М. Пути улучшения смеси с жидким стеклом/ А. М. Лясс// Производство. – 2010. – №6. – С. 81–95.

5. Толстой, В. С. (2007). Физико-химические основы формирования свойств смесей с жидким стеклом. – Харьков: Виша школа. – 281 с.
6. Федосов С.В., Акулова М.В., Зиновьева Е.В. Влияние механоактивации на структурную модификацию полимерно-неорганических водных композиций // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - № 6 (354). 2014.-С. 130-133.

REFERENCES

1. Akulova, M. V., Emelin, V. Y., Nikiforov, A. L., Nakonechny. S. N. (2013). The behavior of heat-insulating building mA-materials in fire conditions/ Ivanovo Institute of State fire service. – Ivanovo. – 96 p.
2. Vishnyakov V. I. Improvement of the liquid-glass mixtures/ V. I. Vishnyakov// Production. – 2007. – No. 11. – P. 42.
3. Korneev, V. I. (2006). Liquid glass. – M.: Nauka. – 211 p.
4. Lyass, A. M. Ways of improving the mixture with liquid glass/ A. M. Layss// Production. – 2010. – No. 6. – P. 81-95.
5. Tolstoy, V. S. (2007). Physico-chemical basis for the formation of the properties of mixtures with liquid glass. – Kharkov: Vish school. – 281 p.
6. Fedosov S.V., Akulova M.V., Zinovyeva E.V. The imfluence of mtchanical activation on structural updating of polymeric and inorganic water compositions // Proceedings of higher educational establishments. Technology textile industry. - № 6 (354). 2014.-P. 130-133.

УДК 536-12

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ ИОННЫХ СТРУКТУР В МЕХАНОАКТИВИРОВАННОЙ ВОДЕ

THERMODYNAMIC PARTICULARLY RESISTANT IONIC STRUCTURES IN MECHANICALLI ACTIVATED WATER

Е.В. Зиновьева
E.V. Zinovjeva

Ивановский государственный политехнический университет

E-mail: zinoveva.ev@mail.ru

В рамках термодинамики необратимых процессов рассмотрены явления, влияющие на процесс образования водных ионных ассоциатов. Показаны причины устойчивости ионов гидроксония и гидроксид-ионов в водной среде.

Ключевые слова: термодинамика, ионные ассоциаты, ионы гидроксония

Within thermodynamics of irreversible processes are considered phenomena affecting the formation of ion associates of water. The reasons for the stability of hydronium ions and hydroxide ions in an aqueous medium.

Keywords: thermodynamics, ionic associates, jonah hydroxonium

Вода в отличие от большинства других жидких химических веществ обладает комплексом аномальных физико-химических свойств [1]. Объяснить наличие этих аномалий на основании природы атомов, определяющих строение молекулы воды, не представляется возможным. Поэтому предпринимались попытки экспериментальных исследований [2,6], направленных на установление связи надмолекулярных строений водных ассоциатов,

существующих при низких температурах в жидкой воде, с её аномальными свойствами. Эти ассоциаты, образование которых обусловлено полярностью молекул воды, неустойчивы и легко разрушаются при повышении температуры воды или механических воздействиях. В процессе активации воды первичные неустойчивые водные ассоциаты разрушаются и вместо них образуются устойчивые ионные ассоциаты в виде гидратных оболочек вокруг гидроксид-ионов и ионов гидроксония.

Ионы воды играют важную роль в процессах модификации структур водных дисперсных систем и повышении их агрегативной устойчивости [3,4]. В данной работе в рамках термодинамики необратимых процессов рассмотрены особенности образования и устойчивости гидратированных ионных ассоциатов.

С позиций термодинамики в результате активации воды на первый взгляд также происходит аномальный процесс, так как вместо возрастания энтропии, например, вызванной разрушением первичных водных ассоциатов происходит ещё большее структурирование воды, и, следовательно, уменьшение энтропии. Однако рассмотрим этот процесс более детально, так как результат активации воды связан с рядом разнонаправленных термодинамических явлений.

В процессе активации происходит распад молекул воды на два иона, что вызывает рост энтропии в системе. Затем ионы, обладающие большим электрическим зарядом, притягивают полярные молекулы воды, в результате чего энтропия системы уменьшается.

Рассмотрим термодинамические факторы сопутствующие процессу активации воды.

Во-первых, при распаде молекулы воды на ионы происходит увеличение объема системы в силу того, что два иона занимают больший объем, чем одна молекула воды. При образовании ионных ассоциатов объем системы уменьшается, так как гидратированный ионный ассоциат занимает меньший объем, чем составляющие его молекулы. Следовательно, протекают два разнонаправленных процесса: увеличение объема, а значит и энтропии системы в процессе распада молекул воды и её уменьшение при образовании ионных ассоциатов.

Во-вторых, изменяется структурная энергия активируемой системы: вначале при распаде активированных комплексов воды, структурная энергия системы увеличивается, а затем в процессе гидратации уменьшается.

Термодинамика образования ионного ассоциата начинается с появления ионов, протекающего по механизму [3]:



Отметим, что относительно химической реакции рассматривается равновесное состояние, т.е. сродство химической реакции A равно нулю, и поэтому приращение энтропии [5] обусловленное образованием из молекул воды ионов, также равно нулю:

$$\delta S_B = A \cdot \delta \xi / T_B = 0 \quad (2)$$

где $\delta \xi$ – изменение степени превращения воды в ионы, T_B – абсолютная температура воды. Иными словами рассматривается процесс структурирования воды, а не термодинамика образования ионов.

Пусть после образования положительно заряженного иона гидроксония H_3O^+ или отрицательно заряженного гидроксид-иона OH^- , обладающих высоким энергетическим потенциалом, система в силу обычных термодинамических причин начинает переходить в состояние с минимальной энергией за счет образования вокруг ионов гидратных оболочек. Избыточная часть тепловой энергии ассоциата δQ_A при этом передается в окружающую водную среду, имеющую температуру T_B . Поэтому энтропия водной среды возрастает на величину [5]:

$$\delta S_B = \delta Q_A / T_B \quad (3)$$

Следовательно, локально более высокая за счет более интенсивного трения молекул воды при образовании ионной структуры абсолютная температура внутри ассоциата T_A

будет затем в процессе переноса тепла выравниваться с температурой окружающей его воды $T_A > T_B$. Причем по абсолютной величине поток тепла, образовавшийся в ассоциате, равен потоку тепла поглощенному окружающей ассоциат водой:

$$|-\delta Q_A| = |\delta Q_B| \quad (4)$$

Изменение энтропии подсистемы, включающей ионный ассоциат и молекулы окружающей его воды, при этом с учетом (4) равно:

$$\delta S_{B,i} + \delta S_{A,i} = |\delta Q_{A,i}| \cdot \left(\frac{1}{T_{B,i}} - \frac{1}{T_{A,i}} \right) > 0 \quad (5)$$

и поэтому общая энтропия системы, состоящей из множества таких возможно дисперсных по размерам подсистем, в соответствии со вторым законом термодинамики возрастает:

$$\sum_i (\delta S_{B,i} + \delta S_{A,i}) > 0, \text{ где } i = 1, 2, 3 \dots n \quad (6)$$

Таким образом, в результате активации воды разнонаправленные термодинамические явления в условиях сохранения массы системы приводят к повышению её энтропии и существованию устойчивых ионных ассоциатов. Для возврата образовавшейся структурированной системы в исходное состояние теперь необходимо воздействовать на неё дополнительной механической или тепловой энергией, которая способна разрушить ассоциаты, чтобы в результате реакции нейтрализации ионов получить молекулы воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зацепина, Г.Н. (1987) Физические свойства и структура воды.// -М.: Изд-во МГУ, 171с.
2. Стебновский, С.В. (2002) Динамооптический эффект в гомогенных жидкостях//ЖТФ, т 72, вып 11, с.24
3. Зиновьева, Е.В. (2013) Особенности механоактивационных процессов в дистиллированной воде.// Разработка машин и агрегатов, исследование тепломассообменных процессов в технологиях производства и эксплуатации строительных материалов и изделий: сб. науч. тр. по материалам круглого стола, посвященного науч. шк. акад. РААСН, д-ра техн. наук, проф. С.В.Федосова/ Иван. гос. политехн. ун-т. - Иваново: ПресСто, с.128-131
4. Федосов, С.В. (2013) Влияние различных типов перемешивающих устройств на дисперсионный состав и свойства эмульсий /С.В.Федосов, М.В.Акулова, Е.В.Зиновьева // Приволжский научный журнал, №4. -с.79-84
5. Пригожин, И. (1960) Введение в термодинамику необратимых процессов.// М: Иностранная литература, 127 с.
6. Федосов С.В., Акулова М.В., Зиновьева Е.В. Влияние механоактивации на структурную модификацию полимерно-неорганических водных композиций // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - № 6 (354). 2014.-С. 130-133.

REFERENCES

1. Zatsepina, G.N. (1987). Physical properties and structure of water.// -M.: Publishing house MGU, p. 171
2. Stebnovski S. V. (2002). Dinamooptichesky effect in homogeneous liquids.// - GTF, 72 book, issue 11, p. 24
3. Zinovjeva, E.V. (2013) Features of mechanoactivation processes in the distilled water.// Development of cars and units, research the teplomassobmennykh of processes in production technologies and operation of construction materials and products: the collection of scientific works

on materials of the round table devoted to a scientific school of the academician of PAACH, d.t.s., professor S.V. Fedosov/IVGPU.- Ivanovo: PresSto, p. 128-131

4. Fedosov, S.V. (2013) Influence of various types of the mixing devices on dispersive structure and properties of emulsions / Fedosov S.V., Akulova M. V., Zinovjeva E.V// Privolzhski scientific magazine, №4.- p.79-84

5. Prigozhin, I. (1960). Introduction to thermodynamics of irreversible processes.// M: Foreign literature, p.127

6. Fedosov S.V., Akulova M.V., Zinovyeva E.V. The influence of mechanical activation on structural updating of polymeric and inorganic water compositions // Proceedings of higher educational establishments. Technology textile industry. - № 6 (354). 2014.-P. 130-133.

УДК 666.972.16

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ВЯЖУЩИХ, И МЕТОДИКА ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ

TECHNOLOGICAL FEATURES OF RECEIVING SULFUR-CONTAINING ACTIVATED KNITTING AND THE TECHNIQUE OF THEIR RESEARCH

¹М.В. Акулова, ²Б.П. Исакулов, ²Б.Б. Кульшаров

¹M.V. Akulova, ²B.P. Isakulov, ²B.B. Kolarov

Ивановский государственный политехнический университет

Актюбинский региональный государственный университет

Ivanovo state polytechnical university

Aktyubinsk regional state university

E-mail: m_akulova@mail.ru, k_psm@igasu.ru; mr.Baizak@mail.ru

В регионах Центральной Азии количество промышленных и сельскохозяйственных отходов сейчас превышает более 25 млрд.т, из которых более 10,5 млрд.т – это твердые и жидкие отходы горно-обогатительных, металлургических и нефтехимических отраслей промышленности и более 400 млн.т – золы и шлаки топливно-энергетических производств и отходы агропромышленного комплекса. Одним из наиболее рациональных способов уменьшения отрицательного влияния многотоннажных токсичных отходов на окружающую среду является использование их в качестве сырья для производства строительных материалов. Исходя из этого, проблема комплексной переработки твердых и жидких отходов превращается в приоритетное промышленное направление, эколого-технологические задачи которого становятся актуальными в социально-экономическом развитии государств Центральной Азии. В работе рассматриваются основы новых безотходных технологий обезвреживания и комплексного использования отходов нефтегазовой отрасли республики Казахстана в виде строительных материалов.

Ключевые слова: отходы, бетон, серосодержащие вяжущее, активация и детоксикация

In regions of Central Asia the quantity of industrial and agricultural wastes now exceeds more than 25 million t from which more than 10,5 million t are a solid and liquid waste of mining and processing, metallurgical and petrochemical industries and more than 400 million t – ashes and slags of fuel and energy productions and waste of agro-industrial complex. One of the most rational ways of reduction of negative influence of large-tonnage toxic waste on environment is their use as raw materials for production of construction materials. Proceeding from it, the problem of complex processing of solid and liquid waste turns into the priority industrial direction which ekologo-technological tasks become actual in social and economic development of the states of Central Asia. In work, basics of new waste-free technologies of neutralization and complex use of waste of oil and gas branch of the republic of Kazakhstan in the form of construction materials are covered.

Key word: waste, concrete, sulfur-containing knitting, activation and the detoxication

В настоящее время намечены направления к снижению расхода цемента за счет применения отходов различных отраслей промышленности в виде шламов и золы ТЭЦ [1, 2]. Применение повышенного количества наполнителей и добавок (50, 60 и 70 %) вводимое в цементное композиционное вяжущее приведено в работах [1-5].

Однако, такое содержание наполнителей не нашло широкого применения, из-за недостаточной прочности смешанных вяжущих и дефицита высокоактивных портландцементов. При этом наиболее оптимальным составом, признано 40 %-е содержание зол и шламов в составе вяжущих.

При использовании высоких дозировок в смешанных вяжущих наблюдается повышение реакционной способности, которое достигается путем совместного измельчения портландцемента в присутствии химических добавок [3-5].

Для изучения способа механохимической активации смешанных добавок технической серы и пиритного огарка совместно с цементным раствором и его влияния на свойства серосодержащего теста и прочности серосодержащего цементного камня принята методика последовательного изучения растворной смеси трехкомпонентного вяжущего. Анализ процессов, происходящих в этой последовательности, позволил выяснить причины повышения активности исходного вяжущего [4, 5, 6].

Для проведения исследования использовался портландцемент марки 400 Чимкентского цементного завода. Испытание цемента проводили в соответствии с ГОСТ 310.1-76, 310.2-76, 310,3-76, 310,4-76, результаты и химический состав цемента приведены в табл. 1. 2.

Таблица 1

Характеристики и свойства портландцемента Чимкентского цементного завода

Наименование характеристик	показатели
1. Тонкость помола ост. № 008, %	8,7
2. Удельная поверхность, м /кг	227
3. Нормальная густота, %	25,2
4. Сроки схватывания, час - мин.	
- начало	2-39
- конец	4-29
5. Предел прочности при изгибе через 28суток, МПа	5,9
6. Предел прочности при сжатии через 28 суток, МПа	47,2

Таблица 2

Химический состав цемента Чимкентского цементного завода

содержание, %									
основные оксиды						основные минералы			
CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	R ₂ O	SO ₃	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
61,48	23,38	6,38	6,09	0,38	0,60	57,6	17,4	7,9	13,1

В качестве дополнительной добавки использованы пиритные огарки, состоящие главным образом из смеси оксидов железа (II, III) Fe₃O₄ (Fe₂O₃), с пересчетом на содержание железа 40 – 63%, и примесей серы 1-2%. Остальное - оксиды цветных металлов. Химический состав цемента и пиритного огарка, масс. % приведен в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав цемента и пиритного огарка, масс. %

CaO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	SO ₃	R ₂ O	П.П.П
10,5	19,7	66,1	2,3	1,2	-	-	0,2

В качестве модифицирующей добавки рассматривалась техническая сера - вторичный продукт переработки высокосернистой нефти месторождений Республики Казахстан. Сера представляет собой гранулированный продукт, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 127.1-93. Химический состав серы приведен в табл. 4.

Таблица 4

Химический состав серы

Сорт	ГОСТ	Массовая доля серы, %	Массовая доля золы, %	Массовая доля орг. веществ, %	Массовая доля воды, %
9998	127.1-93	99,06	0,40%;	0,53%;	0,01%.

Для приготовления, вяжущего использовалась водопроводная питьевая вода, соответствующая требованиям ГОСТ 23732-79 «Вода для бетонов и растворов».

Образцы изготовлялись в технологической последовательности:

- подготовка серосодержащих добавок по фракционному составу и удельной поверхности и дозирование;
- дозирование портландцемента;
- добавка определенного количества воды от общей массы вяжущего и перемешивание;
- загрузка в барабанную мельницу серосодержащих добавок соотношений технической серы на пиритный огарок 100:200, 100:250, 150: 250 по массе и и влажный помол до тонкости, характеризующейся, 8—10% остатка на сите № 008 и перемешивание в течение 20 мин;
- добавка к серосодержащей смеси 67-70% цемента и недостающего количества воды до В/Ц 0,6;
- совместный помол серосодержащих добавок с цементом в течение 10 мин;
- остановка мельницы и выгрузка серосодержащего вяжущего состава.

В результате совместного помола композиционного вяжущего отмечено изменение цвета обрабатываемой смеси от желтоватого до серо-зеленого, что указывает на окисление серы трехвалентным железом, переходящим в двухвалентное железо. Оценка влияния серосодержащих добавок в зависимости от состава, удельной поверхности добавок при времени помола 10 минут на прочность серосодержащего цементного камня приведена в табл. 5.

Таблица 5

Влияние удельной поверхности добавок на физико-механические свойства серосодержащего вяжущего различного состава

Удельная поверхность, см ² /см ³	Состав вяжущего, % (цемент: пиритный огарок: сера)	Предел прочности при сжатии, МПа через сут.		
		7	14	28
2850	74:18:8	8,7	9,2	10,3
4425	70:18:12	8,75	9,2	10,3
4650	67:20:13	8,8	9,3	10,32
4705	74:18:8	9,2	9,9	10,8
4850	70:18:12	9,5	10,5	11,2
4930	67:20:13	9,7	10,7	11,5
4805	74:18:8	9,3	9,95	11
4920	70:18:12	9,5	10,5	11,5
4960	67:20:13	9,8	11,1	11,9

При этом пиритный огарок, по-видимому, выполняет при этом роль инициатора физико-химического процесса коагуляции вяжущей смеси. В процессе коагуляции

происходит поляризация дисперсных частиц вяжущего и взаимное притяжение между собой, что усиливает процесс структурообразования.

Известно, что повышение реакционной способности компонентов вяжущего при мокром помоле достигается не только за счет повышения дисперсности в жидкой фазе, но и изменением кристаллической структуры, формы частиц, что является предпосылкой интенсификации процесса коагуляции серосодержащей смеси. При этом, химический и минералогический состав исходного вяжущего остаются неизменными. Интенсификация процесса коагуляции вяжущего происходит путем совмещения явления роста удельной поверхности частиц с эффектом уменьшения кинетического потенциала, а также гомогенизации вяжущего. Механизм активации серосодержащей смеси осуществляется за счет эффективного вскрытия потенциальных свойств частиц вяжущего с ростом удельной поверхности.

Таким образом можно предположить, что механизм активации заключается в взаимодействии вновь обнажающихся поверхностей частиц вяжущего при мокром помолу, т.е. придании механического и химико-энергетического импульса каждой частице. Благодаря этому, интенсифицируется процесс коагуляции вяжущей смеси и интенсивное образование каркаса кристаллической решетки за счет образования кристаллогидратов. Анализируя вышеизложенную информацию, можно отметить, что механизм активации заключается в повышении сил межмолекулярных взаимных притяжений и возникновении поверхностных валентных сил при сближении наночастиц коллоидной системы. Это является одним из решающих факторов в образовании коагуляционной структуры цементносеросодержащего геля и упрочнения системы, связанной с постепенным увеличением сил взаимодействия (сцепления) структурных элементов, входящих в состав новообразований фазы активированного серосодержащего вяжущего.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акулова, М.В. (2013) Механохимическая активация и детоксикация промышленных отходов для получения вяжущих легких бетонов // Вестник ВолГАСУ. Вып. 31 (50), ч. 2. - Волгоград, С. 75-78.
2. Исакулов, Б.Р. (2010) Использование отходов нефтегазовой промышленности в производстве строительных материалов // Материалы Международной научно-практической конференции Оренбургского государственного университета. - Оренбург, С. 120-123.
3. Федосов, С.В. (2004) Повышение долговечности бетонного камня механоактивацией воды затворения с пластифицирующей добавкой С-3 // Актуальные вопросы строительства: науч.-техн. конф. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, С. 357-358.
4. Федосов, С.В. (2004) Механическая активация воды затворения и ее влияния на свойство цементного теста и прочности цементного камня // Актуальные проблемы науки в АПК: материалы 55 Междунар. науч.-практ. конф. – Кострома: Изд-во КГСХА, Т.1. С. 37-39.
5. Федосов, С.В. (2013) Нейтрализация токсичных отходов для получения вяжущих при производстве строительных материалов // Информационная среда вуза: Мат-лы XX Междунар. науч.-техн. конф. – Иваново: ИГАСУ, С. 233 – 235.
6. Федосов С.В., Акулова М.В., Зиновьева Е.В. Влияние механоактивации на структурную модификацию полимерно-неорганических водных композиций // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - № 6 (354). 2014.-С. 130-133.

REFERENCES

1. Akulova, M. V. (2013) Mekhanokhimicheskaya activation and a detoxication of industrial wastes for receiving the knitting light concrete // the Messenger of VOLGASU, Volgograd, Page 75-78.
2. Isakulova, B. R. (2010) Use of waste of the oil and gas industry in production of construction materials // Materials of the International scientific and practical conference of the Orenburg state

university. Orenburg with 120-123.

3. Fedosov, S. V. (2004) Increase of durability of a concrete stone zatvoreniye water mechanoactivation with plasticizing S-3 additive //Topical issues of construction: науч. - техн. конф. – Saransk: Publishing house Mordov. un-that, Page 357-358.

4. Fedosov, S. V. (2004) Mechanoactivation activation of water of a zatvoreniye and its influence on property of cement dough and durability of a cement stone //Actual problems of science in agrarian and industrial complex: materials 55 Mezhdunar. Науч. - прак. конф. – Kostroma: Publishing house of KSAA, Page 37-39.

5. Fedosov, S. V. (2013) Neutralization of toxic waste for receiving the construction materials knitting by production // Information environment of higher education institution: Materials XX of the international scientifically technical conference – Ivanovo: ISACA, Page 233 – 235.

6. Fedosov S.V., Akulova M.V., Zinovyeva E.V. The influence of mtchanical activation on structural updating of polymeric and inorganic water compositions // Proceedings of higher educational establishments. Technology textile industry. - № 6 (354). 2014.-P. 130-133.

УДК 666.971:691.6:001.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ТОНКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАКТОРОВ И ПАРАМЕТРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОВЕДЕНИЕ ПЕНОБЕТОНОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

USING METHODS THERMAL ANALYSIS TO EXPLORE THE FACTORS AND PARAMETERS, DETERMINED THE BEHAVIOUR OF FOAM CONCRETE WITH HIGH TEMPERATURE INFLUENCE

Н.Ф. Левашов, М.В. Акулова, О.В. Потемкина, В.Ю. Емелин
N.F. Levashov, M.V. Akulova, O.V. Potemkina, V.Yu Yemelin

**Ивановский государственный политехнический университет
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России
Ivanovo state polytechnical university
IFRA of SFS of EMERCOM of Russia**

E-mail: irisacareva@rambler.ru, m_akulova@mail.ru, molodkina@mail.ru, emelin78@mail.ru

В работе приведены результаты применения методов тонкого анализа с целью определения состава и исследования свойств нового теплоизоляционного материала - пенобетона на основе жидкостекольных композиций, предназначенного для защиты строительных объектов и технологического оборудования от высоких температур, возникающих при пожарах или нештатных аварийных ситуациях. На основе применения методов термогравиметрического и дифференциально-термогравиметрического анализа было установлено, что состав пенобетона, основанный на использовании комплекса термостойких материалов, включающих бой стекла и жидкое стекло, превосходит по своим эксплуатационным и экономическим показателям существующие аналоги.

Ключевые слова: пенобетон, натриевое жидкое стекло, бой стекла, термогравиметрический анализ, дифференциально-термогравиметрический анализ.

The results of application of thermal analysis. to determine the composition and study the properties of the new insulating material – foam concrete based sodium silicate solute. This material is used to protect construction sites and production equipment from high temperatures, resulting in fires or abnormal emergency situation. analysis. It was found by the methods thermogravimetric and differential thermogravimetric analysis that the foam concrete composition based on the using of complex heat-resistant materials including broken glass and water glass, is superior in its performance and economic indicators existing analogues.

Keywords: foam concrete, sodium silicate solute, thermogravimetric analysis, differential thermogravimetric analysis.

Интенсивное развитие промышленности, внедрение новых технологий, наряду с решением важнейших проблем жизнедеятельности человека, сопровождается чрезвычайными ситуациями (пожарами, авариями) вплоть до техногенных катастроф. Все это вызывает возникновение опасных аварийных ситуаций, которые требуют более совершенных средств защиты людей, борющихся с этими опасными для жизни ситуациями. Поэтому в настоящее время актуальной является проблема разработки новых конструкционных материалов и изделий теплозащитного и огнестойкого назначения, которые могли бы использоваться в качестве огнезащитных преград, а так же разработка и усовершенствование методов анализа их поведения в условиях высокотемпературных воздействий.

Целью работы является исследование влияния добавки жидкого стекла на структуру пенобетонного камня различного состава повышенной теплостойкости [1,6]. В данной работе приведены методики, и результаты исследования фазового состава пенобетона с добавками жидкого стекла, фазового состава пенобетона с добавками жидкого стекла и боя стекла с помощью термогравиметрического и дифференциально-термогравиметрического анализа, а так же проведен сравнительный анализ исследования по определению влияния добавки жидкого стекла на структуру пенобетонов различных составов.

Исследование цементных композиций в данной работе проведено на основе местного и доступного сырья. В данной работе использовались следующие материалы:

- 1) Песок, удовлетворяющий требованиям [ГОСТ 8736- 93 «Песок для строительных работ. Технические условия»], использовался в качестве мелкого заполнителя. Свойства песка определены согласно [ГОСТ 8735-88 «Песок для строительных работ. Методы испытания»]
- 2) Мордовский цемент марки М-500 ДО, соответствующий [ГОСТ 31108-2003: Цементы общестроительные. Технические условия.], [ГОСТ 30515-97 Цементы. Общие технические условия] для приготовления бетона.
- 3) Дистиллированная вода городской водопроводной сети, удовлетворяющая требованиям [ГОСТ 6709-72* «Вода дистиллированная. Технические условия] для затворения бетонной смеси.
- 4) Натриевое жидкое стекло, производимое на предприятиях химической промышленности, плотностью $1,4 \text{ г/см}^3$ и с силикатным модулем — 2,8-3,0.
- 5) бой листового силикатного стекла предварительно размолотого до крупности не более 0,63 мм
- 6) пенообразователь ПБ-2000 производства ОАО «Ивхимпром» (соответствующий требованиям ТУ 2481-185-05744685-01)

На основании полученных результатов [2] , были приготовлены составы сырьевых композиций для получения четырех видов пенобетона: 1 образец (контрольный) – песок: цемент: вода: пенообразователь; 2 образец – песок: цемент: вода: пенообразователь: жидкое стекло; 3 образец – песок: цемент: вода: пенообразователь: бой стекла; 4 образец – песок: цемент: вода: пенообразователь: жидкое стекло: бой стекла, после чего данные смеси заливались в формы.

Термогравиметрический (ТГ) и дифференциально-термогравиметрический (ДТГ) анализ образцов пенобетона [3,4] проводился на термоанализаторе SETARAM TGA 92-24. Исследование проводилось на пробах, выбранных из внутреннего слоя разрушенных образцов, измельченных до крупности частиц 0,8 мм. При расшифровке термограмм использовались работы В.С. Рамачадрана, М.С. Гаркави, М.М. Сычева и др., [5]. Температура максимального развития реакции определялась по кривой ДТГ в точке перелома кривой. По величине площадей и пиков, выявлялась степень интенсивности физико-химических процессов. Гидратационная активность цемента оценивалась по количеству химически связанной воды. При расчете степени гидратации алита за основу принималась интенсивность эндотермического пика, соответствующая разложению $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Нагрев образцов исследуемых материалов осуществлялся в интервале температур от комнатной до $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, скорость нагрева составляла $10 \text{ }^\circ\text{C/мин}$. Результаты опытов

представлены на термограммах (рис. 1, 2, 3, 4) и в табл. 2.

Анализ полученных термограмм, исследуемых образцов позволил выявить следующие закономерности: кривые ДТГ характеризуются тремя эндотермическими пиками, третий из которых имеет сложную форму за счет частичного перекрыwania эффектов, а также одним незначительным экзоэффектом.

Количественный анализ изменения структуры пенобетонов при нагревании приведен в табл. 1.

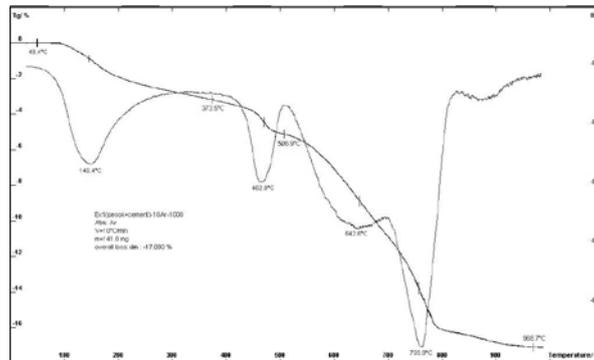


Рис. 1. Дифференциальный термогравиметрический анализ (ДТГ) и термогравиметрический (термовесовой) анализ контрольного пенобетона: (песок: цемент)

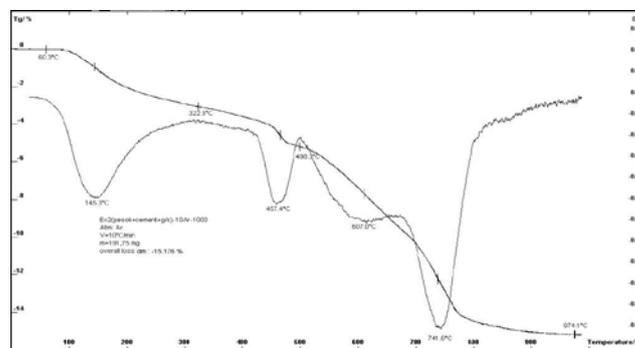


Рис. 2. Дифференциальный термогравиметрический анализ (ДТГ) и термогравиметрический (термовесовой) анализ пенобетона состава (песок: цемент: жидкое стекло)

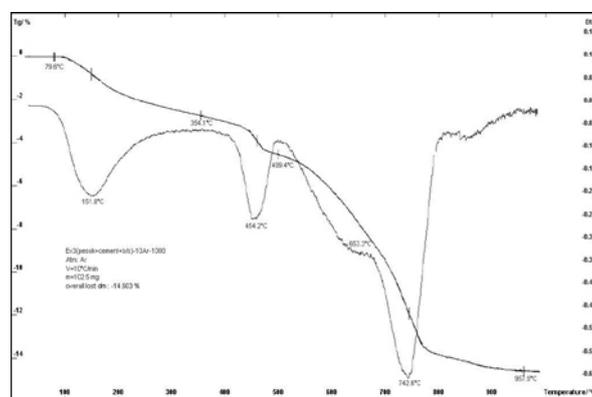


Рис. 3. Дифференциальный термогравиметрический анализ (ДТГ) и термогравиметрический (термовесовой) анализ пенобетона состава (песок: цемент: бой стекла)

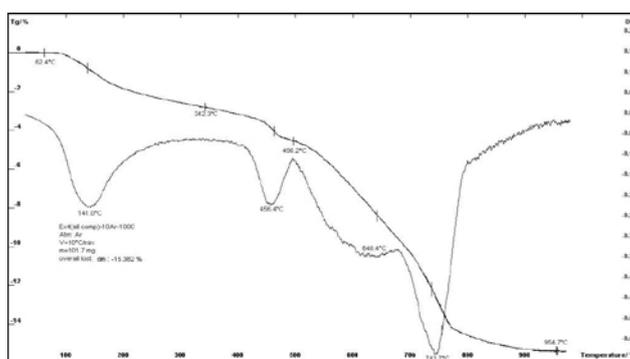


Рис. 4. Дифференциальный термогравиметрический анализ (ДТГ) и термогравиметрический (термовесовой) анализ пенобетона состава (песок: цемент: жидкое стекло: бой стекла)

Таблица 1

Изменение массы пенобетона различного состава в термоанализаторе

Состав пенобетона	Температурный интервал / температурный пик, (T1 ⁰ C-T2 ⁰ C) / T3 ⁰ C					Общая потеря влаги, %	Общая потеря массы, %
	Изменение массы, %						
1) контрольный (песок: цемент)	48,4-253,8/ 146,4	253,8- 419,2/ 373,5	419,2- 506,9/ 462,8	506,9- 696,2/ 642,6	696,2- 968,7/ 759,9	2,37	17,09
	2,368	1,039	1,790	5,313	6,583		
2) песок: цемент: жидкое стекло	79,6-242,3/ 151,8	242,3- 426,9/ 354,1	426,9- 499,4/ 454,2	499,4- 678,8/ 653,3	678,8- 957,9/ 742,6	2,07	14,60
	2,347	1,460	1,408	4,224	5,737		
3) песок: цемент: бой стекла	79,6-242,3/ 151,8	242,3- 426,9/ 354,1	426,9- 499,4/ 454,2	499,4- 678,8/ 653,3	678,8- 957,9/ 742,6	2,07	14,60
	2,071	1,191	1,295	4,143	5,903		
4) песок: цемент: жидкое стекло: бой стекла	62,4-223,1/ 141,0	223,1- 419,2/ 342,3	419,2- 496,2/ 456,4	496,2- 682,7/ 640,4	682,7- 954,7/ 743,7	2,07	15,38
	2,072	1,295	1,191	5,127	5,697		

Представленные нами данные свидетельствуют о зависимости кинетических характеристик твердения цемента от добавления жидкого стекла и боя стекла. Как показали исследования, наилучший эффект выявлен при совместном применении жидкого стекла и боя стекла в составе пенобетона. Изменения в кинетике, положительно сказавшиеся на фазовых превращениях, обусловлены, как мы полагаем, образованием более прочных химических связей, о чем свидетельствует, например, третий (дегидратация гидросиликатов кальция) эндоэффект, характеризующийся наибольшей площадью энтальпии и более глубокими пиками, смещенным в сторону более высоких температур.

В результате проведенного дифференциально-термогравиметрический анализа по оценке влияния добавок жидкого стекла и боя стекла на устойчивость пенобетона к высокотемпературному нагреву было определено, что лучшую устойчивость показал пенобетон с совместным применением жидкого стекла и боя стекла. Таким образом, можно сделать вывод о том, что методы тонкого анализа достаточно удобны и эффективны для применения с целью исследования свойств и характера поведения новых материалов на основе цементных составов, созданных для защиты от высокотемпературных воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние жидкого стекла на термостойкость цементных композитов / М.В. Акулова, О.В. Потемкина, В.Ю.Емелин, А.Н. Коллеров. Приволжский научный журнал. 2013. № 1. 2013. С. 17-21.
2. Пат. РФ на изобретение Сырьевая смесь для получения пенобетона № 2471753 / Федосов С.В., Малый И.А., Ветошкин А.А., Акулова М.В., Потемкина О.В.,Щепочкина Ю.А.,Емелин В.Ю.от 27.07.2011.
3. Топор Н.Д. и др. Термический анализ минералов и неорганических соединений. – М.: МГУ, 1987. – 190 с.
4. Уэнландт У. Термические методы анализа. – М.: Мир, 1978. – 527 с.
5. Рамачандран В.С. Применение дифференциального термического анализа в химии цементов. – М.: Стройиздат, 1977. – 408 с.
6. Федосов С.В., Акулова М.В., Зиновьева Е.В. Влияние механоактивации на структурную модификацию полимерно-неорганических водных композиций // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - № 6 (354). 2014.-С. 130-133.

REFERENCES

1. Akulova M.V., Potemkina O.V, Emelin V.U., Kollerov A.N. Vliyanie zhidkogo stekla na termostoikost cementnih copozitov. [Liquid glass influence of heat resistance cement composites]. Privolzhskiy nauchniy zhurnal – Privolzhsky scientific journal. vol. № 1. – N. Novgorod, NNGASU, 2013. pp. 17-21.
2. Fedosov S.V., Malyu I.A., Vetoshkin A.A., Akulova M.V., Potemkina O.V.,Shchepochkina YU.A.,Yemelin V.YU. Syr'yevaya smes' dlya polucheniya penobetona. [Raw mixture to get foam concrete]. Patent RF, no. 2471753, 2011.
3. Topor N.D. i dr. Termicheskiy analiz mineralov i neorganicheskikh soyedineniy. [Thermal analysis of minerals and inorganic compounds] – М.: MGU, 1987 – 190 p.
4. Uenlandt U. Termicheskiye metody analiza [Thermal methods of analysis]. - М .: Mir, 1978. - 527 p.
5. Ramachandran V.S. Primeneniye differentsial'nogo termicheskogo analiza v khimii tsementov.[The using of differential thermal analysis in chemistry cements]. – М .: Stroyizdat, 1977. - 408 p.
6. Fedosov S.V., Akulova M.V., Zinovyeva E.V. The imfluence of mtchanical activation on structural updating of polymeric and inorganic water compositions // Proceedings of higher educational establishments. Technology textile industry. - № 6 (354). 2014.-P. 130-133.

ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

PROBLEMS AND DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF BUILDING MATERIALS

А.А. Сергиенкова, М.В. Акулова
A.A. Sergienkova, M.V. Akulova

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo state polytechnical university
E-mail: m_akulova@mail.ru

В данной статье рассматриваются проблемы и направления развития теории и практики строительного материаловедения. Приводятся статистика и достижения отечественной и зарубежной строительной индустрии. Рассматриваются современные аспекты и направления развития производства строительных материалов с учетом ограничения потребления природных ресурсов, энергосбережения, охраны окружающей среды, повышения объемов использования в производстве попутных продуктов и отходов промышленности. Описывается прогресс в области производства минеральных вяжущих веществ, также их минералогический и вещественный состав, физико-химические и технологические свойства, область применения. Рассматривается перспектива применения вяжущих низкой водопотребности с целью повышения экономики, продолжительности сохранения активности и интенсивного набора прочности цементного камня.

Ключевые слова: проблемы и направления развития строительного материаловедения; вяжущие низкой водопотребности.

This article discusses the problems and directions of development of the theory and practice of building materials. Provides statistics and achievements of domestic and foreign construction industry. Discusses current aspects and directions of development of manufacture of building materials subject to the limitation of natural resources consumption, energy saving, environmental protection, increase the amount of use in the production of by-products and waste industry. Describes progress in the production of mineral binders, their mineralogical and petrographic composition, physico-chemical and technological properties, field of application. Discusses the prospect of a binder with low water demand, with the aim of improving the economy, the duration of being active and intense strength of cement stone.

Key words: problems and directions of development of building materials; binding agents with low water demand.

Перестройка экономических отношений в нашей стране, интеграция в мировой строительный рынок привели к необходимости совершенствования отечественной строительной индустрии с целью привести ее в соответствие с мировыми мерками по номенклатуре, качеству и конкурентоспособности ее продукции и строительного комплекса России в целом. Это может быть обеспечено в значительной мере только при соответствующем сопровождении и дальнейшем развитии строительного материаловедения – науки, включающей фундаментальные исследования взаимосвязи состава, структуры, свойств и технологии материалов, и прикладные исследования по совершенствованию свойств традиционных и разработке эффективных новых материалов и технологий их производства [5, 6].

Строительное материаловедение включает в круг исследований природное и техногенное сырье, природные и искусственные конструкционные, теплоизоляционные, отделочные, гидроизоляционные, антикоррозионные, акустические, радиационно стойкие и другие материалы, применяемые во всех отраслях промышленности и хозяйства. В связи с этим состояние и развитие строительного материаловедения определяет в значительной мере состояние и развитие не только строительного комплекса, но и всей экономики страны в целом [4].

Современное строительное материаловедение должно развиваться с учетом [2]:

изменившейся в последние десятилетия стратегии развития земной цивилизации, в том числе и строительной отрасли, от «безграничного научно-технического прогресса» к «устойчивому развитию», основные критерии которой – ограничение потребления природных ресурсов, ресурсо- и энергосбережение, охрана окружающей среды, повышение объемов использования в производстве строительных материалов попутных продуктов и отходов промышленности;

повышающихся требований к надежности и долговечности строительных материалов и изделий в условиях воздействия различных сред эксплуатации и механических нагрузок;

мировых и отечественных достижений фундаментальных и прикладных исследований.

Прогресс в области строительства в значительной мере определяется свойствами и количеством производимых вяжущих, главным из которых по объемам производства и применения является портландцемент [5].

Создание и применение новых физических методов в химии цемента, позволивших проводить углубленное изучение механизма явлений в технологии цемента позволили обеспечить прогресс в повышении качества цемента и освоение производства более 30-ти его разновидностей, отличающихся минералогическим и вещественным составом и соответственно техническими свойствами, и областью применения [1]. Российские ученые [4] еще в 30-е годы прошлого столетия внесли существенный вклад в разработку цементов с различными видами минеральных добавок, что позволяет не только повысить эффективность использования цементного клинкера, но и энергосбережение в производстве цемента и утилизацию техногенных отходов. К пониманию эффективности и реализации этого направления в других технически развитых странах пришли только в последние десятилетия. Учеными последовательно разработаны принципиально новые виды цементов [3]: пластифицированные, гидрофобные, расширяющиеся, напрягающие, быстро-, особо- и сверхбыстротвердеющие, высокопрочные марок 600-700, с добавками крентов, низкой водопотребности (ЦНВ) прочностью до 120 МПа с максимумом до 170 МПа.

Обеспечение растущих потребностей цемента может реализовываться в значительной мере расширением применения известных и разработок новых видов бесклинкерных и малоклинкерных вяжущих [1]. Производство и применение гипсовых вяжущих в нашей стране от общего объема минеральных вяжущих составляет около 5%, в то время как в других технически развитых странах этот показатель достигает 20-27%. Отечественная гипсовая промышленность производит преимущественно строительный гипс, а в других технически развитых странах производится в значительных объемах ангидритовые и гипсоангидритовые вяжущие, позволяющие значительно расширить области применения гипсовых вяжущих. Значительные исследования и разработки эффективных повышенной водостойкости смешанных и композиционных гипсовых вяжущих - гипсоцементнопуццолановых, гипсо-шлако-цементно-пуццолановых, известково-гипсо-зольных, известково-гипсо-цементно-зольных, известково-гипсо-пуццолановых, известково-гипсо-шлаковых, известково-гипсо-цементно-зольных, низкой водопотребности - в последние 50 лет выполнены в Российских университетах [3]. Продвижение их к освоению промышленным производством и разработке новых и эффективных разновидностей является перспективным направлением строительного материаловедения. Перспективным направлением развития строительного материаловедения является и продвижение к освоению известных разработок шлакощелочных вяжущих и расширение исследований и разработок новых их разновидностей, что позволит в значительной мере одновременно решать задачи снижения цементоемкости строительства, ресурсо- и энергосбережения и охраны окружающей среды.

Перспективным направлением является и разработка модифицированных композиционных магнезиальных вяжущих, гидравлической извести, романцемента с

повышенными показателями физико-технических свойств и освоение их производства на основе местного сырья, вяжущего низкой водопотребности.

Вяжущее низкой водопотребности (ВНВ) получают путем интенсивной механохимической обработки портландцемента с минеральной добавкой в присутствии порошкообразного суперпластификатора (С-3) [1]. ВНВ характеризуется, по сравнению с обычным портландцементом, высокой дисперсностью (удельная поверхность 4000-5000 см²/г), низкой водопотребностью (нормальная густота цементного теста в среднем 18,0-20,0%, при том, что у портландцемента М400 и М500 НГ составляет 26,5% и 26,0%), активность по показателю прочности до 100 МПа. В качестве активных минеральных добавок используют доменные шлаки и золы-унос; инертные добавки: строительный песок, «хвосты» горно-обогатительных комбинатов. Характерной особенностью цементных систем на основе ВНВ является существенное замедление процессов структурообразования в первые 4-8 часов после затворения, с последующей интенсивной кристаллизацией и твердением. ВНВ применяют для изготовления бетона и железобетона повышенной прочности; при получении арболита с повышенными физико-техническими свойствами; а также в составе полимерцементных покрытий полов промышленных зданий и при зимнем беспрогревном бетонировании [3].

Одной из особенностей вяжущих ближайших десятилетий будут, очевидно, являться их многокомпонентность за счет содержания минеральных и других добавок различного происхождения и назначения и, в первую очередь, техногенных отходов, а основной упор будет сделан на экономику и экологию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Композиционные материалы: В 8-ми т. Пер. с англ. Под ред. Л. Брадмана, Р. Крока. – М.: Машиностроение, 1978.
2. Современные проблемы строительного материаловедения: Материалы пятых академических чтений РААСН/Воронеж. гос. арх.-строит. акад. – Воронеж, 1999.
3. Малинина Л. А. Вяжущие. В кн. Железобетон в XXI веке: Состояние и перспективы развития бетона и железобетона в России/Госстрой России: НИИЖБ. – М.: Готика, 2001. – 684 с. – (Сер. «Structural concrete science and practice»).
4. Современные методы оптимизации композиционных материалов/ Вознесенский В. А., Выровой В. Н., Корш В. Я. и др.; Под ред. Вознесенского В. А. – Киев, Будівельник, 1983. – 144 с.
5. Рекитар М. А. Долговременные тенденции развития производства строительных материалов и инвестиционная политика в этой области. Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века, №6, 2001.
6. Федосов С.В., Акулова М.В., Зиновьева Е.В. Влияние механоактивации на структурную модификацию полимерно-неорганических водных композиций // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. - № 6 (354). 2014.-С. 130-133.

REFERENCES

1. Composite materials: 8 T. TRANS. angl. Ed. by L. Bradtman, R. crock. – M.: Mashinostroenie, 1978.
2. Modern problems in building materials: proceedings of the fifth academic readings RAASN/Voronezh. state architect.-builds. Acad. – Voronezh, 1999.

3. Malinina L. A. Binders. In proc. The concrete in the XXI century: current State and prospects of development of concrete and reinforced concrete in Russia/Gosstroy of the Russian NIIZH. – M.: Gothic, 2001. – 684 p. – (Ser. "Structural concrete science and practice").
4. Modern methods of optimization of composite materials/ V. A. Voznesensky, Vyrovoy V. N., Korsh, J. V. and others; Under the editorship of V. A. Voznesensky – Kiev, Budivel'nik, 1983. – 144 p.
5. Reciter M. A. Long-term trends in the production of building materials and investment policy in this area. Building materials, equipment, technologies of XXI century", №6, 2001.
6. Fedosov S.V., Akulova M.V., Zinovyeva E.V. The influence of mechanical activation on structural updating of polymeric and inorganic water compositions // Proceedings of higher educational establishments. Technology textile industry. - № 6 (354). 2014.-P. 130-133.

УДК 69.01

РЕСУРСОСБЕРЕГАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАЛОЭТАЖНЫХ ДОМОВ

ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES IN BUILDING LOW-RISE BUILDINGS

К.Б. Строкин, С.В. Феофанов
K.B. Strokin. S.V. Feofanov

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University
E-mail: Net.da@o.ru

Одной из самых серьезных задач XXI века является достижение ресурсоэффективности и энергоэффективности в различных отраслях. Место государства в числе развитых стран мировой экономики уже сейчас определяет отношение к научно-техническому прогрессу, к пользе его для общества. Проблема ресурсоэффективности зародилась в середине прошлого века, но не получила свое распространение ввиду унификации и типизации жилищного строительства, отсутствию альтернативных источников энергоснабжения дома, узкому перечню строительных материалов. Малоэтажное жилье XXI века необходимо вести согласно концепции пассивного дома. Пассивный дом является энергонезависимой системой, не требующей подключения к существующим коммуникациям. Применение комплексного подхода к проектированию и строительству малоэтажных жилых домов позволит добиться снижения эксплуатационных затрат в 1,5 раза.

Ключевые слова: эффективность, сбережение ресурсов, пассивный дом, потребление энергии

One of the greatest challenges of the XXI century is to achieve efficiency and energy efficiency in various sectors. Location State among the developed countries of the world economy now shaping attitude to scientific and technical progress, to the use of it for society. The problem of resource efficiency originated in the middle of the last century, but has not received its due to the spread of unification and typification of housing, lack of alternative sources of supply houses, narrow list of building materials. Low-rise housing of the XXI century must be guided by the concept of the passive house. Passive House is a non-volatile system that does not require connection to the existing communications. An integrated approach to the design and construction of low-rise residential buildings will allow to reduce operating costs by 1.5 times.

Keywords: efficiency, resource conservation, passive house, energy consumption

Ресурсосбережение является одной из самых серьезных задач XXI века. От результатов решения этой проблемы зависит место нашего общества в ряду развитых в экономическом отношении стран и уровень жизни граждан.

Общемировое потребление энергоресурсов с 1980 по 2014 год включительно, по оценкам Института энергетических исследований РАН и Международного энергетического агентства, увеличилось наполовину. По прогнозам, к 2030 году оно возрастет еще на 65–70%. Причем страны с развивающейся рыночной экономикой (прежде всего Китай, Индия, Россия, Бразилия и Мексика) наиболее быстрыми темпами наращивают энергопотребление.

Энергосбережение сегодня является одним из приоритетных направлений политики и компаний, которые ориентированы на динамичное развитие, как в плане снижения издержек на собственное производство основной продукции, так и в соответствии с общей направленностью правительственных программ, направленных на снижение нагрузок на вырабатывающие мощности. Контроль за рациональным и эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов (природного газа, электрической энергии, воды и тепловой энергии), правильность учета энергопотребления, а также расчетов являются основополагающей ресурсосбережения.

Достижение рационального и эффективного использования ресурсов возможно при помощи: 1.) оценки фактического состояния энергопотребления и сравнения показателей топливно-энергетических ресурсов с нормативным значением; 2.) выявления причин нерационального и неэффективного использования ТЭР и определения резервов их экономии; 3.) разработки комплекса технических и организационных мероприятий направленных на повышение энергоэффективности.

В России подавляющее большинство зданий, классифицируемых по типу малоэтажное жилье, относится к зданиям с высокими теплопотерями (их показатели потерь тепла во многих случаях превышает 300 кВтч/м² в год). В условиях увеличивающегося потребления энергоресурсов и постоянного их удорожания стремление к минимизации потерь тепла уже существующих зданий (а также находящихся в стадии проектирования) является главной задачей.

Строительство малоэтажного жилья необходимо вести в соответствии с концепцией, разработанной доктором Вольфгангом Файсом и профессором Бом Адамсоном. Согласно их концепции дома могут быть пассивно теплыми, отапливая самих себя за счет внутренних источников тепла, солнечной энергии, поступающей через окна и незначительному нагреву приточного воздуха.

Пассивный дом является энергонезависимой системой, не требующей подключения к существующим коммуникациям. В мире к настоящему времени накоплен существенный опыт применения принципов пассивного домостроения в холодном климате. Речь идет, как о расчете энергетических моделей зданий, так и о реализации строительных объектов в Канаде, Норвегии, Финляндии и России.

Более суровые природные условия по сравнению с центральной Европой и, соответственно, низкие (расчетные) зимние температуры, обуславливают большую потребность в энергии на обогрев зданий. Это означает, что достижение теплотехнических характеристик здания, близких к требованиям стандарта пассивного дома, является не только сложной амбициозной задачей, с одной стороны, но и обеспечивает большую экономию энергоносителей, чем в умеренном климате, с другой.

Применение комплексного подхода к проектированию и строительству малоэтажных жилых домов позволит добиться снижения потребления топлива примерно в 1,5 раза. Применение тепловых насосов в совокупности с воздушными климатическими системами позволяет сделать стоимость эксплуатации таких домов не выше, чем у домов, обеспеченных природным газом. Причем капитальные затраты на тепловой насос, как правило, ниже затрат на подключение к магистральному газу и установку отопительного газового котла.

Положительный эффект от строительства энергоэффективных зданий заключается, во-первых, в получении комфортного микроклимата с чистым воздухом в обслуживаемых системой помещениях и не нарушение экологической среды вокруг здания. Во-вторых, снижение эксплуатационных расходов на 50–70% за счет снижения потребления тепла и электроэнергии, а также сокращение на 30% потребления воды и как следствие уменьшение

нагрузки на канализацию. В-третьих, возможен отказ от собственных котельных, а также от подключений к магистральным теплотрассам и газопроводам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ивакин, Е.К., Белевцов, С.П. Малоэтажное строительство: девелопмент и логистика, г.Ростов-на-Дону, РГСУ, кафедра «Маркетинга и логистики», 2010 г.
2. Казейкин В.С., Баронин С.А., Черных А.Г., Андросов А.Н. Проблемные аспекты развития малоэтажного жилищного строительства в России, г. Москва, ИНФАР-М, 2011 г.
3. Малоэтажное строительство в России - <http://nus-ural.ru>.

REFERENCES

1. Ivakin, E.K., Belevtsov, S.P. Maloetazhnoe stroitel'stvo: development i logistika [Low-rise construction: Development and Logistics], g.Rostov-na-Donu, RGSU, kafedra «Marketinga i logistiki», 2010 g.
2. Kazeykin V.S., Baronin S.A., Chernykh A.G., Androsov A.N. Problemnye aspekty razvitiya maloetazhnogo zhilishchnogo stroitel'stva v Rossii [Problematic aspects of the development of low-rise housing construction in Russia], g. Moskva, INFAR-M, 2011 g.
3. Maloetazhnoe stroitel'stvo v Rossii [Low-rise construction in Russia]- <http://nus-ural.ru>.

УДК 699.8:624.048

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

PHYSICO-CHEMICAL AND MATHEMATICAL ASPECTS OF SECURITY TECHNOLOGY AND DURABILITY OF BUILDINGS AND STRUCTURES

В.А. Хрунов
V.A. Hrunov

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: sprinter054@yandex.ru

Актуальность вопросов разработки на основе классических и новейших теоретических и экспериментальных исследований эффективных рекомендаций для предотвращения разрушения бетонных конструкций от коррозии обуславливает необходимость в изучении коррозионных процессов. Проведено математическое моделирование коррозионного массопереноса в процессах коррозии первого вида цементных бетонов, возникающей в бетоне при воздействии воды с малой жесткостью, когда составные части цементного камня растворяются, вымываются и уносятся перемещающейся водной средой. Приведена краевая задача массопроводности в размерных и безразмерных переменных. Представлено решение задачи методом Лапласа при малых значениях массообменного числа Фурье. Получены выражения, позволяющие рассчитывать значение концентраций свободного гидроксида кальция по толщине конструкции в любой момент времени и его содержание в жидкой фазе.

Ключевые слова: коррозия, цементный бетон, диффузия, массоперенос, безопасность, долговечность, закон Генри, математическое моделирование.

The relevance of development on the basis of the classical and latest theoretical and experimental studies efficient recommendations on preventing the destruction of building structures due to corrosion necessitates to study the corrosion process. The mathematical simulation of the corrosion mass-transfer in the course of corrosion of cement concretes of the first type, which occurs in the concrete under the impact of water with low

hardness when components of the cement stone are dissolved, washed away, and carried away by the moving aqueous media, has been carried out. The boundary problem of mass conductivity in dimensional and non-dimensional variables is presented. The final solution of the problem using the method of Laplace at low values of Fourier number for mass exchange is presented. Expressions possible to calculate the value of the concentration of free calcium hydroxide in thickness design at any time and its content in the liquid phase.

Keywords: corrosion, cement concrete, diffusion, mass-transfer, safety, durability, henry number, mathematical simulation.

Технологии безопасности и долговечности зданий и сооружений - совокупность результатов экспериментально-теоретических исследований, методов проектирования, проектных, конструктивных и технологических решений, обеспечивающих их эксплуатацию на всем периоде функционирования без создания состояния опасного для жизни и здоровья людей и без нанесения вреда окружающей среде. Повышение качества и долговечности сооружений является одной из важнейших задач строительства. Решение этой задачи требует знания сущности процессов, протекающих при эксплуатации строительных конструкций, в первую очередь сущности процессов коррозии.

Коррозией (лат. *corrosio* - разъедание) называется процесс разрушения материала под действием внешней среды. В той или иной степени коррозии подвергаются все материалы.

Одним из направлений в области изучения проблемы долговечности является исследование закономерностей процессов коррозии, как в экспериментальном, так и теоретическом плане.

В настоящее время отечественными и зарубежными исследователями предлагается большое количество математических моделей процессов коррозии бетона, позволяющих с требуемой точностью рассчитать долговечность бетонных и железобетонных конструкций. Разработка математических моделей процессов коррозии бетона базируется на физических моделях диффузии переносимых компонентов в пористой структуре бетона и математическом аппарате краевых задач массопереноса с использованием дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа [3].

Ниже приводится математическая модель процессов диффузии гидроксида кальция при коррозии I вида в системе «железобетонный резервуар-жидкость».

Математически массоперенос гидроксида кальция в стенке бетонных конструкций определяется краевой задачей массопроводности вида:

$$\frac{\partial C(x, \tau)}{\partial \tau} = k \cdot \frac{\partial^2 C(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad \tau > 0, \quad 0 \leq x \leq \delta. \quad (1)$$

$$\text{Начальное условие: } C(x, \tau)|_{\tau=0} = C(x, 0) = C_0. \quad (2)$$

$$\text{Граничные условия: } \frac{\partial C(0, \tau)}{\partial x} = 0; \quad (3)$$

$$k \cdot \frac{\partial C(\delta, \tau)}{\partial x} = \beta [C_p(\tau) - C(\delta, \tau)], \quad (4)$$

где $C(x, \tau)$ - концентрация «свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ » в бетоне в момент времени τ в произвольной точке с координатой x , в пересчете на CaO , кг $\text{CaO}/\text{кг}$ бетона; C_0 - концентрация «свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ » в бетоне в начальный момент времени в произвольной точке с координатой x , в пересчете на CaO , кг $\text{CaO}/\text{кг}$ бетона; $C_p(\tau)$ - равновесная концентрация на поверхности твердого тела, кг $\text{CaO}/\text{кг}$ бетона; k - коэффициент массопроводности в твердой фазе, $\text{м}^2/\text{с}$; δ - толщина стенки конструкции, м; x - координата, м; τ - время, с; β - коэффициент массоотдачи в жидкой среде, $\text{м}/\text{с}$.

Согласно закону сохранения масс, поток массы вещества, выходящего с поверхности бетона, должен быть равен количеству вещества, прибывающему в жидкую фазу:

$$-S \cdot \rho_b \cdot k \cdot \frac{\partial C(\delta, \tau)}{\partial x} = V_{ж} \cdot \rho_{ж} \cdot \frac{\partial C_{ж}(\tau)}{\partial \tau}, \quad (5)$$

где левая часть - количество переносимого компонента через внутреннюю поверхность резервуара S , м²; правая часть - приращение массы компонента в объеме $V_{ж}$ резервуара, м³; ρ_b , $\rho_{ж}$ - плотности бетона и жидкости, соответственно, кг/м³. Знак «минус» указывает на уменьшение концентрации компонента в бетоне.

Отличительной особенностью математической модели (1)-(4) является не постоянство величины равновесной концентрации на поверхности твердого тела C_p , а ее зависимость от концентрации компонента в жидкой фазе $C_{ж}$. Простейшей формой этой зависимости является закон Генри:

$$C_p(\tau) = m C_{ж}(\tau), \quad (6)$$

где m - константа Генри, кг жидкости /кг бетона.

Для упрощения понимания решения воспользуемся критериями подобия и введем безразмерные переменные вида:

$$Z(\bar{x}, Fo_m) = \frac{C_0 - C(x, \tau)}{C_0}, \quad \bar{x} = \frac{x}{\delta}, \quad Fo_m = \frac{k\tau}{\delta^2}, \quad Bi_m = \frac{\beta\delta}{k}, \quad Z_{ж}(Fo_m) = \frac{C_0 - mC_{ж}(\tau)}{C_0}. \quad (7)$$

$$Обозначим так же: \quad K_m = \frac{m \cdot S \cdot \delta \cdot \rho_b}{V_{ж} \cdot \rho_{ж}} = \frac{m \cdot G_b}{G_{ж}}, \quad (8)$$

где K_m - коэффициент, учитывающий характеристики фаз; G_b - масса бетонного резервуара, кг; $G_{ж}$ - масса жидкости в резервуаре, кг.

Тогда краевая задача массопроводности в безразмерном виде может быть представлена следующей системой уравнений:

$$\frac{\partial Z(\bar{x}, Fo_m)}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 Z(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}^2}, \quad Fo_m > 0, \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1. \quad (9)$$

$$Начальное условие: \quad Z(\bar{x}, 0) = 0. \quad (10)$$

$$Граничные условия: \quad \frac{\partial Z(0, Fo_m)}{\partial \bar{x}} = 0; \quad (11)$$

$$\frac{1}{Bi_m} \cdot \frac{\partial Z(1, Fo_m)}{\partial \bar{x}} = [Z_p(Fo_m) - Z(1, Fo_m)] \quad (12)$$

В уравнении (12) $Z_p(Fo_m)$ есть то же самое, что и $Z_{ж}(Fo_m)$.

Тогда условие массообмена бетона и жидкости окончательно примет вид:

$$-\frac{\partial Z_{ж}(Fo_m)}{\partial Fo_m} = K_m \cdot \frac{\partial Z(1, Fo_m)}{\partial \bar{x}}. \quad (13)$$

Решение системы выполнялось методом интегрального преобразования Лапласа, т.е. исходная система уравнений отображалась в область комплексных чисел, в которых было получено решение системы, а затем был произведен перевод решения в область оригиналов.

При решении системы уравнений (9)-(12) для малых чисел Фурье, получены выражения, позволяющие рассчитать профиль безразмерных концентраций переносимого компонента по толщине бетона в произвольный момент времени (14) и концентрацию перенесенного компонента в жидкой фазе (15) на начальных этапах процесса коррозии первого вида [3]:

$$\frac{Z(\bar{x}, Fo_m)}{Z_{жс}(0)} = -\frac{Bi_m}{\sqrt{Bi_m^2 - 4K_m}} \sum_{i=1}^2 (-1)^i \exp[-a_i(1-\bar{x}) + a_i^2 Fo_m] \times \operatorname{erfc}\left(\frac{1-\bar{x}}{2\sqrt{Fo_m}} - a_i\sqrt{Fo_m}\right) \quad (14)$$

$$\frac{Z_{жс}(Fo_m)}{Z_{жс}(0)} = 1 - \frac{K_m Bi_m}{\sqrt{Bi_m^2 - 4K_m}} \sum_{i=1}^2 (-1)^{i+1} \left\{ 2\sqrt{\frac{Fo_m}{\pi}} + a_i \int_0^{Fo_m} \exp(a_i^2 Fo_m) \times \operatorname{erfc}(-a_i\sqrt{Fo_m}) dFo_m \right\} \quad (15)$$

где $a_i = \frac{-Bi_m \pm \sqrt{D}}{2}$, $i=1, 2$.

Полученные решения позволяют определять значение концентраций переносимого компонента («свободного гидроксида кальция») по толщине конструкции в начальных периодах коррозионного разрушения цементных бетонов и, кроме того, дают возможность расчета содержаний этого вещества в жидкой фазе и среднее по толщине и объему конструкции, т.е. расчета кинетики процесса по твердой и жидкой фазам.

Теоретические расчеты по представленной математической модели показаны в предыдущих публикациях [3-5].

Некоторые результаты расчетов по полученным выражениям приведены на рисунках 1 и 2. Рисунок 1 иллюстрирует данные вычислений профилей безразмерных концентраций в зависимости от массообменного критерия Bi_m (Био). Анализ профилей концентраций по толщине бетона при $Fo_m=0,05$ показывает, что основной вклад процесса массопереноса сосредоточен в поверхностном слое на границе раздела «твердое-жидкость». При увеличении массообменного критерия Био появляются большие градиенты концентраций. Увеличение Bi_m в пять раз вызывает рост градиента концентраций в 2,5-3 раза.

Рисунок 2 показывает соответствующие этому случаю кинетические кривые накопления вещества в жидкости.

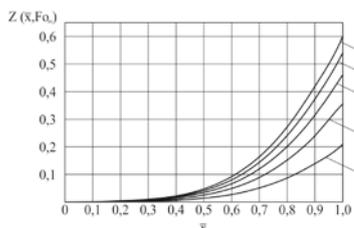


Рис. 1: Профили безразмерных концентраций по толщине бетона при $Fo_m=0,05$ с различными значениями Bi_m :
1 - 1; 2 - 2; 3 - 3; 4 - 4; 5 - 5

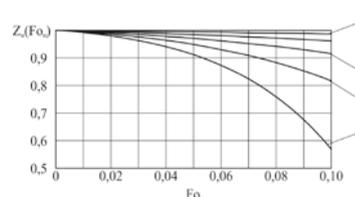


Рис. 2: Кинетика изменения концентрации переносимого компонента в жидкой фазе при следующих значениях Bi_m :
1 - 1; 2 - 2; 3 - 3; 4 - 4; 5 - 5

Безусловным положительным моментом полученных зависимостей является возможность решения обратной задачи, когда имеющиеся экспериментальные данные с помощью данной модели позволят прогнозировать численное значение «свободного гидроксида кальция», что в конечном итоге позволяет с минимальной погрешностью прогнозировать долговечность и надежность объектов строительного комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Москвин, В.М. Коррозия бетона. М.: Стройиздат, 1952. 342 с.
2. Федосов, С.В., Румянцева, В.Е., Федосова, Н.Л., Смельцов, В.Л. Моделирование массопереноса в процессах жидкостной коррозии бетона первого вида // Строительные материалы. 2005. №7. С. 60-62.
3. Реутский, В.А., Сажин, Б.С. Использование обобщенного уравнения массо-передачи для процессов хемосорбции и сушки ленточных материалов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2011. №2(331). С. 89-92.
4. Федосов, С.В., Румянцева, В.Е., Хрунов, В.А., Аксаковская, Л.Н. Моделирование

- массопереноса в процессах коррозии бетонов первого вида (малые значения числа Фурье) // Строительные материалы. 2007. №5. С. 70-71.
5. Каюмов, Р.А., Федосов, С.В., Румянцева, В.Е., Хрунов, В.А., Манохина, Ю.В., Красильников, И.В. Математическое моделирование коррозионного массопереноса гетерогенной системы «жидкая агрессивная среда - цементный бетон». Частные случаи решения // Известия КГАСУ. 2013. №4(26). С.343-348.
6. Федосов, С.В., Румянцева, В.Е., Хрунов, В.А., Шестеркин, М.Е. О некоторых проблемах технологии безопасности и долговечности зданий, сооружений и инженерной инфраструктуры // Строительные материалы. 2015. №3. С.8-11.

REFERENCES

1. Moskvin, V.M. Korroziya betona [Corrosion of concrete]. Moscow: Strojizdat. 1952. 342 p.
2. Fedosov, S.V., Rummyantceva, V.E., Fedosova, N.L., Smel'cov, V.L. Modeling of mass transfer processes in liquid corrosion of the concrete of the first kind. Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]. 2005. No. 7, pp. 60-62.
3. Reutsky, V.A., Sazhin, B.S. The use of the generalised equation for mass transport for the processes of a hemisorption and drying of band materials // Proceedings of higher education institutions. Textile industry technology. 2011. No 2 (331). pp. 89-92.
4. Fedosov, S.V., Rummyantceva, V.E., Khrunov, V.A., Aksakovskaya, L.N. Modeling of mass transfer in the processes of corrosion of the concrete of the first kind (small values of the number of Fourier). Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]. 2007. No. 5, pp. 70-71.
5. Kayumov, R.A., Fedosov, S.V., Rummyantceva, V.E., Khrunov, V.A., Manohin, Yu.V., Krasil'nikov, I.V. Mathematical modeling of corrosion mass transfer in heterogeneous systems «liquid corrosive environment - cement concrete». Special cases and solutions. Izvestiya KGASU. 2013. No. 4 (26), pp. 343-348.
6. Fedosov, S.V., Rummyantceva, V.E., Khrunov, V.A., Shesterkin, M.E.. On Some Problems of Security Technology and Durability of Buildings and Engineering Infrastructure // Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]. 2011. No. 3, pp. 8-11.

УДК 620.197.4

К ВОПРОСАМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

TO QUESTIONS OF MATHEMATICAL MODELING AND ANALYSIS OF THE CORROSION PROCESS CONCRETE AND FERROCONCRETE

В.Е. Румянцева, С.А. Логинова
V.E. Rumjanceva, S.A. Loginova

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnic University

E-mail: varrym@gmail.com, sl79066171227@yandex.ru

Изложено современное представление о механизмах разрушения бетона и железобетона в результате действия коррозионных процессов. Дано обоснование общности методологического подхода к моделированию процессов массопереноса при жидкостной коррозии строительных материалов. Представлены математические модели массообменных процессов, протекающих по механизмам коррозии 1-го и 2-го видов, приведены решения систем уравнений методом преобразований Лапласа.

Ключевые слова: бетон, железобетон, коррозия, массоперенос, математическое моделирование.

There is presented modern concept about mechanisms of destructions of concrete and ferroconcrete as a result of corrosion processes. Substantiation generality of the methodological approach to modeling of mass transfer processes when liquid corrosion of building materials is justified. There are presented mathematical models of mass transfer processes, processes on the corrosion mechanisms of the first and second kinds, there are solutions of systems of integral equations by the method of Laplace transforms.

Keywords: concrete; ferroconcrete; corrosion; mass transfer; mathematical modeling.

Полученные на практике результаты обследования железобетонных конструкций свидетельствуют о том, что под действием различных факторов (температура, влажность) несущая способность и жесткость в процессе эксплуатации конструкций снижаются. Поэтому проблема оценки долговечности железобетонных конструкций является актуальной.

Первые методы прогнозирования долговечности позволяли оценивать влияние статических, динамических, режимных нагрузок на прочность железобетонных конструкций.

Новый этап в развитии теории долговечности конструкций из железобетона связан с накоплением экспериментальных данных о влиянии агрессивных сред на бетон.

К настоящему времени имеется большой объем научных данных о коррозионных процессах, протекающих в бетонах. Большой практический материал создает предпосылки для более широкого применения математического моделирования при исследовании процессов коррозии бетона и железобетона.

По общепринятой международной классификации, предложенной профессором В. М. Москвиным [1], коррозионное воздействие любых сред на бетоны подразделяют на три основных вида:

– к коррозии 1-го вида относят процессы, возникающие в бетоне при воздействии на него вод с малой жесткостью, когда составные части цементного камня растворяются, вымываются и уносятся перемещающейся водной средой;

– к коррозии 2-го вида относят процессы, происходящие при действии на цементный камень агрессивных веществ, которые, вступая во взаимодействие с составными частями цементного камня, образуют либо легкорастворимые и вымываемые водой соли, либо аморфные массы, не обладающие связующими свойствами.

– к коррозии 3-го вида относят процессы, при развитии которых в порах бетона происходит накопление и кристаллизация продуктов реакции с увеличением объема твердой фазы. Они создают внутренние напряжения, ведущие к разрушению бетона.

Разработка математических моделей невозможна без четкого представления о механизме процессов, экспериментальных данных, характеризующих влияние различных факторов на кинетику и динамику процессов и проверки достоверности методологии прогноза в натуральных условиях.

Решение этих задач возможно с позиций теории массопереноса. Законы массопереноса дают возможность рационального проектирования строительных конструкций в соответствии с режимами эксплуатации, оптимального подбора материала, оценки состояния конструкций. Поэтому изучение процессов массопереноса, протекающих при коррозионной деструкции, является актуальной задачей.

В статье [2] приводится математическая модель коррозионного массопереноса в замкнутой системе «жидкость – резервуар», которая определяется краевой задачей массопроводности вида:

$$\frac{\partial C(x, \tau)}{\partial \tau} = k \frac{\partial^2 C(x, \tau)}{\partial x^2}, \tau > 0, 0 \leq x \leq \delta. \quad (1)$$

Начальные условия:

$$C(x, \tau)|_{\tau=0} = C(x, 0). \quad (2)$$

Граничные условия:

$$\frac{\partial C(0, \tau)}{\partial x} = 0; \quad (3)$$

$$k \frac{\partial C(\delta, \tau)}{\partial x} = \beta [C_p(\tau) - C(\delta, \tau)]. \quad (4)$$

где $C(x, \tau)$ – концентрация «свободного гидроксида кальция» в бетоне в момент времени τ в произвольной точке с координатой x , в пересчете на CaO, кг CaO / кг бетона; $C_p(\tau)$ – равновесная концентрация на поверхности твердого тела, кг CaO/кг бетона; k – коэффициент массопроводности в твердой фазе, м²/с; δ – толщина стенки конструкции, м; x – координата, м; τ – время, с; β – коэффициент массоотдачи в жидкой среде, м/с.

Уравнение массопроводности при коррозии первого вида в безразмерных переменных примет вид:

$$\frac{\partial Z(\bar{x}, Fo_m)}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 Z(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}^2} - Po_m^*, \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1, \quad Fo_m > 0; \quad (5)$$

$$Z(\bar{x}, Fo_m)|_{Fo_m=0} = \frac{C_0 - C(x, \tau)}{C_0} \Big|_{\tau=0} = 0; \quad (6)$$

$$\frac{\partial Z(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}} \Big|_{\bar{x}=0} = 0; \quad (7)$$

$$\frac{1}{Bi_m} \frac{\partial Z(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}} = [Z_p(Fo_m) - Z(\bar{x}, Fo_m)] \Big|_{\bar{x}=1}; \quad (8)$$

$$-\frac{\partial Z_{ж}(Fo_m)}{\partial Fo_m} = K_m \frac{\partial Z(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}} \Big|_{\bar{x}=1}; \quad (9)$$

$$K_m = \frac{mS\delta}{V_{ж}} \frac{\rho_{бет}}{\rho_{ж}} = \frac{mG_{бет}}{G_{ж}}, \quad (10)$$

где: $Fo_m = k\tau/\delta^2$ – массообменный критерий Фурье; $Bi_m = \beta\delta/k$ – массообменный критерий Био; $Po_m^* = q_v\delta^2/kC_0\rho_{бет}$ – модифицированный критерий Померанцева; $\bar{x} = x/\delta$ – безразмерная координата; C_0 – концентрация «свободного гидроксида кальция» в бетоне в начальный момент времени в произвольной точке с координатой x , в пересчете на CaO, кг CaO/кг бетона; $Z(\bar{x}, Fo_m)$ – безразмерная концентрация переносимого компонента по толщине бетона; $Z_p(Fo_m)$ – безразмерная равновесная концентрация на поверхности твердого тела; $Z_{ж}(Fo_m)$ – безразмерная концентрация переносимого компонента в жидкой фазе; $\rho_{бет}, \rho_{ж}$ – плотности бетона и жидкости, соответственно, кг/м³; m – константа Генри, кг жидкости / кг бетона; K_m – коэффициент, учитывающий характеристики фаз; $G_{бет}$ – масса

бетонного резервуара, кг; G_j – масса жидкости в резервуаре, кг; $qv(x)$ – мощность объемного источника массы вследствие химических реакций, кг CaO/(м³·с).

На начальном этапе процесса коррозии первого вида, когда концентрация «свободного гидроксида кальция» в порах бетона претерпевает незначительные изменения, разложение высокоосновных соединений не происходит, поэтому в уравнении (3) модифицированный массообменный критерий Померанцева, характеризующий источник «свободного гидроксида кальция», равен нулю $Po_m^* = 0$.

Изложенные в [3, 4] результаты расчетов, полученных с помощью метода преобразований Лапласа, позволяют в конечном итоге определить продолжительность жидкостной коррозии 1 вида.

В работе [5] установлены закономерности массопереноса при жидкостной коррозии цементных бетонов, протекающих по механизму 2 вида. На основании этого разработана математическая модель диффузии «свободного гидроксида кальция» в гетерогенной системе «бетон – жидкость» [5], которая в твердой фазе представляется уравнениями вида

$$\frac{\partial C(x, \tau)}{\partial \tau} = k \frac{\partial^2 C(x, \tau)}{\partial x^2} + \frac{q_v(x)}{\rho_\delta}, \quad \tau \geq 0, \quad 0 \leq x \leq \delta, \quad (11)$$

Начальные условия:

$$C(x, \tau)|_{\tau=0} = C_0(x) \quad (12)$$

Граничные условия:

$$\left. \frac{\partial C(x, \tau)}{\partial x} \right|_{x=0} = 0 \quad (13)$$

$$-k\rho_\delta \left. \frac{\partial C(x, \tau)}{\partial x} \right|_{x=\delta} = q_i \quad (14)$$

В безразмерных координатах краевая задача массопроводности (11) – (14) принимает следующий вид:

$$\frac{\partial \theta(\bar{x}, Fo_m)}{\partial Fo_m} = \frac{\partial^2 \theta(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}^2} + Po_m^*(\bar{x}), \quad Fo_m > 0, \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1; \quad (15)$$

$$\theta(\bar{x}, Fo_m)|_{Fo_m=0} = \theta_0(\bar{x}); \quad (16)$$

$$\left. \frac{\partial \theta(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}} \right|_{x=0} = 0; \quad (17)$$

$$-\left. \frac{\partial \theta(\bar{x}, Fo_m)}{\partial \bar{x}} \right|_{x=1} = Ki_m^*, \quad (18)$$

где $\theta(\bar{x}, Fo_m)$ – безразмерная концентрация «свободного гидроксида кальция» по толщине бетона; Ki_m^* – модифицированный критерий Кирпичева.

Полученные методом преобразований Лапласа решения позволяют рассчитывать концентрации «свободного гидроксида кальция» в твердой

и жидкой фазах, концентрации продуктов реакций, продолжительность процесса коррозии бетона 2 вида.

В конечном итоге использование методов математического моделирования при исследовании процессов коррозии бетона и железобетона позволяет с минимальной погрешностью прогнозировать долговечность и надежность объектов строительного комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Москвин, В. М. Коррозия бетона / В. М. Москвин. – М: Госстройиздат, 1952. – 342 с.
2. Моделирование массопереноса в процессах коррозии бетонов первого вида (малые значения числа Фурье) / С. В. Федосов, В.Е. Румянцева, В.А. Хрунов, Л.Н. Аксаковская // Строит. материалы. – 2007. – № 5. – С. 70 – 71.
3. Прогнозирование долговечности строительных конструкций с позиций расчетного и экспериментального исследования процессов коррозии бетона / С. В. Федосов, В.Е. Румянцева, В.А. Хрунов, Н.С. Касьяненко, В.Л. Смельцов // Вестн. ВолгГАСУ. Сер. Строительство и архитектура. – 2009. – Вып. 14 (33). – С. 117 – 122.
4. Теоретические и экспериментальные исследования процессов коррозии первого вида цементных бетонов при наличии внутреннего источника массы / С. В. Федосов, В.Е. Румянцева, И.В. Красильников, Н.С. Касьяненко // Строительные материалы. – 2013. – № 6. – С. 44 – 47.
5. Федосов, С. В. Математическое моделирование массопереноса в процессах коррозии бетона второго вида / С. В. Федосов, В. Е. Румянцева, Н. С. Касьяненко // Строит. материалы. – 2008. – № 7. – С. 35– 39.

REFERENCES

1. Moskvin, V. M. Corrosion of concrete / V. Moskvin. – M. : Gastrolyzer, 1952. – 342 p.
2. Modeling of mass transfer in the processes of corrosion of concretes of the first type (small values of the Fourier number) / S. V. Fedosov, V.E. Rummyantsev, V.A. Khrunov, L.N. Aksakov // Building materials. – 2007. – № 5. – P. 70 – 71.
3. Prediction of durability of building structures from the standpoint of numerical and experimental studies of the processes of corrosion of concrete / S. V. Fedosov, V.E. Rummyantsev, V.A. Khrunov, N.S. Kasyanenko, V.L. Smeltsov // Vestn. The M. SC. Ser. Construction and architecture. – 2009. – Vol. 14 (33). – P. 117 – 122.
4. Theoretical and experimental studies of corrosion processes of the first type of cement concrete in the presence of internal mass source / S. V. Fedosov, V.E. Rummyantsev, I.V. Krasilnikov, N.S. Kasyanenko // Building materials. – 2013. – № 6. – P. 44 – 47.7 – 122.
5. Fedosov, S. V. Mathematical modeling of mass transfer in the processes of corrosion of concrete of the second kind / S. V. Fedosov, V. E. Rummyantseva, N. S. Kasyanenko // Builds. materials. – 2008. – №.7. P. 35– 39.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ БЕТОНА I ВИДА

THE CHARACTERISTICS OF THE PROCESSES OF CORROSION OF CONCRETE OF THE I TYPE

М.Е. Шестеркин, В.С. Коновалова, В.Е. Румянцева
M.E. Shestyorkin, V.S. Konovalova, V.E. Roumyantseva

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Politechnical University

E-mail: shesterkin86@mail.ru, kotprotiv@yandex.ru, varrym@gmail.com

Проведены исследования жидкостной коррозии бетонов I вида в условиях ограниченного объема жидкой фазы. Изучена кинетика и степень развития процессов коррозии в цементном камне и жидкости в результате их взаимодействия. Получены выражения, позволяющие определять значение концентраций переносимого компонента по толщине конструкции в любой момент времени. Под переносимым компонентом понимается «свободный гидроксид кальция». Представлены графические зависимости, дающие наглядное представление о линейности изменения средней концентрации переносимого компонента. На основании полученных экспериментальных данных проведены расчеты по разработанной математической модели процесса массопереноса в процессах коррозии цементного бетона I вида. Определены основные параметры исследуемых процессов: коэффициенты массопроводности и массоотдачи.

Ключевые слова: массоперенос, жидкостная коррозия, коррозия бетона i вида, уравнения массопереноса, математическое моделирование

Researches of the liquid corrosion of concrete of the I type in the case of the limited volume of the liquid phase have been conducted. The kinetics and the degree of development of corrosion processes in the cement stone and in the fluid as a result of their interaction were studied. The resulting expression allows us to determine the value of the concentration of the transferred component in the thickness of the structure at any time. "The free calcium hydroxide" means under portable component. Graphical dependences giving a visual representation of the linearity of the change of the average concentration of the transferred component are presented. On the basis of obtained experimental data the calculations on mathematical models of the process of mass transfer in the processes of corrosion of cement concrete of the I type were conducted. The main parameters of the investigated processes: the coefficients of mass conductivity and of mass delivery were determined.

Keywords: mass transfer, liquid corrosion, corrosion of concrete of the i type, the equations of mass transfer, mathematical modeling

С физико-химической точки зрения коррозия первого вида включает в себя следующие процессы: физическое взаимодействие жидкой неагрессивной среды с растворенным в порах бетона «свободным гидроксидом кальция»; диффузию «свободного гидроксида кальция» через пористую структуру бетона к поверхности раздела фаз «жидкость - бетон» до момента достижения концентрации начала разложения высокоосновных соединений; массоперенос «свободного гидроксида кальция» в жидкую среду [1].

На практике очень важным случаем является коррозия I вида в условиях ограниченного объема жидкой фазы. Отличительной чертой такого процесса является то, что переход переносимого компонента «свободного гидроксида кальция» из твердой фазы в жидкую происходит при так называемых условиях ограниченного объема жидкой фазы, и концентрация вещества в последней меняется во времени [2].

Суждение о кинетике и степени развития процессов коррозии проводилось на основании результатов химических анализов жидкой и твердой фаз, а также других исследований, позволяющих судить об изменениях, происшедших в цементном камне и жидкости в результате их взаимодействия.

Значение концентрации переносимого компонента среднее по толщине конструкции в момент времени τ , определяется интегрированием:

$$Z_{cp}(Fo_m) = \frac{Z_{ж}(0)}{1 + K_m} - 2Bi_m Z_{ж}(0) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \mu_n}{\mu_n \psi'(\mu_n)} \exp(-\mu_n^2 Fo_m) \quad (1)$$

как и выражение для расчета кинетики изменения концентрации переносимого компонента в объеме жидкости:

$$Z_{ж}(Fo_m) = Z_{ж}(0) \left\{ 1 + 2Bi_m K_m \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin \mu_n}{\mu_n \psi'(\mu_n)} [\exp(-\mu_n^2 Fo_m) - 1] \right\} \quad (2)$$

где: $Z_{ж}(0)$ – безразмерная концентрация переносимого компонента в жидкости; K_m – коэффициент, учитывающий характеристики фаз; Bi_m – массообменный критерий Био; n – агрессивный компонент или продукт реакции соответственно; Fo_m – массообменный критерий Фурье.

Некоторые результаты расчетов по выражениям (1), (2) представлены на рис. 1. Приведенные выражения позволяют определять значение концентраций переносимого компонента («свободного гидроксида кальция») по толщине конструкции в любой момент времени и, кроме того, дают возможность расчета содержаний этого вещества в жидкой фазе и среднее по толщине и объему конструкции, т.е. расчета кинетики процесса по твердой и жидкой фазам [3].

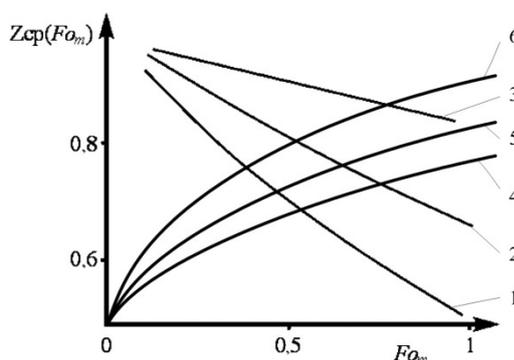


Рис. 1. Кинетика изменения средней безразмерной концентрации в бетоне (1,2,3) и жидкости (4,5,6) при следующих значениях 1,6- $Bi_{m1}=0,1, Fo_m = 0,1$; 2,5- $Bi_{m2}=0,5, Fo_m = 0,5$; 3,4 - $Bi_{m3}=1, Fo_m = 1$

Анализ изменения средней концентрации в бетоне показывает, что при $Bi_m \leq 3$ средняя концентрация изменяется линейно.

Анализ результатов проведенных комплексных физико-химических исследований подтверждает принятые ранее модельные представления о характере массопереноса в рассматриваемой системе «жидкость – твердая фаза» в условиях ограниченного объема жидкости. На основании полученных экспериментальных данных нами проведены расчеты по разработанной математической модели процесса массопереноса в процессах коррозии цементного бетона I вида. На рисунке 2 приведены профили концентраций «свободного гидроксида кальция» по толщине цементного бетона.

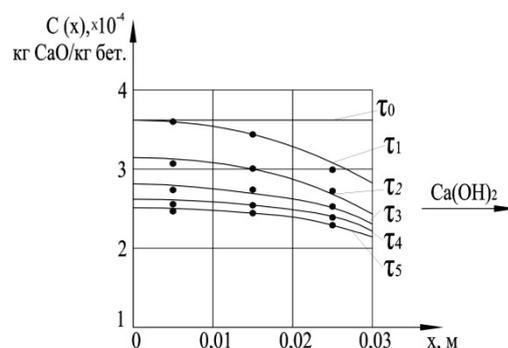


Рис. 2. Профили концентраций «свободного гидроксида кальция» по толщине бетона при τ : 1 - 14 сут.; 2 - 28 сут.; 3 - 42 сут.; 4 - 56 сут.; 5 - 70 сут.

Численный анализ профилей концентраций и результатов физико-химических исследований позволил рассчитать характеристики коррозионного массопереноса [3]: $k = 4,5 \cdot 10^{-12}$ (м²/с) – коэффициент массопроводности; $\beta = 2,2 \cdot 10^{-8}$ (м/с) – коэффициент массоотдачи в жидкой среде; $m = 0,284 \cdot 10^3$ (кг жидкости / кг бетона) – константа равновесия (Генри), определяющая условия равновесия компонента между жидкой и твердой фазами.

С помощью полученных значений коэффициентов массопереноса проведены оценочные расчеты по решениям (1), (2) [4]. Результаты показали, что продолжительность начального периода коррозии первого вида для исследуемых образцов, т.е. времени выхода «свободного гидроксида кальция» и достижения значения его критической концентрации равной 1,1 кг/м³ (в пересчете на CaO), соответствующей началу разложения высокоосновных составляющих цементного бетона, составляет 5,1 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Москвин, В.М. Коррозия бетона /В.М. Москвин. М.: Госстройиздат, 1952. 342 с.
2. О некоторых особенностях моделирования массопереноса в процессах коррозии первого вида бетона в замкнутой системе «резервуар-жидкость» / Н.Л. Федосова, В.Е. Румянцева, М.Е. Шестеркин, Ю.В. Манохина // Строительство и реконструкция. № 1 (45). 2013. С.86-94.
3. Моделирование массопереноса в процессах коррозии бетона первого вида (малые значения числа Фурье) / С.В. Федосов, В.Е. Румянцева, В.А. Хрунов, Л.Н. Аксаковская // Строительные материалы. № 5. 2007. С. 70-71.
4. Моделирование массопереноса в процессах коррозии бетона первого вида (малые значения числа Фурье) / С.В. Федосов, В.Е. Румянцева, В.А. Хрунов, Л.Н. Аксаковская // Строительные материалы. № 5. 2007. С. 70-71.

REFERENCES

1. Moskvin, V. M. Corrosion of concrete /V.M. Moskvin. M: Gosstroyizdat, 1952. 342 p.
2. On some peculiarities of modeling of mass transfer in the processes of corrosion of the first type of concrete in a closed system "reservoir-fluid" / N.L. Fedosova, V.E. Roumyantseva, M.E. Shestyorkin, U.V. Manohina // Construction and reconstruction. No. 1 (45). 2013. pp. 86-94.
3. Modeling of mass transfer in the processes of corrosion of concrete of the first type (small values of the Fourier number) / S.V. Fedosov, V.E. Roumyantseva, V.A. Khrunov, L.N. Aksakovskaya // Building materials. No. 5. 2007. pp.70-71.
4. Modeling of mass transfer in the processes of corrosion of concrete of the first type (small values of the Fourier number) / S.V. Fedosov, V.E. Roumyantseva, V.A. Khrunov, L.N. Aksakovskaya // Building materials. No. 5. 2007. pp.70-71.

ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДОВ НА ЗАЩИТНЫЕ СПОСОБНОСТИ БЕТОНА В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ

THE INFLUENCE OF CHLORIDES ON THE PROTECTIVE ABILITY OF CONCRETE IN REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

В.С. Коновалова, В.Е. Румянцева
V.S. Konovalova, V.E. Roumyantseva

Ивановский государственный политехнический университет
Ivanovo State Polytechnical University
E-mail: kotprotiv@yandex.ru, varrym@gmail.com

Не снижающийся интерес к защите от коррозии стальной арматуры железобетона в строительстве обуславливает необходимость в изучении коррозионных процессов железобетона в агрессивных средах для разработки практических рекомендаций по более рациональной эксплуатации железобетонных конструкций. В случаях с коррозией железобетона процессы деструкции усугубляются реакциями деградации арматуры. Проведены экспериментальные исследования жидкостной коррозии бетонов и электрохимической коррозии стальной арматуры железобетона. На практике очень важным случаем является коррозия в условиях ограниченного объема жидкой среды. Проведенные исследования и представленные опытные данные дают представление о коррозионных процессах в различных средах арматуры и бетона и служат основой для прояснения особенностей коррозии и способов ее устранения в системе арматура-бетон. Исследование кинетики развития процессов жидкостной коррозии бетона, стальной арматуры и комплекса железобетона позволяет: определить условия возникновения очагов коррозии, причины ускорения или ослабления деструктивных процессов; разработать физико-математические модели процессов жидкостной коррозии бетона и арматуры железобетона.

Ключевые слова: арматура, железобетон, электрохимическая коррозия, деструкция бетонов.

Not declining interest in the corrosion protection of steel reinforcement in concrete construction necessitates to study the corrosion process of reinforced concrete in aggressive environments to develop practical recommendations for a more rational exploitation of reinforced concrete structures. In the case of corrosion of reinforced concrete processes of degradation are compounded by the reactions of degradation of the reinforcement. Experimental studies of liquid corrosion of concrete and electrochemical corrosion of steel reinforcement into reinforced concrete were held. In practice, a very important case is corrosion in the limited volume of the liquid medium. Conducted research and presented experimental data give insight into corrosion processes of reinforced steel bars and concrete in various environments and serve as a basis for clarifying the characteristics of corrosion and methods of its elimination in the system reinforcement-concrete. Kinetics study of development processes of liquid corrosion of concrete, steel reinforcement and complex reinforced concrete allows: to define the conditions for the occurrence of corrosion, causes of acceleration or attenuation of destructive processes; to develop physical-mathematical models of processes of liquid corrosion of concrete and reinforcement concrete.

Keywords: steel reinforcement, reinforced concrete, electrochemical corrosion, destruction of the concrete.

Железобетон рассматривается как самый известный и важный материал в строительной индустрии. Он используется для зданий и различных типов строительных сооружений, таких как, туннели, мосты, аэропорты и дренажные и гидравлические конструкции. Многие исследования обращены на усиление эксплуатационных характеристик бетона в соответствии с многообразием областей его применения. Железобетон по сравнению с другими материалами является достаточно недорогим, поэтому он используется как для строительства многоэтажных зданий, так и для одноэтажных зданий. Иногда железобетон производится с нарушениями, отклонениями от стандартов, поэтому может иметь место различие между качеством, требуемым по стандарту и получаемым при изготовлении.

Установлено [1], что основной причиной разрушения железобетонных конструкций является коррозия стальной арматуры (примерно 80% случаев). В связи с этим многие исследования были направлены на получение материалов и новых методов защиты стальной арматуры от коррозии. Коррозия стали является врагом каждой страны, инвестирующей в недвижимость. Некоторые элементы конструкций разрушаются главным образом из-за коррозии, следовательно, поврежденные стержни арматуры непосредственно влияют на сохранность конструкции в целом.

Поскольку суровые климатические условия являются основным фактором, вызывающим коррозию стальной арматуры, все спецификации и технические требования включают условия изготовления бетонной смеси, выбора материала, толщины бетонного покрытия и другие требования, необходимые для поддержания долговечности бетона и предотвращения коррозии арматуры.

Сохранность арматуры железобетонных конструкций в значительной мере определяется свойствами защитного слоя бетона, важнейшим из которых является проницаемость. При недостаточной плотности бетона облегчается диффузия агрессивных агентов в его толщу, что существенно ускоряет процесс нейтрализации цементного камня и может явиться причиной преждевременной коррозии арматуры.

В бетоне образуется щелочная среда, поскольку в порах материала присутствуют в большой концентрации растворимые оксиды кальция, натрия и калия. Эти оксиды образуют гидроксиды, получаемые по реакции между частицами портландцемента и водой затвердения. Щелочная среда бетона приводит к образованию пассивного слоя на поверхности стали, который препятствует коррозии. В случае, когда пассивный слой нарушается, поверхность арматуры подвергается воздействию агрессивной среды [2].

Основными причинами депассивации являются: обнажение арматуры в результате механического повреждения защитного слоя бетона; нейтрализация защитного слоя бетона под воздействием кислых агрессивных сред, в результате чего понижается pH поровой жидкости в зоне расположения арматуры; действие на железобетон хлорсодержащих и некоторых других агрессивных сред, способных разрушать защитную пленку при высоких (более 12) значениях pH [3].

Для изучения процессов, происходящих при жидкостной коррозии бетонов, проведено исследование по определению степени выщелачивания цементного камня. Коррозионный процесс определяется обычно как процесс растворения извести, поскольку гидроксид кальция является наиболее растворимым компонентом цементного камня на основе портландцемента [3]. Процесс коррозии бетона обусловлен диффузией гидроксида кальция из толщи бетона к его поверхности, граничащей со средой, а также переходом вещества через границу раздела фаз «твердое тело – жидкость» и растворением в жидкой среде [4].

На снимках поверхности образцов (рисунок 1) видно, что основным продуктом коррозии, хлорид кальция, представляет собой белые или бесцветные кристаллы и образуется по реакции:



или



В ионном виде реакцию можно записать следующим образом:



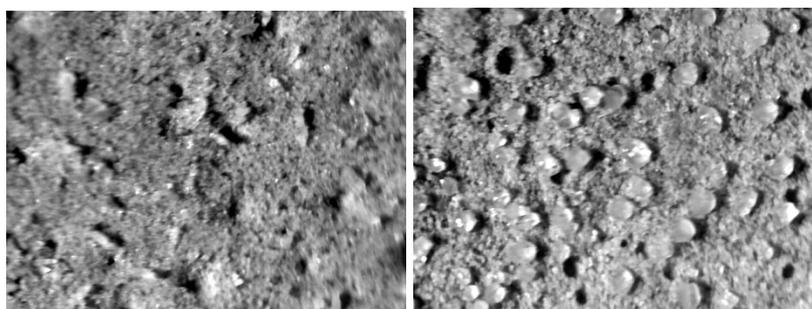


Рис. 1 Снимки поверхности образцов со следами продуктов коррозии

На рисунке 2 приведены кривые изменения прочности образцов бетона на портландцементе при коррозии в различных средах. При жидкостной коррозии образцов на портландцементе на начальном этапе происходит увеличение прочности, что может быть объяснено наполнением пор и пустот в бетоне новообразующимися продуктами коррозии. Прочность бетона увеличивается лишь на какое-то время и превышает прочность бетона, не подвергающегося воздействию агрессивной среды. Чем медленнее протекает процесс коррозии, тем позднее наступает потеря прочности бетона. У хорошо проницаемого для жидкости бетона, точка перелома кривой прочности и начало видимого разрушения в сильно агрессивной среде, наступает в течение недель или месяцев. Обычно же перелом кривой прочности наступает по истечении нескольких лет. Также замедленно идет процесс разрушения бетонов с повышенным содержанием пор - легких бетонов на пористых заполнителях, так как значительный объем пор позволяет разместиться в нем большому количеству новообразований, прежде чем начнет развиваться внутреннее давление [2].

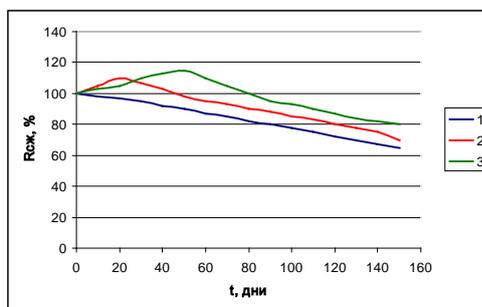


Рис. 2 Кинетика изменения прочности бетонных образцов на портландцементе при сжатии ($R_{сж}$) в 1) 2 %-ном растворе $MgCl_2$; 2) 0,001 %-ном растворе HCl ($pH=5$); 3) воде

О скорости коррозии арматуры в бетоне можно судить по изменению ее потенциала. Результаты испытаний представлены в виде диаграмм (рисунок 3). Данные показывают, что после 6 месяцев испытаний наблюдается тенденция смещения потенциала арматуры, находящейся в бетоне, в область отрицательных значений, соответствующих области невосприимчивости на диаграмме Пурбе [2]. Это обусловлено образованием на поверхности стали защитного пассивного слоя. Резкое смещение потенциала незащищенных образцов в отрицательную сторону обусловлено образованием первых очагов коррозии под влиянием проникающих к стали хлорид-ионов.

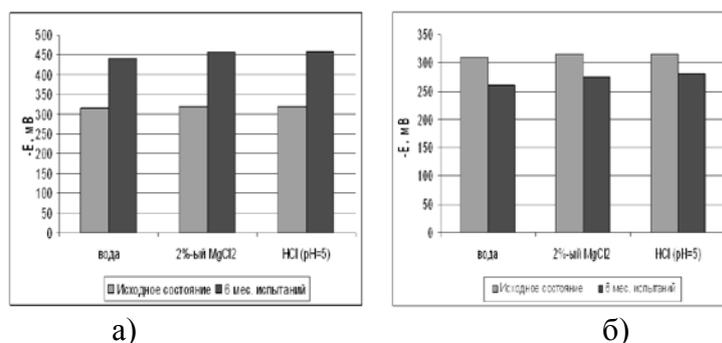


Рис. 3 Значение потенциала арматуры: а) без покрытия; б) внутри бетона

Дополнительные меры по защите арматуры от коррозии применяются, как правило, в случаях, когда конструкция подвергается воздействию сильно агрессивных сред. Использование ингибиторов коррозии, вводимых в состав бетонной смеси, находит наибольшее применение. Применение ингибиторов коррозии анодного действия, таких как NaNO_2 , также не безопасно, т. к. при малых концентрациях они усиливают скорость коррозии стали и их содержание нужно строго контролировать.

Поэтому перспективным является создание на стали фосфатной пленки из растворов холодного фосфатирования, обеспечивающих повышение защитных свойств фосфатной пленки, уменьшение продолжительности обработки, уменьшение шламообразования [6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Mohamed El-Reedy. Steel-reinforced concrete structures: assessment and repair of corrosion. Taylor & Francis Group, 2008. 218 p.
2. Алексеев, С. Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1968. – 232 с.
3. Москвин, В.М., Иванов, Ф.М., Алексеев, С.Н., Гузеев, Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. - М.: Стройиздат, 1980. - 536 с., ил.
4. Федосов, С.В., Румянцева, В.Е., Хрунов, В.А., Шестеркин, М.Е. Вопросы прогнозирования долговечности строительных конструкций // Строительство и реконструкция, №5 (37), 2011. С. 63-70.
5. Федосов С. В., Румянцева В. Е., Румянцева К. Е., Коновалова В. С., Шестеркин М. Е. Особенности холодного фосфатирования арматурной стали // «Вестник гражданских инженеров», Санкт-Петербург: Изд-во СПбГАСУ, 2012. № 2 (31), с. 79 – 82.
6. Федосов С. В., Румянцева В. Е., Румянцева К. Е., Коновалова В. С., Шестеркин М. Е. Особенности холодного фосфатирования арматурной стали // «Вестник гражданских инженеров», Санкт-Петербург: Изд-во СПбГАСУ, 2012. № 2 (31), с. 79 – 82.

REFERENCES

1. Mohamed El-Reedy. Steel-reinforced concrete structures: assessment and repair of corrosion. Taylor & Francis Group, 2008. 218 p.
2. Alekseev, S. N. Corrosion and protection of reinforcement in concrete. 2-e izd., revised and enlarged extra - M.: Stroiizdat, 1968. - 232 p.
3. Moskvin, V. M., Ivanov, F. M., Alekseev, S. N., Guzeev, E. A. Corrosion of concrete and reinforced concrete, methods of their protection. - M.: Stroiizdat, 1980. - 536 p., ill.
4. Fedosov, S. V., Roumyantseva, V. E., Khrunov, V. A., Shesterkin, M. E. Issues of prediction of durability of building construction // Construction and reconstruction, No. 5 (37), 2011. pp. 63-70.

5. Fedosov, S. V., Roumyantseva, V. E., Roumyantseva, K. E., Konovalova V.S., Shesterkin, M. E. Features of cold phosphating of reinforcing steel // «Bulletin of civil engineers», St. Petersburg: Publishing house of SPSUACE, 2012. No. 2 (31), pp. 79 - 82.
6. Fedosov, S. V., Roumyantseva, V. E., Roumyantseva, K. E., Konovalova V.S., Shesterkin, M. E. Features of cold phosphating of reinforcing steel // «Bulletin of civil engineers», St. Petersburg: Publishing house of SPSUACE, 2012. No. 2 (31), pp. 79 - 82.

СОДЕРЖАНИЕ

№ п/п	Название доклада, авторы	Стр.
1	РОЛЬ ТЕКСТИЛЬНОГО КРАЯ РОССИИ В СИСТЕМЕ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ А.К. Изгородин, А.В. Петелин, Д.Ю. Трусов	6
2	ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА СМЕСИ ПРИ ВЫРАБОТКЕ ПРЯЖИ ДЛЯ ОГНЕСТОЙКИХ ТКАНЕЙ Е.П. Лаврентьева	27
3	СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ П-АРАМИДНЫХ ВОЛОКОН ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ М.В. Шаблыгин	36
4	СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АРАМИДНЫХ НИТЕЙ ТОРГОВЫХ МАРОК ТВАРОН И РУСЛАН М.П. Михайлова, М.М. Шаблыгин	40
5	«УМНЫЕ» КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЛЕЧЕБНЫЕ ДЕПО-МАТЕРИАЛЫ Н.Д. Олтаржевская, М.А. Коровина, Г.Е. Кричевский, Т.С. Хлыстова	44
6	СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В КНР Т.А. Меркулова, Джан Шан Юонг	48
7	МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТНЫЕ ВЫСОКОНАПОЛНЕННЫЕ ВОЛОКНА: ПРОГРЕССИВНЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ, ЭДЕКТРОМАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА А.Т. Пономаренко, В.Г. Шевченко	54
8	ОСОБЕННОСТИ ВОДОРОДНЫХ СВЯЗЕЙ В АРОМАТИЧЕСКИХ ПОЛИАМИДАХ, СОДЕРЖАЩИХ БЕНЗИМИДАЗОЛЬНЫЕ ГРУППИРОВКИ ПО ДАННЫМ НЕИМПЕРИЧЕСКИХ КВАНТОВО- ХИМИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ И.А. Абронин, А.В. Бандуркин, Л.В. Волкова, М.В. Шаблыгин	59
9	ВОДО - И МАСЛОНЕПРОНИЦЕМАЯ ОТДЕЛКА НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОТЕХНОЛОГИИ Мядагмаа Ренисенихундев	64
10	МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛАКСАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В НИТИ АРМОС В ОБЛАСТИ МАЛЫХ ДЕФОРМАЦИЙ П.Ю. Тер-Микаэлян., В.Ш. Саркисов, В.Ю. Гуськова	67
11	ВЯЗКОТЕКУЧЕЕ СОСТОЯНИЕ КЛЕЕВОГО СЛОЯ КОМПОЗИЦИОННОГО ПЛЕНОЧНОГО МАТЕРИАЛА КАК ГЛАВНЫЙ ФАКТОР БЛОКИРОВАНИЯ НИТОЧНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОДЕЖДЫ Е.В. Дьяконова, О.В. Метелева, Л.И. Бондаренко, А.В. Баранов	72
12	КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ ВОДОРАСТВОРИМЫХ И БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НЕТКАНЫХ ПОЛОТЕН МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ Е.С. Бокова, Г.М. Коваленко, В.И. Ракитянский, К.С. Бокова	76

13	АНТИМИКРОБНОЕ ДЕЙСТВИЕ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ. БИОЦИДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ НИТЕЙ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ Н.П. Пророкова, С.Ю. Вавилова, О.Ю. Кузнецов, Ю.М. Базаров	80
14	К АНАЛИЗУ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА СРЕДСТВАМИ МОЛЕКУЛЯРНО-ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ П.В. Королёв, Е.Н. Калинин, С.В. Королева	83
15	СИНТЕЗ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ МЕДИ И СЕРЕБРА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ БИОРАЗРУШЕНИЯ Е.В. Ерохина	88
16	ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР С УЧЕТОМ СЖАТИЯ А.П. Башков, Г.В. Башкова, Д.А. Алешина, О.С. Румянцева	91
17	РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКТА БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНОГО С УЛУЧШЕННЫМИ ЗАЩИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ А.В. Корнилович, В.Г. Стокозенко, А.П. Морыганов	96
18	ПОВЫШЕНИЕ ЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОДЕЖДЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ Э.А. Хамматова	100
19	БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЛЬНЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ С.В. Алеева, С.А. Кокшаров	106
20	ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И PH СРЕДЫ НА КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ГАЛАКТУРОНАТНЫХ ЗВЕНЬЕВ ПЕКТИНА Г.В. Чистякова	110
21	ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ АРМИРУЮЩЕГО ПОЛИМЕРНО-ВОЛОКНИСТОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФОРМОУСТОЙЧИВОГО ШВЕЙНОГО ИЗДЕЛИЯ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ А.А. Арбузова	113
22	ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОВНЯ ЖЕСТКОСТИ ПОЛИМЕРНО-ВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПОЛИУРЕТАНОВЫМ СВЯЗУЮЩИМ С.А. Кокшаров	117
23	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОТДЕЛКИ ТКАНЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАГРЕВА В ПОЛЕ ТОКОВ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ О.Г. Циркина	122

24	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССА КРАШЕНИЯ ШЕРСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНОЙ НЕЛИНЕЙНОЙ ОБЪЕМНОЙ КАВИТАЦИИ	126
	О.Я. Семешко	
25	РОЛЬ ГЕМИЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ ИНТЕНСИФИКАЦИИ СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА	130
	П.Ю. Курзанова	
26	ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПЕКТИНА ЛОПУХА НА ЕГО ХЕМОСОРБЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ	134
	О.В. Лепилова, Г.В. Чистякова, С.А. Кокшаров	
27	ВЛИЯНИЕ ПЕКТОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТНЫХ ПРЕПАРАТОВ НА ПРОЯВЛЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА	137
	П.Н. Галкина	
28	ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННОЙ ЕМКОСТИ ЛЬНЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ВАРЬИРУЕМЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ СПУТНИКОВ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ	141
	П.С. Рязанова	
29	К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕРМОКЛЕЕВЫХ ПРОКЛАДОЧНЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ МАТЕРИАЛОВ	144
	М.Б. Караваева, О.В. Радченко, А.В. Евдокимов, Е.Н. Прохорова	
30	РАЗРАБОТКА СПОСОБА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ АРМИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ	149
	И.Г. Хосровян	
31	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ТКАНИ ИЗ НАТУРАЛЬНОГО ШЁЛКА НА БЕСЧЕЛНОЧНЫХ ТКАЦКИХ СТАНКАХ	152
	О.А. Ахунбабаев, М. Эргашов	
32	О ЖЕСТКОСТИ НИТИ НА ИЗГИБ В СТРУКТУРЕ СТРОЕНИЯ ТКАНИ	156
	Н.М. Сокерин, Н.А. Грузинцева, М.С. Рошупкина	
33	КОМПЬЮТЕРНАЯ ОЦЕНКА НЕРАВНОМЕРНОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ВОЛОКОН В ПОПЕРЕЧНОМ СЕЧЕНИИ ПРЯЖИ	159
	О.А. Мякишева С.В. Павлов	
34	АНАЛИЗ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШВЕЙНЫХ МАШИН УНИВЕРСАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ С РАЗНЫМ НАБОРОМ АВТОМАТИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ	163
	В.В. Козырев, О.В. Радченко, М.В. Козырев	
35	К ПРОБЛЕМЕ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАСКИРОВОЧНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ И ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	167
	И.Ю. Белова	

36	ЭЛЕМЕНТАРИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ВОЛОКОН – НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ ЛУБЯНЫХ ВОЛОКОН К ПРЯДЕНИЮ И.Ю.Ларин, Е.Р.Воронина	171
37	АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО РЫНКА ПОСТЕЛЬНОГО БЕЛЬЯ ПОВЫШЕННОЙ КОМФОРТНОСТИ С ОЗДОРАВЛИВАЮЩИМ ЭФФЕКТОМ А.Н. Васенев	174
38	ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕРМОКЛЕЕВЫХ ПРОКЛАДОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С КЛЕЕВЫМ ПОКРЫТИЕМ ИЗ СОПОЛИАМИДА С МИКРОКАПСУЛИРОВАННЫМ ПАВ И.Г. Полушенко, Н.Е Ковалева, В.И. Бешапошникова	178
39	ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ НА КОНСТРУКЦИЮ ОДЕЖДЫ С.Г. Сунаева	182
40	ОЦЕНКА СПОСОБНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН СОПРОТИВЛЯТЬСЯ СДВИГУ М.В. Томилова, В.В. Замышляева	185
41	ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШЕРСТЯНЫХ ВОЛОКОН ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ВАЛОВ Л. Удвал, Дж. Нарангерел, Д.Ундраа	188
42	ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОСНОВОВЯЗАНЫХ БИАКСИАЛЬНЫХ АРМИРУЮЩИХ СТРУКТУР ДЛЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В.В. Капралов, Е.Н. Никифорова, Г.И. Чистобородов, Д.А. Онипченко	191
43	АДРЕСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДЕЖДЫ ИЗ ИННОВАЦИОННЫХ ТКАНЕЙ С ГРЯЗЕОТТАЛКИВАЮЩЕЙ ПРОПИТКОЙ Н.В. Доронина, Е.О. Савичева, В.С. Дмитриева, В.Г. Стокозенко	194
44	ГОСУДАРСТВЕННО - ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО В ИННОВАЦИОННОЙ ЭКОНОМИКЕ В.А. Браславский, Е.Д. Сенчуков, Г.А. Смирнова	198
45	О КЛЮЧЕВЫХ ФАКТОРАХ ИННОВАЦИОННОСТИ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ, ЗАНЯТЫХ В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ О.В. Бессмертный, В.А. Браславский, А.А. Малченко, Г.А. Смирнова	202
46	КАПИЛЛЯРНОСТЬ НЕТКАНЫХ СТЕЛЕЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ Ю.К. Островский, Л.М. Полухина, Н.В. Евсюкова	207
47	ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ СТРУКТУР КРЕПОВЫХ ТКАНЕЙ М. Мирзахонов, О.А. Ахунбабаев	210
48	АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ СЛОЯ КРЕСТОВОЙ НАМОТКИ НА ЕЁ ОСНОВАНИЕ ПО МЕРЕ ФОРМИРОВАНИЯ ПАКОВКИ Г.Н. Валиев	212

49	ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НАТУРАЛЬНОГО ШЁЛКА Ш.Х. Мухамадрасулов	216
50	СПОСОБ ПОСТРОЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ С ВИЗУАЛЬНЫМ ЭФФЕКТОМ ПРОДОЛЬНЫХ ОБЪЕМНЫХ ЗИГЗАГОВНА БАЗЕ ТЕНЕВЫХ САРЖ Г.И. Толубеева, А.С. Зяблицева, Е.Е. Демидова, С.С. Кольцов	220
51	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА И ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ШЕЛКА-СЫРЦА НА СОВРЕМЕННЫХ ОБОРУДОВАНИЯХ У.О. Ахунбабаев, И.И. Туйчиев	225
52	ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ РЕЖИМЫ ОСНОВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАНКОВ КОКОНОМОТАЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА Ф.А. Хошимов, Г.Г. Мавлянбердиева	228
53	НОВАЯ РЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ШЕЛКА ИЗ НЕПРИГОДНЫХ К РАЗМОТКЕ КОКОНОВ И.И. Туйчиев, Г.Н. Валиев, У.О. Ахунбабаев	232
54	ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСТРАКТА СЕРИЦИНА ИЗ ШЕЛКОВЫХ ОТХОДОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ З.А. Яминова	235
55	АНАЛИЗ ХУДОЖЕСТВЕННО-КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ Л.А. Ботезат, Н.И. Никитко	238
56	ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТКАНЕЙ ПО МОТИВАМ БЕЛОРУССКОГО ОРНАМЕНТАЛЬНОГО ТЕКСТИЛЯ Н. Н. Самутина	241
57	КИНЕМАТИКА ПРОСТЕЙШИХ МЕХАНИЗМОВ С ГИБКИМ ЗВЕНОМ И ВЕДОМЫМИ НАПРАВЛЯЮЩИМИ ЗВЕНЬЯМИ А.А. Краснов	244
58	АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С.Е. Голубев, А.М.Киселев	247
59	СПОСОБ КРАШЕНИЯ ХЛОПКО-ЛАВСАНОВОЙ ТКАНИ И.А. Набиева, М.Ш. Хасанова, М.М.Абдуллаев, М.М. Максудова	250
60	КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ МАТЕРИНСКОЙ ПЛАТЫ ФОРМ ФАКТОРА АТХ Д.П. Егоров, А.С. Зуев, Е.Е. Корочкина	253
61	НЕКОТОРЫЕ АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ БЕТОНА В АГРЕССИВНЫХ СРЕДАХ В.Е. Румянцева, В.С. Коновалова, Н.С. Касьяненко, Ю.В. Манохина	257
62	О МЕХАНИЗМЕ ПЛАСТИФИКАЦИИ В ЦЕМЕНТНО-ВОДНЫХ СИСТЕМАХ НА АКТИВИРОВАННОМ ЗАТВОРИТЕЛЕ С.В. Федосов, М.В. Акулова, Т.Е. Слизнева	261

63	ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ ДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ МАССОПЕРЕНОСА ПРИ КОРРОЗИИ БЕТОНА С.В. Федосов, И.В. Красильников	264
64	МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ПЕНОСТЕКЛА М.О. Баканов, С.Н. Никишов	270
65	КОМПОЗИЦИОННОЕ ПЕНОСТЕКЛО С ЗАЩИТНО ДЕКОРАТИВНЫМ СТЕКЛОПОКРЫТИЕМ НА ОСНОВЕ АМОРФНО-КРЕМНЕЗЕМИСТЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ Б.Е. Жакипбаев, А.А. Абдуллин	274
66	ЖИДКОЕ СТЕКЛО И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ А. Ю. Солодова	276
67	ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ УСТОЙЧИВОСТИ ИОННЫХ СТРУКТУР В МЕХАНОАКТИВИРОВАННОЙ ВОДЕ Е.В. Зиновьева	279
68	ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ВЯЖУЩИХ, И МЕТОДИКА ИХ ИССЛЕДОВАНИЯ М.В. Акулова, Б.Р. Исакулов, Б.Б. Кульшаров	282
69	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ТОНКОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФАКТОРОВ И ПАРАМЕТРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОВЕДЕНИЕ ПЕНОБЕТОНОВ В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ Н.Ф. Левашов, М.В. Акулова, О.В. Потемкина, В.Ю. Емелин	286
70	ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ А.А. Сергиенкова, М.В. Акулова	291
71	РЕСУРСОСБЕРЕГАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МАЛОЭТАЖНЫХ ДОМОВ К.Б. Строкин, С.В. Феофанов	294
72	ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕХНОЛОГИЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ В.А. Хрунов	296
73	К ВОПРОСАМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА В.Е. Румянцева, С.А. Логинова	300
74	ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ КОРРОЗИИ БЕТОНА 1 ВИДА М.Е. Шестеркин, В.С. Коновалова, В.Е. Румянцева	305
75	ВЛИЯНИЕ ХЛОРИДОВ НА ЗАЩИТНЫЕ СПОСОБНОСТИ БЕТОНА В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ В.С. Коновалова, В.Е. Румянцева	308

ДЛЯ ЗАМЕТОК

XVIII международный научно-практический форум

ФИЗИКА ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ: СТРУКТУРА, СВОЙСТВА, НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ (SMARTEX-2015)

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

Редакционный совет

А.К. Изгородин

А.П. Новикова

С.В. Алеева

Е.Н. Калинин

А.Н. Смирнов

С.В. Федосов

Ответственная за выпуск

Н.В. Рагозина

Компьютерная верстка

П.В. Кузнецова

Дизайн обложки

М.А. Изгородиной

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 19.05.2015. Формат 1/8 60x84.
Усл. печ. л.36,3. Уч. - изд. л. 18,0. Тираж 100 экз. Заказ №

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет»
Издательский центр ДИВТ
153000, г. Иваново, ул. 8 Марта, д. 20
Адрес в Интернете: www.ivgpi.com

Отпечатано в ОАО «Информатика»
153032, г. Иваново, ул. Ташкентская, д. 90