

Федеральное агентство по образованию

**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

**ТЕХНОЛОГИЯ  
ТЕКСТИЛЬНОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ОСНОВАН В ДЕКАБРЕ 1957 ГОДА, ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД

**№ 3 (298)  
2007**

Издание Ивановской государственной текстильной академии  
**ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ**

---

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор *В.В. ЗРЮКИН*.

Заместители главного редактора: *Н.М. АШНИН, Ф.Ф. БЕЗДУДНЫЙ, М.Н. ГЕРАСИМОВ, Б.Н. ГУСЕВ, В.В. ИСАЕВ, К.И. КОБРАКОВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, В.Л. МАХОВЕР, А.К. РАСТОРГУЕВ, Б.С. САЖИН, Г.И. ЧИСТОБОРОДОВ.*

Члены редколлегии: *В.С. БЕЛГОРОДСКИЙ, В.Н. БЛИНИЧЕВ, В.В. ВЕСЕЛОВ, В.Ф. ГЛАЗУНОВ, В.М. ЗАРУБИН, Е.Н. КАЛИНИН, С.М. КИРЮХИН, А.М. КИСЕЛЕВ, А.Б. КОЗЛОВ, В.Н. КРОТОВ, Г.К. КУЗНЕЦОВ, Н.В. ЛУСТГАРТЕН, В.В. ЛЮБИМЦЕВ, Р.М. МАЛАФЕЕВ, Б.Н. МЕЛЬНИКОВ, А.Н. МОГИЛЬНЫЙ, С.Д. НИКОЛАЕВ, Ю.В. ПАВЛОВ, Е.Л. ПАШИН, К.М. ПИРОГОВ, К.Э. РАЗУМЕЕВ, А.Г. РЕПИН, Л.П. РОВИНСКАЯ, В.Е. РОМАНОВ, В.В. САФОНОВ, А.Г. СЕВОСТЬЯНОВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, Н.А. СМИРНОВА, А.П. СОРКИН, Б.Б. СТРОГАНОВ, В.И. ТЕРЕНТЬЕВ, Н.Н. ТРУЕВЦЕВ, В.Д. ФРОЛОВ, И.Г. ЦИТОВИЧ, Л.П. ШЕРШНЕВА, Ю.С. ШУСТОВ, В.П. ЩЕРБАКОВ, С.С. ЮХИН, Ф.Н. ЯСИНСКИЙ.*

Ответственный секретарь *С.Л. ХАЛЕЗОВ*.

*Адрес редакции: 153000, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 21.*

*Тел.: (4932) 35-78-87. Факс: (4932) 41-50-88.*

*E-mail: [ttp@igta.ru](mailto:ttp@igta.ru)*

*<http://www.igta.ru>*

---

Издание зарегистрировано в Министерстве печати РФ. Регистрационный №796. Сдано в набор 01.06.2007. Подписано в печать 30.06.2007. Формат 60x84 1/8. Бум. кн.-журн. Печать офсетная. 18,13 усл.-печ. л.; 18,38 усл. кр.-отт. Заказ 3528.

Тираж 450 экз.

---

ОАО "Ивановская областная типография"  
153008, г. Иваново, ул. Типографская, 6.  
E-mail: [091-018@rambler.ru](mailto:091-018@rambler.ru)

**ТЕКСТИЛЬНАЯ НАУКА И ПОДГОТОВКА КАДРОВ  
В КОСТРОМСКОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ****(к 75-летию КГТУ)****Г.К. КУЗНЕЦОВ**, В.Н. КРОТОВ, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ

Костромской текстильный институт был организован в 1932 году в качестве основного вуза в целях подготовки инженерных кадров для льняной отрасли текстильной промышленности. В то время в Костроме и на ближайшей территории современных Ивановской, Владимирской, Ярославской, Вологодской областей были сконцентрированы предприятия, производящие льняные ткани. База для организации высшего учебного заведения в Костроме уже была. С 1928 г. здесь действовал текстильный техникум, а с 1931 г. – филиал Ивановского политехнического института, где готовили инженеров-текстильщиков без отрыва от производства.

В последующие годы в связи с требованиями народного хозяйства страны в вузе начали готовить инженеров для машиностроительной, лесной и деревообрабатывающей промышленности и институт с 1962 г. стал именоваться технологическим. Дальнейшее развитие института и расширение номенклатуры специальностей, материальной базы, развитие научных исследований привело к тому, что вуз стал технологическим университетом.

Для организации учебного процесса в первые годы существования института в Кострому были приглашены опытные профессора из других вузов – проф. А.С.Турчанинов (высшая математика), проф. Н.И.Иванов (прикладная механика),

проф. Н.М.Чиликин (пряжение лубяных волокон), проф. А.Н.Сивцов (первичная обработка льна). Кроме того, в вуз пришли молодые педагоги, многие из которых в дальнейшем составили основу его научно-педагогического коллектива. К таковым надо отнести В.Н.Аносова, П.П.Трыкова, А.П.Саввина, М.И.Худых, М.А.Соболева и др. В Костроме был также сильный инженерный корпус текстильщиков-льнянщиков, таких как И.Д. Зворыкин, Г.П. Вершинин.

Период Великой Отечественной войны принес значительные трудности в жизнь института. И хотя многие преподаватели и студенты ушли на фронт, научно-педагогический коллектив сохранился, продолжались занятия со студентами, развивались научные исследования. Закладывался фундамент дальнейшего развития вуза в последующие годы.

Несмотря на значительное расширение номенклатуры специальностей, вуз традиционно сохраняет в научной деятельности текстильное направление. Все основные научные школы связаны с текстильной технологией, машиностроением для текстильной и легкой промышленности, экономикой и организацией этих отраслей промышленности. Наука на многих общеобразовательных и инженерных кафедрах также ориентируется на потребности основных текстильных научных на-

правлений. Такая структура организации науки в вузе возникла в начальный период его существования и сохраняется до сих пор.

Первой научной школой, возникшей в Костромском текстильном институте, была школа первичной обработки лубоволокнистого сырья. Основателем этой школы был профессор А.Н.Сивцов, вдохновитель и участник создания промышленности первичной обработки льна и конопли в России. Ученик и последователь А.Н.Сивцова профессор Н.Н.Сулов занимался технологией механической обработки льняной тресты, а вместе с аспирантами – всеми техническими переходами промышленной обработки лубяных волокон. К этой школе можно отнести А.Б.Кузьминского – создателя теории трепания льняного волокна.

Многочисленные исследования по совершенствованию процессов технологии обработки льняного волокна проводились И.Н.Левитским. Большой вклад в теорию подготовительных операций при обработке тресты сделан профессорами А.М. Ипатовым и Б.И.Смирновым. Последний является автором обработки стеблей в валках пологого рифления и создания малогабаритных агрегатов для обработки льна.

Профессор Е.Л.Пашин, воспитанник И.Н.Левитского, сейчас вместе с аспирантами занимается вопросами материаловедения льняного сырья, созданием технологии получения модифицированного льняного волокна.

В развитии исследований по совершенствованию технологии первичной обработки волокон сейчас принимает участие профессор Р.В.Корабельников.

Работы по исследованию температурно-влажностной обработки лубоволокнистых материалов проводились под руководством профессоров И.М.Фальковского и Н.Д.Хомуцкого.

Научные исследования по совершенствованию процессов производства льняных тканей проводились и проводятся на кафедрах прядения, механической технологии волокнистых материалов, ткачества. Исследования процессов прядения льна возглавлял профессор В.Г.Комаров.

Сегодня работы этого направления продолжают В.Б.Симоновым, И.Ф.Смельской и Л.С.Ильиным. Процессы бункерного питания машин прядильного производства и свойства материалов, подвергающихся обработке, изучаются в настоящее время под руководством профессора В.И.Жукова.

Еще в довоенное время профессором П.П.Трыковым был предложен способ формирования пряжи с помощью пневмомеханических устройств. В дальнейшем эти идеи воплотились в создании технологии производства композитных "армированных" нитей. Эти изделия могут обладать широкой гаммой свойств, которые зависят от свойств выбранных компонентов.

Производство таких нитей возможно пневмомеханическим, прядильно-крутильным и другими способами. Способ производства армированных нитей на прядильно-крутильной машине был предложен Ю.Б.Федоровым.

Сейчас на основе этого способа производятся нити, идущие в качестве каркаса для термостойких материалов, материалов с оригинальными фрикционными свойствами, в тканях с фасонными эффектами. Работы в этом направлении на кафедре МТВМ продолжают под руководством В.Н.Кротова и И.Л.Верняевой.

Результаты работы используются при производстве фрикционных элементов в автомобильной промышленности. Способ производства комбинированных нитей на машине типа ПСК, нитей, состоящих из нескольких элементов, разработан и вне-

дрен в производство под руководством профессора А.А.Телицына.

Основным направлением исследований преподавателей и аспирантов кафедры ткачества в 60-80 гг. XX века было изучение процесса шлихтования льняных основ. Работы проводились под руководством Д.Л. Парфенова. В дальнейшем работы этого направления были продолжены А.Б.Брут-Бруляко и В.В.Живетинным.

В последующие годы одной из важнейших проблем, изучаемых на кафедре, стала проблема процессов формирования тканей. К этому направлению относятся работы профессоров Н.В.Лустгартен и С.В.Ямщикова и их аспирантов и докторантов. В настоящее время коллектив кафедры под руководством профессора А.Б.Брут-Бруляко ведет разработки по созданию систем управления процессом формирования тканей.

Под руководством профессоров Н.А. Смирновой и Ж.Ю.Койтовой на кафедре технологии и материаловедения швейного производства проводится широкий цикл работ по изучению качества изделий из тканей и кожи в различных условиях эксплуатации, по дизайну тканей и кожи и изделий из них.

В 60-70 гг. прошлого века под руководством профессора Г.Н.Морозова проводились исследования процессов фильтрации жидкостей и газов в телах намотки текстильных паковок. В дальнейшем эти работы были продолжены профессором В.М.Каравайковым и аспирантами.

В настоящее время работы по совершенствованию оборудования для сушки, промывки, крашения паковок в аппаратах периодического действия проводятся докторантом Н.В.Киселевым.

На механическом факультете были созданы две научные школы. Первая из них, руководимая проф. В.Н.Аносовым, имеет своим предметом новые методы исследо-

вания и проектирования исполнительных механизмов текстильных машин. В рамки этого направления попадает весь перечень механизмов текстильных машин, машин первичной обработки, прядильных, ткацких, отделочных.

Кроме В.Н.Аносова руководителями работ этого цикла были А.П.Саввин и Г.К. Кузнецов. В рамках этой школы воспитана большая группа кандидатов и докторов наук. Среди последних В.А.Степанов, Ю.В.Белов, В.А.Мартышенко, С.Е.Проталинский, А.К.Наумов, С.Н.Титов, А.В.Подъячев, А.Р.Корабельников, В.С.Петровский.

К этой школе тесно примыкает коллектив кафедры сопротивления материалов и теоретической механики, где активную работу ведут профессора А.П.Соркин, В.А.Мартышенко, П.Н.Рудовский. Все проводимые работы опираются на современные методы исследований, на применение информационных технологий.

Второе направление исследований создано проф. М.И.Худых и посвящено надежности текстильного оборудования, долговечности деталей и узлов текстильных машин, условиям их эксплуатации. Сейчас к работам этого направления примыкают исследования по разработкам современных систем сервиса текстильного оборудования.

Продолжателями работ этого направления являются профессора Г.М.Травин и В.А.Гусев. Работы по использованию в текстильных машинах деталей из порошковых спеченных материалов проводились С.Н.Бошиным. К работам этого направления тесно примыкают исследования, проводимые под руководством профессора С.И.Галанина.

В рамках этих двух школ подготовлены десятки кандидатов технических наук, которые работают сейчас в Костроме, Москве, С.-Петербурге, Пензе, Орле, Ташкенте.

Исследования, проводимые на кафедре технологии машиностроения, посвящены проблемам обработки металлов. Они также примыкают к основным научным школам факультета.

На механическом факультете при кафедре ТММ и ПТМ продолжает работать семинар по текстильному машиноведению, который был создан в 1965 г. по инициативе профессоров В.Н.Аносова и М.И.Худых. В 1978 г. он признан филиалом семинара по теории механизмов и машин при Академии наук СССР. Руководителем семинара в настоящее время является профессор Г.К.Кузнецов.

К проблемам автоматизации текстильного производства и использования информационных технологий для решения различных инженерных задач привлечены коллективы кафедр под руководством профессоров Б.А.Староверова и М.Г.Левина. Проводимые ранее работы по автоматизации процесса раскроя в швейном производстве в последнее время были продолжены при расширенной тематике под руководством профессора Е.А.Смирнова.

К проблемам деятельности производственных коллективов, в том числе и коллективов текстильных предприятий, были привлечены экономисты – профессора С.П. Сироткин, М.И. Скаржинский, А.В.Соловьев. Экономические проблемы обслуживания оборудования текстильных предприятий изучались проф. М.Г. Соболевым. Экономика и организация производства в текстильной промышленности, в том числе и в современном переходном периоде, были предметом исследований профессоров З.В.Брагиной, М.И.Беркович, А.Л.Немирова.

Наука в университете не является самоцелью. Ее результаты находят прямое использование в промышленных организациях, в том числе и путем информации о них. Кроме того, научные исследования

лежат в основе подготовки научных и преподавательских кадров, учебно-методической работы на кафедрах университета.

Для реализации полученных научных результатов кафедры имеют тесные связи с промышленными предприятиями, научно-исследовательскими и конструкторскими организациями. Университет постоянно связан с ЦНИИЛКА, ЦНИИМашдеталь, КНИИЛП, ВНИИЛ, Костромским СКБТМ. В 60-70 гг. в вузе работала специальная группа по внедрению на кафедрах работ под руководством Лауреата Государственной премии СССР С.В.Гиляревского.

Проблема подготовки преподавательских кадров в университете основывается на научной работе кафедр и осуществляется через аспирантуру, соискательство, перевод на должность старшего научного сотрудника, докторантуру. Для завершающего этапа этого процесса имеются диссертационные советы. Первый совет для защиты кандидатских диссертаций по текстильным специальностям был создан в 1965 г., докторских – в 1978. Сейчас функционирует и докторский совет по экономическим специальностям.

В первом докторском совете по текстильным специальностям были представлены специалисты из многих вузов и научных учреждений. Среди них профессора Л.Н. Гинзбург (Москва, ЦНИИЛВ), Г.И.Мирошниченко и Г.И.Болдинский (Ташкент, ТИТЛП), П.П.Добровольский (Ленинград, ЛИТЛП), Е.Д.Ефремов (Иваново, ИвТИ), М.А.Тимонин (Глухов, ВНИИЛК). Таким образом, в совете были представлены все научные школы страны. Действующий сегодня совет сформирован на основе этого же принципа.

С 1965 г. в советах вуза были защищены несколько сотен кандидатских и докторских диссертаций. Квалификацию доктора технических наук в Костроме полу-

чили следующие специалисты вузов и научных учреждений: Ю.М.Винтер, П.М.Мовшович, Г.Г.Павлов (Москва), И.И.Мигушов, В.Д.Фролов, М.Ф.Белов, В.Ф.Глазунов, В.Л.Маховер (Иваново), Р.В.Корабельников, А.П.Соркин, Б.Г.Кадыров, Р.З.Бурнашев, П.Н.Тютин (Ташкент), Е.Л.Пашин (Глухов), К.Д.Джаманкулов (Фрунзе), В.А.Степанов, Б.И.Смирнов, Н.В.Лустгартен, А.М.Ипатов, В.И.Жуков, Г.К.Бурнашев (Кострома) и другие.

Результаты выполненных исследований публикуются в научных журналах (в основном это – "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", "Текстильная промышленность"), в Вестнике КГТУ, сборниках трудов, научных монографиях. Регулярно проводятся научные конференции, заслушиваются доклады на специальных семинарах (по текстильному машиноведению, текстильной технологии, материаловедению швейных изделий, первичной обработке льна).

Специалисты кафедры ТММ и ПТМ (В.Н.Аносов, Г.К.Кузнецов, С.Е. Проталинский, С.В. Незеленов, В.А.Козлов) приняли участие в написании главы о машинах для изготовления пряжи из лубяных волокон для Энциклопедии "Машиностроение", том IV-13, Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности.

Научная работа профессорско-преподавательского состава вуза непосредственно влияет на процесс обучения студентов.

Это влияние идет через эрудицию преподавателей, совершенствование лабораторной базы, через издание учебников и методических материалов, привлечение студентов к исследовательской работе. Результаты исследований входят в лекционные курсы, в методическую документацию.

Четыре профессора университета – Р.В.Корабельников, В.Н.Кротов, Е.Л.Пашин, А.А.Телицин в 2006 г. были удостоены высокого звания – лауреатов премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

Сегодня университет находится на подъеме, коллектив полон творческих сил и уверенно смотрит в будущее. Думается, что текстильная наука, текстильное образование останутся основным приоритетом для вуза, обеспечат кадровую и научно-техническую базу для текстильной промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кротов В.Н., Годунов Б.Н., Кузнецов Г.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – №1, 2002. С.3...7.
2. Кротов В.Н., Годунов Б.Н., Кузнецов Г.К., Корабельников Р.В. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – №2, 2002. С.129...133.

Поступила 02.02.07.

УДК 658.8

**УЧЕТ АССОРТИМЕНТНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ  
ТЕКСТИЛЬНЫХ ТОВАРОВ  
ПРИ НОРМИРОВАНИИ ИХ ЗАПАСОВ***О.С.ЮХИНА, Е.А.ЮХИНА**(Московский государственный текстильный университет им.А.Н.Косыгина)*

Проблемы текстильной отрасли России, связанные с нехваткой отечественного сырья, устаревшим оборудованием, недостатком квалифицированной рабочей силы и, как следствие, дефицитом дешевых товаров, диктуют необходимость создания российских брендов и возможности производства текстильной продукции у контрактных производителей.

Продавать товар под собственным брендом, но при этом не владеть производственными мощностями – такова стратегия пустотелых, или оболочечных фирм (от англ. hollow corporation). Несмотря на определенные сложности в организации подобной компании, такая схема считается перспективной моделью ведения бизнеса.

Оболочечные компании чаще всего создаются в тех сегментах рынка, где собственное производство не может создать конкурентного преимущества. Многие фирмы сознательно выбирают оболочечную модель в период запуска бизнеса, когда денежных средств не хватает и делать серьезные вложения в производство довольно рискованно.

Независимо от того, где производится товар – на собственном предприятии или у контрактного производителя, современная текстильная фирма должна иметь эффективную логистику и оптимизировать структуру и размеры запасов.

В связи с этим каждой текстильной фирме необходимо разрабатывать гибкую систему оптимизации и нормирования товарных запасов на складах, которая должна учитывать ассортиментные особенности и оборачиваемость товара, а также степень

важности конкретного товара для текстильной фирмы и клиентов. Это позволит оптимизировать затраты на хранение товара; повысить уровень обслуживания клиентов; снизить количество неликвидных товаров на складах фирмы; оптимизировать структуру хранимого ассортимента товаров.

Для разработки системы оптимизации товарных запасов на складах фирмы необходимо разделить все ассортиментные позиции в соответствии с выбранным признаком группировки. Для проведения такой группировки можно использовать метод ABC-анализа, который может быть проведен по показателю прибыли. Для деления ассортимента на группы можно использовать метод касательных.

Часто бывают ситуации, когда полученные этим методом ассортиментные группы довольно велики, то есть не наблюдается фокусирования признака группировки по группам, что говорит о том, что в товарной номенклатуре предприятия нельзя выделить явных «лидеров». В этом случае необходимы дополнительные расчеты и исследования (многофакторный анализ), которые позволили бы разделить ассортимент на более сфокусированные группы и упростить управление ассортиментом для закупочной, производственной и складской логистики. Для проведения такой группировки можно воспользоваться данными кластерного анализа, который проводят для этих целей аналитики отдела маркетинга.

Кластерный анализ позволяет провести многомерный анализ ассортимента в зави-



симости от выбранных факторов и выделить однородные группы товаров (кластеры). Кластерный анализ может быть проведен по следующим показателям: выручке от реализации, объему реализации, прибыли, средней цене реализации; количеству клиентов.

Анализ проводится на основании фактических данных о результатах хозяйственной деятельности фирмы за год. В анализе участвуют только те позиции ассортимента, реализация которых осуществлялась в течение всего отчетного периода. Позиции ассортимента, появившиеся в ассортименте фирмы в течение текущего года (статистика продаж менее 12 месяцев), идентифицируются как «новые товары» и не участвуют в анализе.

Кластерный анализ позволяет выделить наиболее важный и наименее важный кластеры, а также промежуточные группы товаров. В наиболее важный кластер входят позиции ассортимента, приносящие наибольшую выручку, самые продаваемые (наибольший оборот в натуральном выражении), приносящие наибольшую прибыль, покупаемые наибольшим числом клиентов фирмы. В наименее важную группу ассортимента входят товары с самой низкой рентабельностью.

Структура объемов продаж по кластерам представлена в табл.1.

Т а б л и ц а 1

Кластер №	Доля продаж в выручке, %
К 1	7
К 2	38
К 3	55
Всего	100

Кроме полученных групп (кластеров) для дальнейших расчетов в ассортименте фирмы следует выделить следующие три группы:

"новые товары" – товары, введенные в ассортимент фирмы в течение последних 12 месяцев. Жизненный цикл таких товаров менее 12 месяцев. В кластерном анализе они не участвовали;

"старые товары" – товары, производство которых приостановлено, но по кото-

рым имеются остатки товаров на складах. Они выведены из ассортимента и не участвовали в кластерном анализе;

"сезонные товары" – товары, имеющие резкую сезонность, выпускаемые большими партиями к началу сезона.

Управление запасами успешно, если в каждый момент фирма располагает необходимым для реализации количеством нужного товара.

Расчет товарных запасов включает в себя расчет страхового, рабочего и общего запаса.

1. Расчет страхового запаса.

Страховой запас товара зависит от целевого уровня сервиса, дисперсии спроса и дисперсии поставок.

Для расчета страхового запаса используют следующую формулу:

$$Q_{\text{страх}} = t \sqrt{L_{T_{\text{ср}}} D_{\text{спр}} + D_{L_t} Q_{\text{ср}}^2},$$

где  $Q_{\text{страх}}$  – страховой запас товара, пог.м;  $t$  – параметр функции Лапласа;  $L_{T_{\text{ср}}}$  – средний срок выполнения заказа, месяцев;  $Q_{\text{ср}}$  – средний спрос на товар;  $D_{\text{спр}}$  – дисперсия спроса;  $D_{L_t}$  – дисперсия срока выполнения заказа.

Значение функции Лапласа зависит от уровня сервиса следующим образом:

$$\Phi(t) = (1 - 2a),$$

где  $\Phi(t)$  – значение функции Лапласа;  $a$  – допустимый уровень невыполненных заказов, доли.

Под сроком выполнения заказа в нашем случае следует понимать время от момента размещения заказа до момента поставки товара на склад фирмы.

В целях расчета страхового запаса для каждой группы товаров необходимо установить свой уровень сервиса, который будет зависеть от следующих факторов: стратегической важности товара каждой группы для предприятия и клиентов; доли товаров каждой группы в общем объеме продаж; особенностей товаров некоторых групп (для групп "новые товары", "старые товары", "сезонные товары").

С учетом характерных особенностей товаров каждой группы и степени важности товаров, входящих в каждый кластер,

устанавливаются уровни сервиса и определяются значения функции Лапласа (табл.2).

Т а б л и ц а 2

Кластер	"Новые товары"	3	1	2	"Сезонные товары"	"Старые товары"
Уровень сервиса, доля	0,80	0,85	0,70	0,70	0,50	0,50
Допустимый уровень невыполнения заказов, доля	0,20	0,15	0,30	0,30	0,50	0,50
Значение функции Лапласа	0,60	0,70	0,40	0,40	0	0
Параметр функции Лапласа t	0,84	1,04	0,51	0,51	0	0

Анализ работы фирмы в области поставок позволяет определить срок выполнения заказа для каждого покупателя для каждого периода времени. На основании этих данных можно определить средний срок выполнения заказа для каждой ассортиментной позиции и дисперсию срока выполнения заказа.

На основании данных плана продаж следует определить средний спрос на каждую ассортиментную позицию и дисперсию спроса. Тогда по вышеприведенной формуле можно определить величину среднего страхового запаса для каждой позиции ассортимента и общий размер страхового запаса для склада фирмы по каждому месяцу.

### 2. Расчет рабочего запаса.

Норма текущего запаса составляет половину величины оптимального заказа. В качестве критерия оптимальности следует выбирать минимум транспортных расходов и расходов на хранение. Формула, позволяющая рассчитать оптимальный размер заказа, в теории управления запасами известна как формула Уилсона и имеет следующий вид:

$$S_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2KQ}{M}},$$

где  $S_{\text{опт}}$  – оптимальный объем заказываемой партии, пог.м;  $K$  – транспортные расходы, связанные с доставкой одного заказа, руб.;  $Q$  – объем продаж за период, пог.м;  $M$  – тариф за хранение запаса, руб.

### 3. Расчет общего запаса товара.

Под общим запасом товара следует понимать товарный запас на складах предприятия, который можно вычислить по формуле:

$$Q = Q_{\text{страх}} + Q_{\text{тек}},$$

где  $Q_{\text{тек}}$  – объем текущего запаса товара на складе, пог. м:

$$Q_{\text{тек}} = \frac{S_{\text{опт}}}{2}.$$

## В Ы В О Д Ы

1. Предложено учитывать ассортиментные особенности товаров при нормировании их запаса посредством выделения однородных групп товаров с помощью метода ABC и кластерного анализа.

2. Рассмотрена методика расчета товарных запасов на складах, которая учитывает ассортиментные особенности и позволяет оптимизировать затраты на хранение товара, повысить уровень обслуживания клиентов, снизить количество неликвидных товаров на складах предприятия, оптимизировать структуру хранимого ассортимента товаров.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Гаджинский А.М. Логистика. – М.: Издательско-торговая корпорация "Дашков и К", 2006.
2. Шрайбфедер Дж. Эффективное управление запасами. Пер. с англ. – 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006.

Рекомендована кафедрой экономики. Поступила 06.04.07.

УДК 539.434:677.494

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ВЯЗКОУПРУГОСТИ  
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ***А.В. ДЕМИДОВ, А.Г. МАКАРОВ, А.М. СТАЛЕВИЧ***(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)**

Всестороннее, комплексное исследование механических свойств текстильных материалов и прогнозирование деформационных процессов возможно только на основе системного анализа его вязкоупругих свойств, включающего в себя: экспериментальные исследования; построение математической модели вязкоупругости, наиболее адекватно отражающей деформационные свойства текстильного материала; определение вязкоупругих параметров текстильного материала; моделирование деформационных процессов. Внедрению разработанных методик системного анализа вязкоупругости текстильных материалов способствует компьютеризация расчетов.

Важными механическими характеристиками полимерных текстильных материалов являются его упругие и деформационные свойства, определяющие способность материала изменять форму под воздействием нагрузки и восстанавливаться после ее снятия. Для определения механических характеристик необходимо построение математической модели, отражающей физический смысл и концептуальные закономерности механического поведения полимера.

Желательно построение такой математической модели, которая позволяла бы не только с достаточной степенью точности определять механические характеристики полимера, но и была бы наиболее простой из возможных вариантов, а также включала минимум физически обоснованных па-

раметров.

После составления математической модели, при наличии необходимых экспериментальных данных, переходят к процедуре определения механических характеристик с помощью численных методов. На этом этапе особую актуальность приобретает компьютеризация вычислений, позволяющая уменьшить трудоемкость и повысить точность расчетов. Расчетные значения механических характеристик подлежат проверке путем сравнения с экспериментальными данными. По величине отклонения расчетных значений от экспериментальных данных делается вывод о пригодности математической модели для конкретного полимерного материала.

Следующим шагом является прогнозирование деформационных процессов полимеров на основе определенных ранее механических характеристик. Расчетное прогнозирование позволяет дать рекомендации по применимости полимерных материалов и оказывает влияние на отбор образцов, обладающих необходимыми качествами.

Математическое моделирование механических свойств полимеров полезно сочетать с разработкой критериев достоверности определения механических характеристик и надежности прогнозирования деформационных процессов. Указанные критерии с целью контроля прогнозирования применяются как на этапе моделирования – для наилучшего составления математической модели, так и на этапе расчета –

для определения погрешности прогнозирования.

Основными механическими характеристиками текстильных материалов, подлежащими определению, являются параметры процессов релаксации и ползучести [1], [2]. К параметрам релаксации относятся: модуль релаксации  $E(\varepsilon, t)$ , зависящий от деформации  $\varepsilon$  и от времени  $t$ , со своими асимптотическими значениями – модулем упругости  $E_0$  и модулем вязкоупругости  $E_\infty$ , времена релаксации  $\tau_\varepsilon = \tau(\varepsilon)$ , представляющие некоторую функцию деформации, и коэффициент интенсивности процесса релаксации  $b_\varepsilon$ .

Для удобства учета, как достаточно малых, так и достаточно больших значений времени, при построении математической модели пользуются логарифмическо-временной шкалой, перейдя к безразмерному значению времени  $t/t_1$ , где  $t_1$  – некоторое базовое значение времени.

Учитывая убывающий характер модуля релаксации, простейшую математическую модель релаксации можно описать следующим уравнением [3]:

$$E(\varepsilon, t) = E_0 - (E_0 - E_\infty)\phi(\varepsilon, t), \quad (1)$$

где в качестве  $\phi(\varepsilon, t)$  выбирается некоторая нормированная возрастающая функция, включающая в неявном виде времена релаксации  $\tau_\varepsilon$  и коэффициент интенсивности процесса  $1/b_\varepsilon$ .

Функция  $\phi(\varepsilon, t)$  должна хорошо согласовываться с экспериментом, а поэтому быть физически обоснованной. Так, например, для моделирования процесса релаксации синтетических нитей широко применяется в качестве функции  $\phi(\varepsilon, t)$  интеграл вероятности, задающий нормальное распределение релаксирующих частиц по временам релаксации.

Авторами был предложен вариант функции  $\phi(\varepsilon, t)$  в виде нормированного арктангенса логарифма приведенного времени (НАЛ) [4]:

$$\phi(\varepsilon, t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left( \frac{1}{b_\varepsilon} \ln \frac{t}{\tau_\varepsilon} \right) \quad (2)$$

и показаны преимущества ее применения для моделирования свойств текстильных материалов сложной макроструктуры (пряжи, тканей, лент и т.п.), характеризующимися расширенным распределением релаксирующих частиц по сравнению с синтетическими нитями.

Аналогично процесс ползучести определяется: податливостью  $D(\sigma, t)$ , зависящей от напряжения  $\sigma$  и от времени  $t$ , асимптотическими значениями – начальной  $D_0$  и предельно-равновесной  $D_\infty$  податливостью, временами запаздывания  $\tau_\sigma = \tau(\sigma)$  и коэффициентом интенсивности процесса ползучести  $1/b_\sigma$ .

Так как податливость представляет собой возрастающую функцию, простейшая математическая модель ползучести описывается уравнением [3]:

$$D(\sigma, t) = D_0 + (D_\infty - D_0)\phi(\sigma, t), \quad (3)$$

где в качестве функции  $\phi(\sigma, t)$  для описания ползучести синтетических нитей часто выбирается интеграл вероятностей, а для полимерных материалов сложной макроструктуры, преимущественно использовать функцию НАЛ:

$$\phi(\sigma, t) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} \operatorname{arctg} \left( \frac{1}{b_\sigma} \ln \frac{t}{\tau_\sigma} \right). \quad (4)$$

Для математического моделирования релаксации и ползучести могут применяться и другие нормированные функции  $\phi(\varepsilon, t)$  и  $\phi(\sigma, t)$  [3]. Большое разнообразие применяющихся функций положительно сказывается на точности прогнозирования. Критерием подбора функции является степень отклонения расчетных значений по математической модели (1) и (3) от эксперимента.

Кривые "семейства" релаксации, полученные при разных значениях деформации

ции, можно параллельным сдвигом вдоль логарифмическо-временной шкалы на величину  $\ln(\tau_\varepsilon/t_1)$  наложить на обобщенную кривую модуля релаксации  $E(\varepsilon, t)$ , аппроксимированного математической моделью (1). Данное преобразование "семейства" релаксации основано на так называемой деформационно-временной аналогии [3]. По величине указанных сдвигов определяется функция  $\ln(\tau_\varepsilon/t_1)$ , задающая, по сути, времена релаксации  $\tau_\varepsilon$ . Структурный параметр интенсивности процесса релаксации  $1/b_\varepsilon$  определяется как коэффициент подобия обобщенной кривой модуля релаксации и нормированной функции НАЛ. Расположение обобщенной кривой модуля релаксации  $E(\varepsilon, t)$  позволяет определить асимптотические значения  $E_0$  и  $E_\infty$ .

Таким образом, задание математической модели релаксации (1) позволяет по экспериментальному "семейству" релаксации определить основные характеристики процесса релаксации, которые в дальнейшем используются для прогнозирования деформационных процессов.

Аналогично по экспериментальному "семейству" ползучести определяются параметры процесса ползучести: асимптотические значения  $D_0$  и  $D_\infty$ , параметр интенсивности процесса  $1/b_\sigma$  и функция времен запаздывания  $\ln(\tau_\sigma/t_1)$ .

Достоверность определения рассмотренных механических характеристик проверяется контрольным пересчетом модуля релаксации и податливости по формулам (1), (3) и сопоставлением полученных значений с экспериментальными данными.

На основе вычисленных механических характеристик текстильных материалов проводится прогнозирование деформационных процессов. Для этого пользуются численными методами решения интегральных уравнений Больцмана-Вольтерра наследственного типа [3].

Прогнозирование деформационных процессов играет важную роль при исследовании механических свойств полимер-

ных материалов, применяемых в различных отраслях промышленности. Среди деформационных процессов наиболее часто встречаются деформационно-восстановительные процессы, а также процессы прямой и обратной релаксации.

Деформационно-восстановительный процесс характеризуется заданием функции напряжения  $\sigma(t)$  и является частным случаем процесса нелинейно-наследственной ползучести. Как правило, функция напряжения  $\sigma(t)$  задается в ступенчатом виде с чередованием нагрузки и разгрузки. Процессы прямой и обратной релаксации характеризуются заданием функции деформации  $\varepsilon(t)$  и являются частным случаем процесса нелинейно-наследственной релаксации.

Проверка работоспособности моделей прогнозирования деформационных процессов проводится, как правило, на простейших процессах растяжения с постоянной скоростью деформирования  $\dot{\varepsilon}$  посредством построения экспериментальных диаграмм растяжения. По степени совпадения расчетных значений диаграммы с экспериментальными данными делается вывод о применимости указанной математической модели. Сравнение расчетных значений деформации и напряжения с экспериментальными данными для более сложных деформационных процессов повышает степень надежности прогнозирования.

Следует заметить, что эффективность применения методик системного анализа вязкоупругости текстильных материалов повышается с внедрением компьютеризации расчетов [5].

## ВЫВОДЫ

1. Комплексное исследование механических свойств текстильных материалов и прогнозирование деформационных процессов возможно только с позиции системного анализа вязкоупругости полимеров.

2. При определении механических характеристик текстильных материалов и прогнозирования их деформационных

процессов немаловажную роль играет удачный выбор математической модели. Если деформационные процессы одной группы текстильных материалов точнее прогнозируются с использованием некоторой математической модели, то для другой группы материалов может оказаться предпочтительнее применение другой математической модели. Поэтому чем шире набор предлагаемых математических моделей и соответствующих им методик, тем точнее могут быть определены механические характеристики полимеров и тем точнее будет прогноз деформационных процессов.

3. Немаловажную роль как в выборе математической модели, так и в прогнозировании механических свойств текстильных материалов играет компьютеризация расчетов, способствующая выходу на бо-

лее высокий уровень исследования свойств указанных материалов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алфрей Т. Механические свойства высокополимеров. – М., 1952.
2. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. – М., 1989.
3. Сталевич А.М. Деформирование ориентированных полимеров. – СПб., 2002.
4. Макаров А.Г. Прогнозирование деформационных процессов в текстильных материалах. – СПб., 2002.
5. Макаров А.Г. Математические методы анализа физико-механических свойств материалов легкой промышленности. – СПб., 2002.

Рекомендована кафедрой сопротивления материалов. Поступила 01.12.06.

УДК 620.1:67

### ОПИСАНИЕ РЕЗОНАНСНОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*В.Н. БЕЛОКУРОВ*

(Московский государственный университет дизайна и технологии)

Рассматриваемый метод [1] определения деформационных характеристик в динамическом резонансном режиме предусматривает определение упругой и вязкой составляющих путем приложения к исследуемому материалу изменяющегося по гармоническому закону силового воздействия и регистрации ответного отклика со стороны исследуемого объекта.

При некоторых значениях частоты силового воздействия на вязкоупругие материалы возникает резонанс и исследуемый материал остается упругой системой, а деформация носит обратимый характер. Подобные системы представляют собой резонансные системы, имеющие амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) (рис. 1 – АЧХ полимерного материала в общем виде).

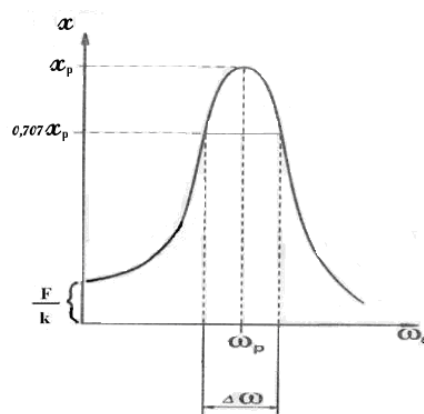


Рис. 1

При стремлении частоты силового воздействия  $\omega_b$  к нулю резонансная кривая приходит к пределу отношения:

$$x_{ст} = \frac{F}{K}. \quad (1)$$

Это отношение представляет собой описание деформации  $x_{ст}$  материала под воздействием постоянной по величине силы величиной  $F$  и выражает закон Гука. При увеличении частоты силового воздействия  $\omega_b$  амплитуда деформации растет. В случае резонанса, когда частота  $\omega_b$  вынуждающей силы  $F$  приближенно равна собственной частоте  $\omega_0$  колеблющейся системы, амплитуда деформации достигает максимального значения  $x_p$ .

Отношение амплитуды деформации  $x_p$  к величине статического смещения  $x_{ст}$  определит добротность  $Q$  материала:

$$\frac{x_p}{x_{ст}} = \frac{\omega_0}{2\beta} = \frac{1}{\text{tg}\delta} = Q, \quad (2)$$

где  $\beta$  – коэффициент затухания;  $\text{tg}\delta$  – тангенс угла механических потерь.

Добротность материала  $Q$  определяется по величине  $\Delta\omega$  (рис. 1). АЧХ исследуемого материала – измеренной на уровне 0,707 от максимальной амплитуды деформации  $x_p$  и по значению резонансной частоты  $\omega_p$ :

$$Q = \frac{\omega_p}{\Delta\omega}. \quad (3)$$

Таким образом, АЧХ является своеобразным паспортом деформационных свойств материала, в котором указаны в количественном соотношении упругая и вязкая составляющие.

При динамическом воздействии на вязкоупругий материал вынуждающая сила  $F$  испытывает со стороны материала механическое сопротивление:

$$Z = \omega_b \sqrt{\left(\frac{k}{\omega_b} - m\omega_b\right)^2}, \quad (4)$$

где разница в скобках имеет реактивный характер. Член  $\frac{k}{\omega_b}$  выражает упругую со-

ставляющую исследуемого материала, а  $m\omega_b$  – его инерциальное сопротивление.

При резонансе упругая и инерциальная составляющие становятся равными величинами и взаимоуничтожаются. При этом механическое сопротивление  $Z$  становится равным:

$$Z = 2\beta m = b, \quad (5)$$

где  $b$  – коэффициент вязкого трения, возникающего на молекулярном уровне в деформируемом теле.

Коэффициент жесткости  $k$  материала определяется равенством:

$$k = \omega_0^2 m. \quad (6)$$

В формулах (5) и (6) символом  $m$  обозначена величина распределенной массы колеблющейся части исследуемого материала.

Любая механическая система, обладающая массой  $m$  и коэффициентом жесткости  $k$ , имеет свою собственную частоту  $\omega_0$ , которая выражается отношением:

$$\omega_0^2 = \frac{k}{m} = \omega_p^2. \quad (7)$$

Для нашего частного случая это отношение будет иметь вид:

$$\omega_{p1}^2 = \frac{k}{m + m_1} = \omega_{01}^2, \quad (8)$$

где  $m_1$  – известная масса, закрепленная на колеблющейся части исследуемого материала.

Из равенства (8) коэффициент жесткости определяется равенством:

$$k = \omega_{p1}^2 (m + m_1). \quad (9)$$

Если массу  $m_1$  заменить на другую массу  $m_2$ , то собственная резонансная частота  $\omega_{01}$  изменит свое значение и станет равной:

$$k = \omega_{p2}^2(m + m_2). \quad (10)$$

При этом жесткость исследуемого материала не изменится. Тогда правые части равенств (9) и (10) будут равны, то есть:

$$\omega_{p1}^2(m + m_1) = \omega_{p2}^2(m + m_2). \quad (11)$$

Откуда

$$m = \frac{\omega_{p2}^2 m_2 - \omega_{p1}^2 m_1}{\omega_{p1}^2 - \omega_{p2}^2}. \quad (12)$$

Метод определения величины распределенной массы может быть использован при деформациях сжатия, растяжения, кручения и изгиба в динамическом резонансном режиме.

При циклической деформации материала смещение отстает по фазе от вынуждающей силы. В связи с этим явлением будет изменяться соотношение модулей упругости  $E'$  и соответствующие значения модулей гистерезисных потерь  $E''$ :

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{E''}{E'}. \quad (13)$$

При резонансе модуль гистерезисных потерь  $E''$  определится соотношением:

$$E'' = \omega_p b. \quad (14)$$

Из (2) и (14) модуль упругости равен

$$E' = \frac{E''}{\operatorname{tg} \delta} = E'' Q. \quad (15)$$

Время релаксации напряжения  $\tau$ , возникающего в деформируемом материале, выразится равенством:

$$\tau = \frac{1}{\beta}. \quad (16)$$

Для нахождения коэффициента вязкого трения, возникающего на молекулярном уровне в деформируемом материале, необходимо определить логарифмический декремент затухания  $\delta$ :

$$\delta = \frac{\pi}{Q} \quad (17)$$

и коэффициент затухания

$$\beta = \frac{\delta}{T} = \frac{b}{2(m + m_1)}, \quad (18)$$

где  $T$  – период колебания системы, определяемый отношением

$$T = \frac{1}{\nu}, \quad (19)$$

где  $\nu$  – частота силового воздействия.

## ВЫВОДЫ

Проведено обоснование метода определения деформационных характеристик вязкоупругих текстильных материалов в резонансном режиме.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Белокуров В.Н., Бузов Б.А. Теоретическое обоснование взаимосвязи показателей деформации материалов, определяемых в статическом и динамическом режимах// Сб. научн. тр. МГАЛП. – М., 1996. С.62...67.

Рекомендована кафедрой физики. Поступила 26.03.07.



## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОМПЬЮТЕРНОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ РАДИУСА ВОРСИСТОСТИ ПРЯЖИ

Т.Н. КОРОБОВА, Н.В. ЕВСЕЕВА, Б.Н. ГУСЕВ

(Ивановская государственная текстильная академия)

Основными источниками информации о качестве потребительской продукции являются контроль, испытания и рекламации, реализация которых связана с процессами измерения. При решении этих задач важное место отводится качеству измерений, которое обеспечивается совокупностью свойств состояний измерений, обуславливающих получение результатов с требуемыми характеристиками, а именно такими, как точность, сходимость, воспроизводимость, изменчивость и стабильность [1].

Оценка качества процесса измерения показателей свойств текстильных материалов усложнена прежде всего тем, что они обладают значительной изменчивостью в соответствии с особенностями технологии производства изделий и строения объекта исследования. Современные подходы к оценке качества процесса измерения показателей конкретного свойства текстильного материала основаны на методах метрологии и математической статистики. Применение этих методов при управлении процессами измерения для повышения их эффективности регламентируется и в международных стандартах ИСО серии 9000 на системы менеджмента качества.

В качестве объекта исследования выбрана смесовая пряжа (полиэстер – 67%, вискоза – 33%) линейной плотностью 16,6 текс. Областью исследования является качество процесса измерения показателей ворсистости пряжи, а предметом исследования – количественная характеристика свойства ворсистости пряжи на фиксированной длине, а именно радиус ворсистости.

Под радиусом  $X$  ворсистости понимается величина, характеризующая расстояние расположения средней плотности распределения ворсинок, которая определяет

ся по графику плотности распределения ворсинок (рис. 1), с учетом наложения двух графиков распределения от левой (Л) и правой (П) частей поверхности пряжи путем пересечения касательной линии оси абсцисс.

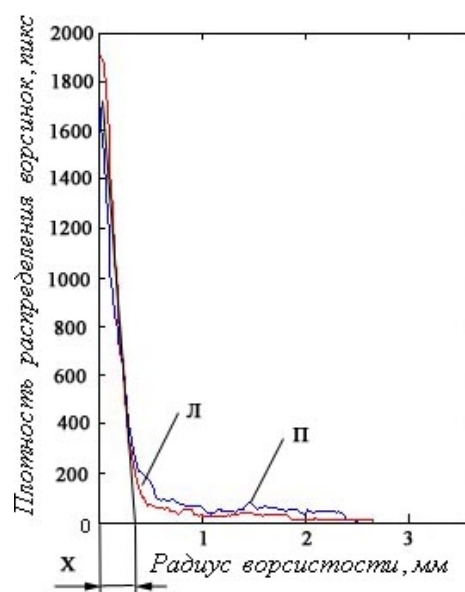


Рис. 1

Первоначально были собраны данные по результатам реализации программы измерения выделенного показателя ворсистости пряжи. Размер пробы, подвергавшейся сканированию в отраженном свете, составил 12,7 мм в ширину и 132,3 мм в длину. Суммарная длина нити составила 2,646 м. Всего для решения данной проблемы проведено 1500 испытаний.

На следующем этапе исследования в соответствии с методикой, описанной в [2], была проведена оценка качества процесса измерения радиуса ворсистости графическим и аналитическим методами. Исследование показателей точности измерения радиуса ворсистости пряжи подробно

проведено в [3], где в качестве базового метода измерения использовался проекционный метод измерения.

Графический метод использовался для определения показателя стабильности и заключался в построении контрольной карты  $\bar{X} - R_x$  (где  $R_x = X_{MAX} - X_{MIN}$ ).

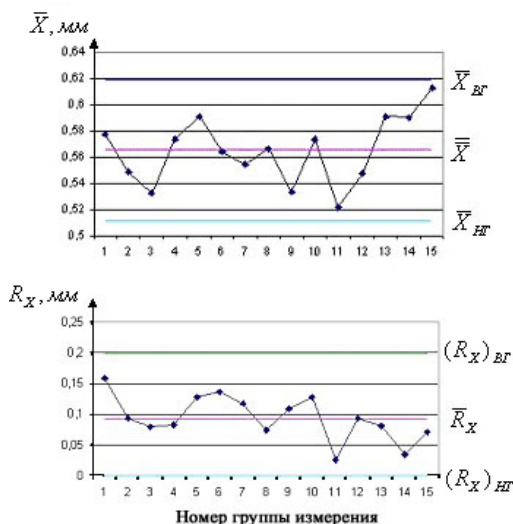


Рис. 2

В работе исходя из того, что продукт имеет большую вариацию по значениям, в исходной таблице для построения  $\bar{X} - R_x$ -карты приведены средние значения по выборке. Данные, по которым определялась стабильность процесса измерения путем построения  $\bar{X} - R_x$ -карты (рис. 2), приведены в табл. 1 для пяти испытаний.

Центральная линия ( $\bar{X}$ ) для X-карты определялась как среднее арифметическое из 15 измерений. Верхняя контрольная  $\bar{X}_{BG}$  и нижняя контрольная  $\bar{X}_{HG}$  границы определялись по формуле:

$$\bar{X}_{BG(HG)} = \bar{\bar{X}} \pm A_2 \bar{R}_x, \quad (1)$$

где  $A_2$  – коэффициент, определяемый по [4] в зависимости от числа наблюдений в подгруппе.

Таблица 1

Номер испытания	Значения радиуса ворсистости при повторностях и его статистических характеристик, мм											
	1	2	3	4	5	$\bar{X}$	$R_x$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{X}_{BG}$	$\bar{X}_{HG}$	$\bar{R}_x$	$(R_x)_{BG}$
1	0,62	0,48	0,60	0,56	0,63	0,58	0,158	0,57	0,62	0,51	0,09	0,20
2	0,58	0,52	0,53	0,51	0,60	0,55	0,092					
3	0,54	0,48	0,52	0,56	0,56	0,53	0,078					
4	0,52	0,55	0,58	0,60	0,61	0,57	0,082					
5	0,60	0,63	0,52	0,65	0,54	0,59	0,128					

Центральная линия  $\bar{R}_x$  для  $R_x$ -карты также определялась как среднее арифметическое из 15 измерений. Верхняя контрольная граница  $(R_x)_{BG}$  и нижняя контрольная граница  $(R_x)_{HG}$  определялись по формулам:

$$(R_x)_{BG} = D_4 \bar{R}_x, \quad (R_x)_{HG} = D_3 \bar{R}_x, \quad (2)$$

где  $D_3, D_4$  – коэффициенты, определяемые по [4] в зависимости от числа наблюдений в подгруппе.

Проанализировав полученные графические данные, можно сделать вывод, что значения исследуемого параметра не выходят за контрольные границы, поэтому вмешательства в измерительный процесс не требуется.

Изменчивость процесса измерения радиуса ворсистости пряжи отражают показатели сходимости и воспроизводимости.

Для анализа изменчивости процесса измерения применялся метод построения карты средних, на которой средние нескольких показаний каждого оператора по каждой части строятся с индексом номера части. На карту также наносятся общее среднее и контрольные границы, определенные с использованием среднего размаха. Такая карта может помочь в определении идентичности работы операторов и показывает «пригодность» измерительного процесса [2].

Отметим, что контрольные карты размахов используются для того, чтобы определить, находится ли процесс под контролем. Размахи многократных показаний ка-

ждого оператора по каждой части строят на стандартной карте размахов, включая средний размах и контрольные границы.

Исходная таблица с данными для построения карты средних и размахов состоит из 15 повторностей. В табл. 2 приведены данные только для пяти повторностей.

Таблица 2

Повторности операторов		Значения радиуса ворсистости пряжи (мм) при повторностях					Средние значения, $\bar{X}$ , мм
		1	2	3	4	5	
Оператор А	1	0,617	0,530	0,606	0,557	0,634	0,557
	2	0,609	0,512	0,605	0,539	0,633	0,554
Среднее $\bar{X}$		0,613	0,521	0,606	0,548	0,633	0,556
Размах $R_x$		0,008	0,017	0,001	0,017	0,001	0,007
Оператор В	1	0,606	0,521	0,603	0,523	0,632	0,556
	2	0,596	0,517	0,602	0,520	0,631	0,553
Среднее $\bar{X}$		0,601	0,519	0,602	0,522	0,631	0,554
Размах $R_x$		0,010	0,004	0,001	0,003	0,001	0,006
Среднее по значениям	$\bar{X}$	0,607	0,520	0,604	0,535	0,632	0,555
	$\bar{R}_x$	0,009	0,011	0,001	0,010	0,001	0,006

Значения центральной линии, верхней и нижней границ определены аналогично предыдущему примеру по выражениям (1) и (2) и равны:  $\bar{X} = 0,555$ ;  $\bar{X}_{BG} = 0,566$ ;  $\bar{X}_{NG} = 0,543$ ;  $\bar{R}_x = 0,006$ ;  $(R_x)_{BG} = 0,02$ .

Контрольная карта для определения показателя воспроизводимости процесса измерения показателя ворсистости пряжи изображена на рис. 3.

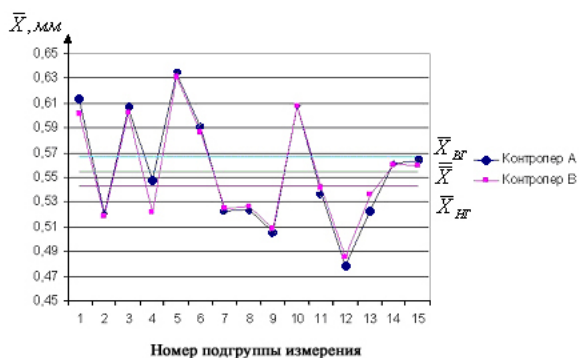


Рис. 3

Анализ данных, представленных на рис. 3, показывает, что процесс измерения может давать полезную информацию для обнаружения изменчивости от одной серии испытаний к другой и для анализа и управления технологическим процессом,

так как больше половины значений выйдут за контрольные границы [2].

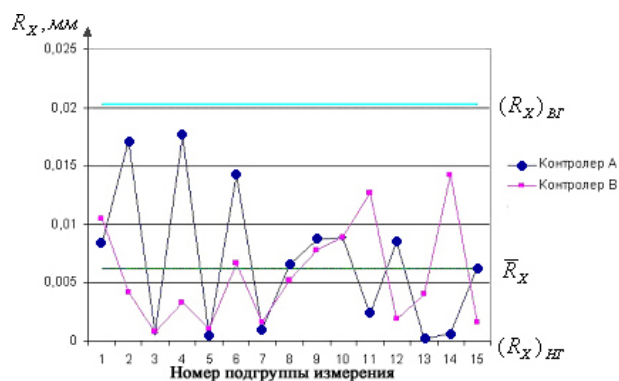


Рис. 4

Контрольная карта для определения показателя сходимости процесса измерения радиуса ворсистости пряжи представлена на рис. 4.

Так как все значения находятся в пределах контрольных границ, это означает, что операторы работают одинаково, их принципы работы не отличаются друг от друга. На рис. 3 видно, что ломаные линии карты  $\bar{X}$  почти параллельны, следовательно, отсутствует взаимное влияние операторов друг на друга.

Показатели сходимости измерительного процесса определяем по формуле:

$$C_{R_x} = \bar{R}_{X(AB)} K_1 = 0,003, \quad (3)$$

где  $\bar{R}_{X(AB)} = 0,5(\bar{R}_{X(A)} + \bar{R}_{X(B)})$  – среднее значение показаний обоих операторов;  $K_1$  – коэффициент, который зависит от числа подгрупп измерений и равен обратной величине  $d_2^*$  (выбирают по табл. приложения С [2] в зависимости от числа измерений и числа частей, умноженного на число операторов).

Показатель воспроизводимости находили по выражению:

$$V_{\bar{X}} = \sqrt{\left[ \left[ \bar{X}_A - \bar{X}_B \right] K_2 \right]^2 - \left[ \frac{C_{R_x}^2}{2n} \right]} = 0,001, \quad (4)$$

где  $K_2$  – коэффициент, зависящий от числа операторов, участвующих в исследовании процесса измерения и равный обратной величине  $d_2^*$  (находят по табл. в приложении С [2] в зависимости от числа измерений и числа операторов, равного 1);  $n$  – число подгрупп измерения.

Показатели изменчивости измерительного процесса определяли по формулам:

– показатель изменчивости от показателей сходимости и воспроизводимости

$$I_{\bar{X}, R_x} = \sqrt{\left[ (C_{R_x})^2 + (V_{\bar{X}})^2 \right]} = 0,003, \quad (5)$$

– показатель изменчивости от одной серии испытаний к другой

$$I_{X_i} = (\bar{X}_{\max(AB)} - \bar{X}_{\min(AB)}) K_2 = 0,067, \quad (6)$$

где  $(\bar{X}_{\max(AB)} - \bar{X}_{\min(AB)})$  – разница максимального и минимального средних значений измеренного параметра двух операторов;

– показатель полной изменчивости

$$I_{\Pi} = \sqrt{\left[ (I_{\bar{X}, R_x})^2 + (I_{X_i})^2 \right]} = 0,067. \quad (7)$$

Долю уровней показателей сходимости и воспроизводимости от полной вариации

процесса измерения определяли по выражению:

$$\delta_{C,B} = I_{\bar{X}, R_x} / I_{\Pi} = 0,045. \quad (8)$$

Используя оценочную шкалу, приведенную в [1], можно сделать вывод, что измерительный процесс радиуса ворсистости пряжи является приемлемым, так как  $\delta_{C,B}$  ниже 0,1.

## ВЫВОДЫ

1. В результате оценивания качества процесса измерения компьютерным методом радиуса ворсистости пряжи по свойству стабильности с использованием  $\bar{X}-R_x$ -карты было установлено, что вмешательства в измерительный процесс не требуется.

2. При оценке компьютерного метода измерения радиуса ворсистости пряжи по свойству воспроизводимости графическим методом выявлено, что процесс измерения обнаруживает изменчивость от одной серии испытаний к другой и может давать информацию для управления технологическим процессом.

3. Анализ процесса измерения по свойству сходимости графическим методом показал отсутствие взаимодействия операторов и различий в принципах их работы.

4. Уточнены количественные характеристики свойств сходимости, воспроизводимости и изменчивости, которые подтверждают пригодность компьютерного метода измерения исследуемого показателя ворсистости пряжи к применению.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Евсеева Н.В.* Оценивание качества процесса измерения линейной плотности пряжи // Вестник ИГТА. – 2002, №2. С. 72...77.
2. Анализ измерительных систем MSA // Перевод с англ. – Н. Новгород: СМЦ «Приоритет», 2002.
3. *Коробова Т.Н.* Разработка методики поверки компьютерного метода измерения показателей ворсистости пряжи. Проектирование, контроль и управление качеством продукции и образовательных услуг // Мат. Седьмой всероссийской науч.-техн. конф. Ч. II.: Управление качеством на произ-

УДК 687.1.03.017.7.001.18

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН

*Н.А. СМЕРНОВА, Д.А. КОЗЛОВСКИЙ, Т.А. КОЛМОГорова, В.В. ЛАПШИН*

(Костромской государственной технологической университет)

Прогнозирование свойств (показателей качества) материалов для САПР одежды [1] представляется возможным не на основе аналитических зависимостей показателей от характеристик строения материалов, а и путем создания интеллектуальной системы. Такую интеллектуальную систему целесообразно создать на базе искусственных нейронных сетей (ИНС) [2].

Система, построенная на базе ИНС, обладает рядом достоинств:

- быстрая адаптация модели к новым данным (развитие и уточнение);
- нет необходимости пересматривать математическую форму;
- расширение емкости за счет простого наращивания числа элементов;
- однотипный подход к обучению системы для задач аппроксимации любой

сложности (для создания модели в виде аналитического выражения существует большое число методов аппроксимации);

- непрерывность выходных значений;
- система создается один раз и не требует дополнительного научного труда при дополнительном уточнении модели.

Кроме этого система имеет свои особенности [2], которые состоят в том, что: форма представления закономерностей не воспринимается человеческим сознанием; ее невозможно использовать как промежуточную систему выражений для других расчетов; получение результата определяется производительностью машины и программного обеспечения (это все – жесткая привязка к вычислительной технике); неуправляемость экстраполяционной формой.

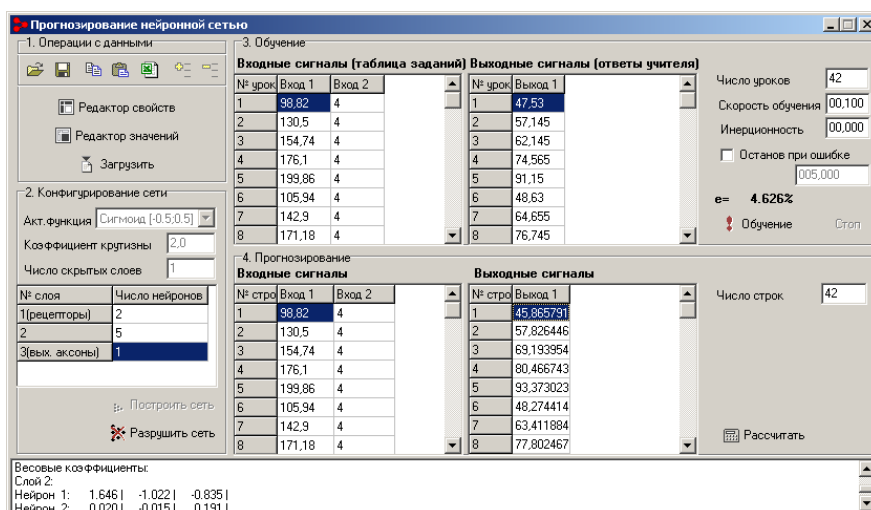


Рис. 1

При использовании подходов ИНС разработана компьютерная программа (рис. 1 – главное окно программы Prognosis) про-

гнозирования отдельных показателей качества материалов по известным характеристикам. Программа содержит функции

накопления данных (технологии баз данных), создания прямопоточной ИНС с произвольным числом слоев и нейронов в каждом из них, обучения ИНС с учителем по алгоритму обратного распространения ошибки (Back Propagation), расчета и прогнозирования, представления и сохранения данных.

В рассматриваемом примере технология прогнозирования отрабатывается для оценки взаимосвязи показателя формоустойчивости и характеристик строения льняных тканей. Показатель формоустойчивости оценивается работой  $A$ , затрачиваемой на прогиб пробы объемной формы [3].

В качестве характеристик строения льняных тканей выбраны коэффициент переплетения  $F_n$  (по Ереминой Н.С.) и поверхностная плотность  $M_s$  ( $г/м^2$ ), зависящая от линейной плотности нитей и плотности ткани (числа нитей на 10 см).

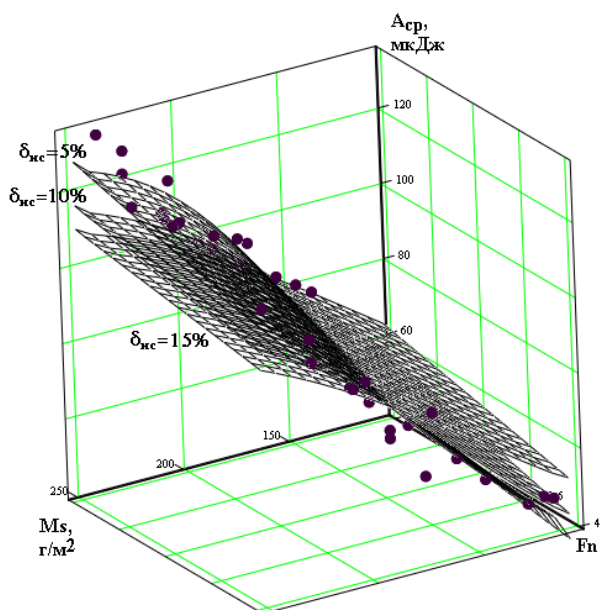


Рис. 2

По экспериментальным значениям ИНС аппроксимирует непрерывную поверхность зависимости работы  $A$ , затрачиваемой на изгиб, от  $F_n$  и  $M_s$ , которую можно принять за реальную в области ра-

бочих значений (рис. 2 – изменение поверхности  $A(M_s, F_n)$  с уменьшением ошибки обучения  $\delta_{nc}$ ).

В процессе обучения ИНС ошибка уменьшается. Нарастивая структуру сети, ошибку обучения можно минимизировать практически до нуля, при этом сеть будет в точности воспроизводить экспериментальные данные и потеряет свою способность обобщения. Практически единственным средством проверить качество обучения и прогнозирования, не имеет ли место локальный минимум оптимальности, является определение ошибки прогнозирования для тканей, не вошедших в обучающую выборку.

## ВЫВОДЫ

Предложено прогнозирование свойств текстильных полотен с использованием искусственных нейронных сетей, для чего разработана специальная компьютерная программа (Prognosis), где прогнозирование показателя формоустойчивости полотна апробировано на примере льняных костюмных тканей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бузов Б.А., Абрамов В.Ф. Номенклатура показателей качества тканей для одежды и основные предпосылки разработки автоматизированной системы выбора тканей.– М.: ИИЦ МГУДТ, 2003.
2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации/Пер. с польского И.Д. Рудинского.– М.: Финансы и статистика, 2004.
3. Патент РФ на изобретение № 2267784. Способ определения свойств материалов текстильной и легкой промышленности при изгибе / Н.А. Смирнова, Д.А. Козловский, В.В. Лапшин. – Оpubл. 2006. Бюл. №01.

Рекомендована кафедрой технологии и материаловедения швейного производства. Поступила 13.03.07.

УДК 677.017

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ОГНЕСТОЙКОСТИ ТКАНИ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина,  
Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности)

Целью данной работы явилось изучение возможности применения методов теории надежности при исследовании и оценке показателей огнестойкости тканей.

Для проведения эксперимента были выбраны ткани специального назначения,

выработанные из арамидных нитей российского производства. Характеристика объектов исследования представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики	Наименование огнеупорной ткани		
	№1	№2	№3
Ширина ткани, м	1	1	1
Сырьевой состав нитей: по основе	комплексная: русар О + шерсть - // -	комплексная: русар О + арселон - // -	русар
по утку			русар О
Линейная плотность нитей, текс: по основе	29×2	29×2	29,4
по утку	29×2	29×2	29,4
Число нитей на 10 см: по основе	250	220	200
по утку	250	220	200
Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	250	250	125
Толщина, мм	0,60	0,65	0,20

Перед испытанием исследуемые ткани выдерживали в свободном состоянии в нормальных атмосферных условиях в течение 24 ч. После этого из каждого образца ткани на расстоянии не менее 80 мм от кромки вырезали по 5 проб размером 120×120 мм. Испытания проводили на установке, состоящей из рамки и спиртовой горелки. Высота пламени спиртовой горелки равнялась 20 мм. Пробу ткани закрепляли на рамке лицевой стороной вниз; поверх пробы помещали бумажную сал-

фетку, которая имитировала кожу человека.

Далее зажигали спиртовую горелку, рамку с пробой вносили в пламя горелки так, чтобы проба погружалась в пламя на 5 мм; с помощью секундомера фиксировали время  $T_i$  до появления на внешней стороне бумажной салфетки следов тления.

Результаты исследования показателя огнестойкости тканей приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ образцов	Время до появления на образце следов тления, с	Среднее квадратическое отклонение $\sigma_i$ , с	Коэффициент вариации $C_i$ , %
	$\bar{T}_i$		
1	17,6	1,82	10,3
2	19,4	1,52	7,8
3	11,0	0,71	6,4

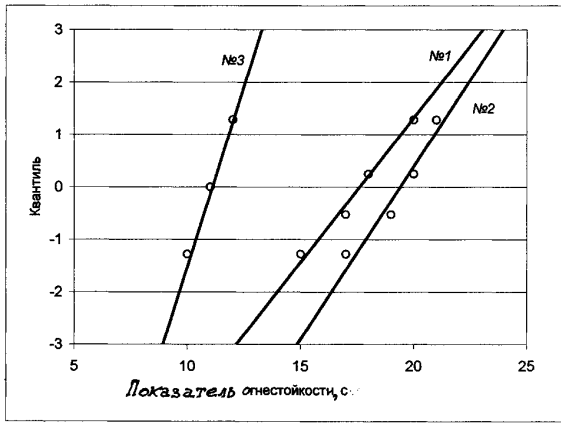


Рис.1

На рис. 1 показано расположение экспериментальных точек на вероятностной бумаге нормального закона распределения. Из графиков видно, что экспериментальные точки достаточно хорошо группируются около выравнивающей прямой, поэтому в качестве статистической модели для расчета характеристик надежности может быть использован нормальный закон распределения.

В качестве основных характеристик надежности использовались вероятность отказа  $F(X)$ , вероятность безотказной работы  $P(X)$  и интенсивность отказов  $\lambda(X)$  [1].

Для позитивного показателя качества при нормальном распределении экспериментальных данных вероятность отказа определяли по формуле

$$F(X) = F_0\left(\frac{X - \bar{X}}{\sigma}\right), \quad (1)$$

где  $X$  – значение исследуемого показателя, при котором оценивают характеристики надежности (в работе приняли:  $X = 17$  с);  $\bar{X}$  – среднее арифметическое фактических значений исследуемого показателя ( $\bar{T}_i$ ).

Вероятность безотказной работы:

$$P(X) = 1 - F(X). \quad (2)$$

Интенсивность отказов:

$$\lambda(X) = \frac{1}{\sigma} f_1\left(\frac{\bar{X} - X}{\sigma}\right). \quad (3)$$

Значения функций  $F_0(x)$  и  $f_1(x)$  даны в исследовании [3].

Результаты расчета характеристик надежности тканей по исследуемому показателю представлены в табл. 3 и на рис. 2.

Таблица 3

№ образцов	$\bar{X}, c$	$\sigma_i, c$	$X, c$	$F(X)_i$	$P(X)_i$	$\lambda(X)_i$
1	17,6	1,82	17	0,37	0,63	0,21
2	19,4	1,52		0,06	0,94	0,07
3	11,0	0,71		$\approx 1$	$\approx 0$	-

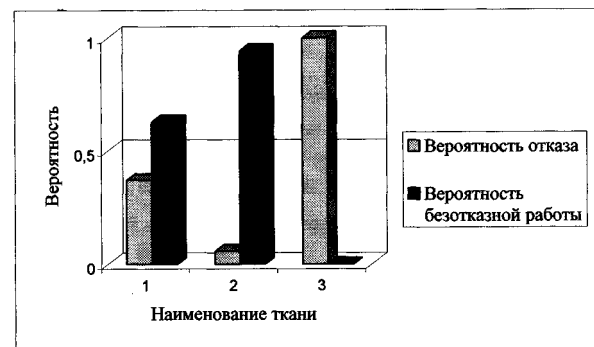


Рис.2

Из табл. 3 и рис. 2 видно: вероятность отказа у ткани № 3 стремится к единице, что свидетельствует о несоответствии данного образца принятой норме и его непригодности для эксплуатации по назначению. Образцы № 1 и № 2 соответствуют принятой норме, однако для использования предпочтительнее ткань № 2, так как вероятность ее отказа значительно меньше.

## ВЫВОДЫ

Применение показателей надежности при исследовании текстильных материалов для специального назначения позволяет давать более точную сравнительную оценку их качества и гарантировать сохранность свойств изделий при определенных условиях воздействий в течение заданного промежутка времени.



1. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. – М., 1984.

Рекомендована кафедрой текстильного материаловедения МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 31.05.06.

ЛИТЕРАТУРА

УДК 677.536.416.004.12

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫНОСЛИВОСТИ  
МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ТКАНЕЙ  
ИЗ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН**

*О.Н. ЗУЕВА, Л.И. ВИШНЕВСКАЯ*

(Уральский государственный экономический университет)

Увеличение объемов производства многокомпонентных тканей из смесей химических волокон обуславливает необходимость изыскания эффективных путей совершенствования их свойств, в частности, характеристик динамической усталости, к важнейшим из которых относится выносливость к многократным знакопеременным деформациям изгиба.

Одним из возможных вариантов решения указанной задачи является оптимизация параметров строения тканей, среди которых немаловажное значение имеет вид переплетения.

В нашей работе для количественной характеристики вида переплетения использовался коэффициент уплотненности  $C$  [1].

Объектом исследования служили шесть опытных образцов триацетатновискозно-капроновых тканей платьево-костюмного назначения, выработанных из пряжи одинаковой толщины (29,4 текс×2) при постоянных заправочных параметрах ткацкого станка. Процентное соотношение компонентов в смеси составляло 55:30:15; плотность тканей по основе находилась в пределах 179...182 нитей, по утку – 163...166 нитей; коэффициент уплотненности изменялся от 0,54 до 1,00.

Виды переплетений образцов и расчетные значения их уплотненности приведены в табл. 1.

Таблица 1

Вид переплетения	Плотняное	Креп 1	Креп 2	Саржа 2/2	Креп 3	Рогожка 2/2
Коэффициент уплотненности	1,00	0,853	0,649	0,630	0,597	0,540

Испытания проводили на приборе ДП-5/3 (Россия), угол изгиба составлял 90°, число циклов в минуту 95, ширина полосок 15 мм. Определение осуществлялось при условном пределе выносливости, равном 13,5% от разрывного значения, удовлетворяющем одновременно требованиям обеспечения процесса утомления и времени, затрачиваемого на испытание.

Коэффициент вариации при испытаниях пяти проб каждого варианта находился в пределах 6,1...8,3%; гарантийная ошибка

при доверительной вероятности 0,95 не превышала 8,2...9,3%.

Результаты определения выносливости триацетатновискознокапроновых тканей по основе и утку приведены в табл. 2.

Таблица 2

Коэффициент уплотненности переплетения	Выносливость, тыс. циклов	
	основа	уток
1,000	15,78	14,02
0,853	11,52	12,51
0,649	14,77	13,02

0,630	14,38	12,65
0,597	12,06	11,20
0,540	13,50	12,00

Выявлено, что выносливость триацетатновискознокапроновых тканей к двойным знакопеременным изгибам по основе изменяется под влиянием коэффициента уплотненности переплетения, имея максимальные значения при  $C=1,00$  и  $C=0,6\dots 0,7$ .

Указанный характер изменения может быть приближенно описан уравнением третьего порядка:

$$V_{и_0} = a + bc + kc^2 + dc^3. \quad (1)$$

Значения коэффициентов для расчета выносливости триацетатновискознокапроновых тканей по основе в зависимости от коэффициента  $C$  по формуле (1) указаны в табл. 3.

Т а б л и ц а 3

Обозначение коэффициента	a	b	к	d
Значение коэффициента	-121,22	575,63	-802,21	363,52

Для выяснения причин наблюдаемых изменений выносливости было проведено исследование механизма разрушения тканей с различными значениями коэффициента уплотненности при действии многократно повторяющихся изгибающих воздействий.

Наблюдениями установлено, что при низких значениях коэффициента уплотненности переплетения основной причиной разрушения тканей является расползание пряжи, то есть растаскивание и смещение волокон и их групп относительно друг друга из-за нарушения связей между ними.

С увеличением уплотненности переплетения значение элемента взаимного скольжения волокон в нарушении сплошности текстильных материалов уменьшается и определяющим указанный процесс фактором становится элемент разрушения волокон.

Область разрушения образцов с высокими значениями коэффициента уплотненности (напряженности) переплетения по всей площади поперечного сечения имеет вид ровного (гладкого) среза.

Выявленные изменения механизма разрушения тканей при многократном изгибе под влиянием коэффициента уплотненности с учетом известного положения общей теории сопротивления и разрушения материалов о взаимозависимости величин связи между структурными элементами и степенью их напряженности позволяют объяснить установленную зависимость следующим образом [2].

Вследствие интенсивного роста связей в тканях при изменении коэффициента уплотненности от 0,540 в сторону увеличения выносливость повышается, но до определенного предела, обусловленного одновременно происходящим при этом увеличением деформации и напряжения волокон. С достижением оптимального соотношения величин связи между структурными элементами ткани, степени их подвижности и напряженности, связано образование при  $C=0,63\pm 0,03$  первого максимума выносливости.

При увеличении коэффициента уплотненности переплетения более его оптимального значения, несмотря на продолжающийся рост связей в тканях, выносливость их к деформациям многократного изгиба уменьшается. Очевидно, начиная с этого момента, изменение выносливости на участке 0,67...0,85 определяется в основном преобладанием процесса нарастания степени напряженности волокон и трения между ними.

При коэффициенте уплотненности, равном единице, связь между волокнами и степень их напряженности достигают значительной величины: последнее подтверждается выявленной в процессе испытания ведущей ролью разрушения волокон в разрушении материалов с высокими значениями коэффициента уплотненности.

Однако ткани полотняного переплетения выдерживают до разрушения большое количество циклов многократных изгибов, то есть при  $C=1,00$  имеет место возникно-

вание второго максимума выносливости. Этот максимум является, по-видимому, следствием резкого возрастания удлинения основной системы нитей, выявленного при определении полуцикловых характеристик исследуемых тканей.

Следовательно, высокий уровень выносливости к многократным изгибам может создаваться при изменении строения тканей двумя путями: или достижением оптимального соотношения величин связи между волокнами и степенью их напряжения, или обеспечением резкого преобладания одного из показателей, в данном случае степени подвижности тканей в направлении основы за счет увеличения избыточной длины нитей.

Выносливость к многократным изгибам тканей по утку при изменении коэффициента уплотненности изменяется в меньшей степени, чем по основе. При этом наибольшую выносливость к многократным изгибам имеют ткани полотняного переплетения; с уменьшением коэффициента уплотненности число циклов двойных изгибов до разрушения образца уменьшается по закону прямой.

Полученная зависимость описывается формулой:

$$V_{ny} = 9,71 + 4,02C, \text{ при } r = +0,75 \pm 0,02. \quad (2)$$

Результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать широкое использование при разработке ассортимента

вискозотриацетатнокапроновых тканей серии переплетений, значения коэффициентов уплотненности которых находятся в интервале 0,6...0,7. Они позволяют не только обеспечить высокую надежность материалов в эксплуатации, но и максимально сохранить в тканях специфичные для пряжи объемность и пушистость.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что изменение выносливости триацетатновискознокапроновых тканей по основе в зависимости от коэффициента уплотненности переплетения характеризуется наличием двух максимумов.

2. Показано, что механизм разрушения тканей с различными значениями коэффициента уплотненности в значительной степени отличается.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Скляников В.П.* Оптимизация строения и механических свойств тканей из химических волокон. – М.: Легкая индустрия, 1974.

2. *Кукин Г.Н., Соловьев А.Н.* Текстильное материаловедение – М.: Легпромбытиздат, 1992.

Рекомендована кафедрой товароведения и экспертизы непродовольственных товаров. Поступила 21.05.07.

УДК 677.021

**ОСОБЕННОСТИ НАГРУЖЕНИЯ ВОЛОКНА РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ КОТОНИЗАТОРА С УЧЕТОМ ИХ УПРУГИХ СВОЙСТВ**

*С.Н. ВИХАРЕВ, А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, С.А. ЩЕРБИНИН, Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ*

(Костромской государственный технологический университет)

Для очистки и уменьшения линейной плотности короткоштапельного льняного волокна часто применяются так называемые котонизаторы, действие которых основано на протрепывании зажатой бородки волокна. Такая схема воздействия на волокно применяется во многих устройствах для очистки волокна.

Нами разрабатывается валичный очиститель-котонизатор, работающий по этому принципу. Рабочие органы таких устройств представляют собой, как правило, игольные или пильные цилиндры, элементы гарнитуры которых производят различное по характеру воздействие на волокно. Это воздействие может быть ударным или прочесывающим, когда игла перемещается по волокну.

Жесткостные характеристики игл и прядки волокна оказывают влияние на качество обработки волокна. Раскроем механизм взаимодействия упругой иглы с лентой [1...4].

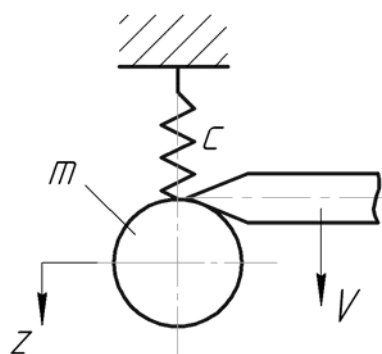


Рис. 1

Рассмотрим процесс взаимодействия иглы или зуба пилы с зажатой бородкой в случае, когда жесткость иглы намного выше жесткости прядки волокна, и в случае, когда игла (зуб пилы) имеют жесткость, сравнимую с жесткостью прядки.

При взаимодействии прядки с жесткой иглой (рис.1 – динамическая модель взаимодействия прядки волокна с жесткой иглой, где  $m$  – приведенная масса прядки;  $c$  – ее жесткость) перемещение иглы определяется выражением:

$$z=V t, \tag{1}$$

где  $V$  – скорость вращения пильного цилиндра;  $t$  – время взаимодействия.

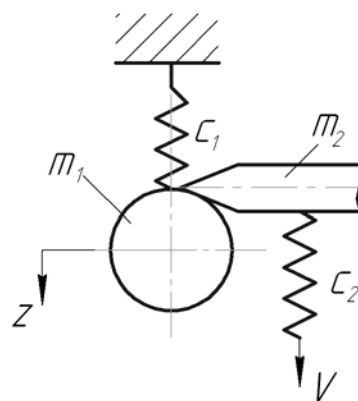


Рис. 2

Взаимодействие прядки волокна в случае, если жесткость иглы сравнима с жесткостью прядки волокна, можно описать динамической моделью (рис.2, где  $m_1$  –

приведенная масса прядки;  $c_1$  – ее жесткость;  $m_2$  – приведенная масса иглы;  $c_2$  – жесткость иглы;  $z$  – координата движения центра масс).

Взаимодействие упругой иглы с прядкой волокна выразим с помощью уравнения:

$$(m_1 + m_2) \frac{d^2 z}{dt^2} = c_2 Vt - (c_1 + c_2)z, \quad (2)$$

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + \frac{(c_1 + c_2)}{m_1 + m_2} z = \frac{c_2 Vt}{m_1 + m_2}. \quad (3)$$

Если пренебречь  $m_1$  – приведенной массой прядки волокна, то

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + p_0^2 z = \frac{c_2 Vt}{m_2}, \quad (4)$$

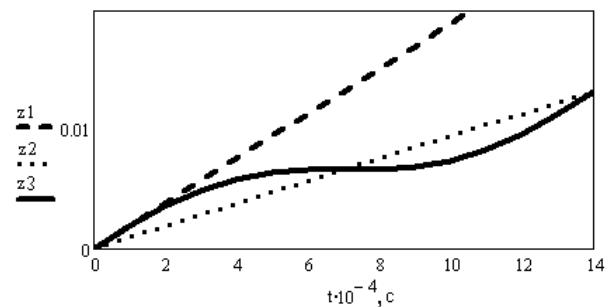


Рис. 3

На рис. 3 представлено численное решение уравнения перемещения иглы ( $z_1$  – перемещение иглы высокой жесткости,  $z_2 = vt$ ;  $z_3$  – перемещение иглы малой жесткости  $z = \frac{c_2}{c_1 + c_2} vt$ ;  $z_3 = z = f(t)$  из выражения (7)).

При расчетах использовались следующие значения величин, входящих в выражение:  $V=18,84$  м/с;  $C_1=1000$  Н/м;  $C_2=2000$  Н/м.

Необходимо отметить, что взаимодействие иглы с бородкой длится очень ко-

где  $p_0 = \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m_2}}$  – частота собственных колебаний иглы.

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + p_0^2 z = \frac{c_2 Vt}{m_2}, \quad (5)$$

отсюда уравнение движения иглы будет иметь вид:

$$z = A \sin p_0 t + B \cos p_0 t + \frac{c_2}{mp_0^2} Vt, \quad (6)$$

где  $A$  и  $B$  – постоянные, которые могут быть определены из начальных условий.

Решим уравнение (6) при начальных условиях  $t=0$ ,  $z=0$ ,  $\frac{dz}{dt} = V$ .

В результате уравнение, описывающее движение иглы, примет вид:

$$z = \frac{c_2}{c_1 + c_2} Vt + V \frac{c_1}{c_1 + c_2} \sqrt{\frac{m}{c_1 + c_2}} \sin \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m}} t. \quad (7)$$

роткое время, сравнимое с периодом колебаний иглы, описываемых выражением (7)

Анализ этого уравнения позволяет сделать вывод о том, что деформация иглы увеличивается с переменной скоростью. Скорость нарастания деформации прядки, а значит и скорость приложения нагрузки к ней меньше, по сравнению со случаем применения иглы большей жесткости (рис. 3).

Это обеспечивает более бережную обработку волокна и ведет к снижению числа коротких волокон в конечном продукте за счет меньших усилий, растягивающих волокно, и меньшей скорости их нарастания.

После достижения какой-то предельной нагрузки волокно либо будет извлечено из зажима, либо разрушено. Усилие, приложенное к волокну, будет определяться ускорением, с которым движется игла.

Ускорение иглы определяется выражением:

$$a = -V \frac{c_1}{c_1 + c_2} \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m}} \sin \sqrt{\frac{c_1 + c_2}{m}} t. \quad (8)$$

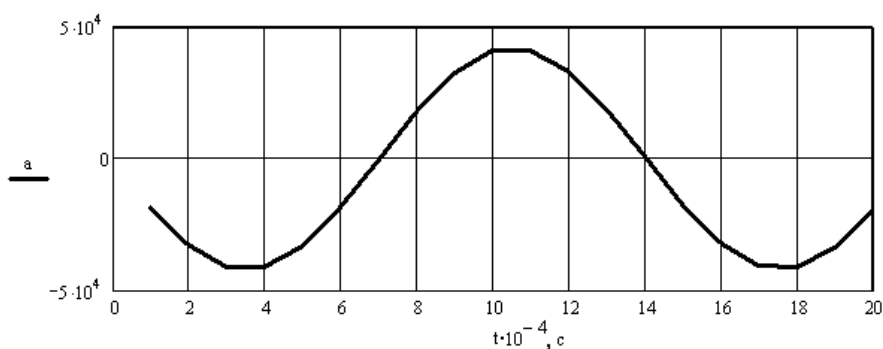


Рис. 4

На рис.4 представлено графическое изображение ускорения иглы при взаимодействии с прядкой.

Как видно из графика, при такой обработке возникают знакопеременные ускорения, которые приводят к появлению значительных сил инерции, действующих на сорные примеси, содержащиеся в волокне, что приводит к их повышенному выделению. Ускорение и амплитуда колебаний иглы будут зависеть от характеристик иглы и прядки волокна.

Амплитуда колебаний системы определяется выражением

$$A = V \frac{c_1}{c_1 + c_2} \sqrt{\frac{m}{c_1 + c_2}}. \quad (9)$$

Рассмотрим, как зависит амплитуда колебаний иглы от жесткости прядки волокна и жесткости иглы.

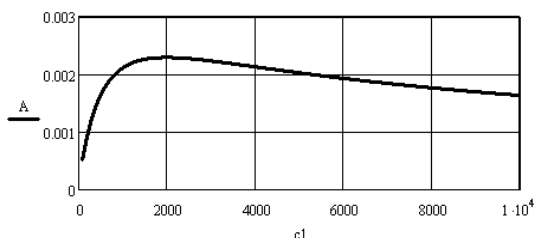


Рис. 5

На рис. 5 приведена зависимость амплитуды колебаний иглы от жесткости прядки волокна, рассчитанная при сле-

дующих значениях величин:  $m = 1 \cdot 10^{-5}$  кг;  $c_2 = 2000$  Н/м.

Анализируя зависимость, можно сказать, что жесткость прядки волокна на участке от 0 до 2000 Н/м оказывает значительное влияние на амплитуду колебаний. Чем больше жесткость прядки, тем больше амплитуда колебаний иглы.

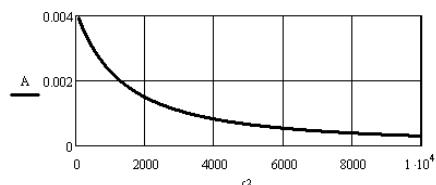


Рис. 6

На рис.6 представлена зависимость амплитуды колебаний иглы от жесткости иглы, рассчитанная при следующих значениях величин:  $m = 1 \cdot 10^{-5}$  кг;  $c_1 = 1000$  Н/м.

Анализируя зависимость на участке от 0 до 2000 Н/м, можно сказать, что чем меньше жесткость иглы, тем выше амплитуда колебаний.

## ВЫВОДЫ

1. Обработка волокон иглами, обладающими податливостью, характеризуется более щадящими режимами нагружения волокна, что непременно скажется на сохранении природной длины волокна и уменьшении числа коротких волокон в конечном продукте.

2. Знакопеременные ускорения иглы при взаимодействии с прядкой волокна будут способствовать возникновению значительных сил инерции и повышенному выделению сорных примесей и утонению комплексов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Корабельников Р.В. и др.* // Хлопковая промышленность. – 1975, №2.

2. *Корабельников Р.В., Мирошниченко Г.И., Гильманов Н.Г.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1978, №3.

3. *Корабельников Р.В.* Теоретические и экспериментальные исследования процессов и конструкций рабочих органов машин для переработки тонковолокнистого хлопка-сырца с целью повышения качества и эффективности их работы: Дис... докт. техн. наук. – Кострома, 1981.

4. *Корабельников Р.В.* Механика дженирования тонковолокнистого хлопка: Монография. – Ташкент: ФАН, 1990.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 02.04.07.

УДК 677.021.151.254/256

## ПРОИЗВОДСТВО ВОЛОКНА ИЗ НЕДОТРЕПАНОГО ЛЬНА

*С.В. БОЙКО, Д.А. ВОЛКОВ, Е.Л. ПАШИН, А.Е. ВИНОГРАДОВА*

**(Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке лубяных культур, Костромской государственной технологической университет)**

Получение стланцевой тресты в условиях большинства льносеющих регионов Российской Федерации в настоящее время сопровождается рядом отклонений от оптимальной технологии производства льна. Это приводит к снижению количества и ухудшению качества льняного волокна, как сырья для текстильной промышленности.

Для получения однородной по степени вылежки тресты необходимо многократное оборачивание лент льна в полевых условиях. В льносеющих странах Западной Европы эту операцию осуществляют до 3...6 раз. В отечественных льносеющих хозяйствах с целью сокращения затрат число оборотов слоя тресты, как правило, составляет не более двух. В ряде хозяйств оборачивание слоя вообще не производят. В итоге на льнозаводы поступает не однородная по степени вылежки треста. Кроме этого, такое положение усугубляется повсеместной заготовкой льнотресты в рулонах, а также отсутствием сортировки сырья, требующей значительных затрат ручного труда.

В условиях льнозавода при переработке неоднородной и несортированной тресты

практически невозможно выбрать необходимые режимы работы мяльно-трепального агрегата (МТА), при которых было бы возможным получать все волокно со стандартными параметрами качества. В такой ситуации часть волокна получают в виде недотрепаного. Его называют "недоработка" или "недотреп".

В 30-х гг. прошлого столетия, когда происходило становление промышленной переработки льна, на льнозаводы поступало однородное льняное сырье. В этот период времени получение недоработки было запрещено. Допускались лишь исключительные случаи. Тогда недоработку считали браком [1].

В 1938 г. с введением ОСТа 447 на льняную тресту степень ее вылежки определяли по проценту получаемого недотрепаного волокна. При количестве 8...12% качество тресты снижалось на один сортномер. При величине недоработки 20...25% сырье считали соломой. Позднее ЦНИИЛВ ввел допустимые нормы по недоработанному волокну. Для разных типов сырья они составляли 10...30% [2].

В 80-х гг. XX в. фактическое содержание недотрепаного волокна на льнозаводах

СССР составляло 25...40%. В настоящее время вследствие упомянутых выше причин значение этого показателя вновь увеличилось.

Так, мониторинг деятельности льнозаводов Костромской области, проведенный Всероссийским НИИ по переработке лубяных культур в период 2004...2005 гг., позволил констатировать, что доля недоработанного волокна может достигать 70%.

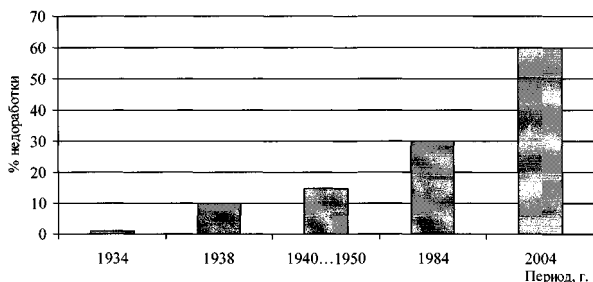


Рис. 1

Указанная тенденция роста количества недоработанного волокна на заводах России представлена в виде диаграммы на рис. 1.

Таким образом, в настоящее время на льнозаводах у нас в стране получают 50 и более процентов трепаного волокна в виде доработки. Для приведения такого количества волокнистого продукта в ликвидное состояние требуются дополнительные затраты. В зависимости от применяемых технологических приемов и машин эти затраты весьма существенны и зависят от качества исходного сырья (рис. 2 – расчетные зависимости получены при условии использования нормированного в настоящее время значения уровня недоработки – 30%, свыше которого учитывается рост затрат) [3].

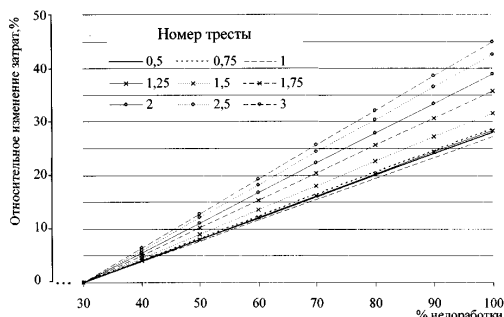


Рис. 2

В конечном итоге наличие такого значительного количества недоработанного волокна приводит к снижению эффективности работы льнозаводов за счет уменьшения выхода длинного волокна и его качества.

На отечественных льнозаводах применяют различные приемы обработки недотрепа. Простейшим из них является использование трепального колеса [2]. Его использование позволяло получать из недоработки до 90% длинного волокна. Однако производительность труда в этом случае была неудовлетворительной.

При другом варианте обработки недотрепаное волокно обрабатывают, используя основное технологическое оборудование. При накоплении значительного количества недоработки прекращают пропуск тресты через МТА и начинают обрабатывать недотрепаное волокно. Недостатки такой организации производства также очевидны. В этом случае параметры обработки являются не оптимальными, так как перенастройка режимов работы агрегата не осуществляется. В итоге потери длинного волокна составляют 40...50%.

Возможен вариант производства с использованием специальных машин, которые либо устанавливаются в поток с основным МТА, либо работают автономно. Этот вариант является наиболее прогрессивным.

При зарубежных технологиях производства льняного волокна необходимость в обработке недотрепа, как правило, отсутствует. Это обусловлено более высоким качеством тресты, имеющей меньшую неровноту свойств перерабатываемой тресты, а также использованием технологического оборудования, которым обеспечивается значительное количество воздействий на материал с более глубокой их дифференциацией по интенсивности. Первое обстоятельство является доминирующим.

Анализ результатов опубликованных исследований позволил констатировать, что изучению особенностей обработки недотрепаного волокна уделялось недостаточное внимание. Принимаемые решения



основывались на производственном опыте и технических возможностях производства.

Так, на начальных этапах для этих целей использовали передвижную машину ТЛ-40, созданную для переработки тресты в колхозных пунктах. Далее в условиях машиностроительного объединения "Псковмаш" был создан ее аналог – машина ТЛ-4 для работы в стационарных условиях.

Последней разработкой (конец 80-х гг. XX в.) явилась машина ТНВ-140, основанная на использовании двухбильных барабанов, предложенных для этих целей Н.Н. Сусловым. Однако обоснований конструкции этой машины не выявлено. По свидетельству очевидцев, производственные испытания данной машины не выявили ее преимуществ в сравнении с машиной ТЛ-40.

Этот результат свидетельствует о недостаточной проработке принимаемых решений и отсутствии необходимых исследований по характеру и особенностям технологических воздействий, имеющих место при обработке недотрепа. Подтверждением этого заключения следует считать мнение А.Б. Кузьминского о том, что одним из недостатков трепальных машин барабанного типа, у которых сфера трепания имеет вид двояковыпуклой линзы, является неравномерность распределения ускорений и сил инерции по длине горсти. В результате средняя часть ее недорабатывается, а концы обсекаются [4].

В связи с вышесказанным в настоящее время рассматриваемая проблема является весьма актуальной, а ее решение является важной практической задачей, обеспечивающей повышение эффективности работы отечественного льняного комплекса.

Основываясь на результатах предыдущих исследований [2], [5...7], при решении указанной задачи необходимо более детально исследовать параметры объекта обработки – недотрепаного волокна: его свойства и закономерности их изменения в процессе удаления костры. Причем эти изыскания должны быть проведены применительно к широкому ассортименту ис-

ходного сырья. На их основе следует выявить причины образования волокнистых отходов и снижения эффективности обескостривания.

Далее требуется разработка более совершенных видов технологических воздействий на материал, методов оценки эффективности технологических приемов и рабочих органов машин. В конечном итоге – выдача исходных данных на создание специализированной машины для обработки недотрепа.

## ВЫВОДЫ

1. С начала развития отечественной промышленности первичной обработки льна выросла доля недотрепаного волокна, составляющая в настоящее время 50% и более. Основной причиной такого роста являются повышенная неровнота свойств тресты, обуславливающих декортикационную способность стеблей, и отсутствие сортировки сырья.

2. Для разработки новых технических и технологических решений, способствующих решению проблемы рациональной переработки недотрепаного льна, необходимо изучить его свойства и закономерности их изменения в процессе удаления костры. Это должно быть осуществлено применительно к широкому ассортименту исходного сырья. Важной задачей является также обоснование конструкции рабочих органов трепальной машины, при использовании которых обеспечивалось бы выравнивание интенсивности воздействий на материал по длине обрабатываемых прядей недотрепаного льна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по обслуживанию оборудования и производственных процессов на заводах первичной обработки льна // Сб. трудов НИТИ. – 1934. С.11...12.
2. Щечкин В.В. Совершенствование режимов мятья и трепания при обработке тресты на льнозаводах: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 1982.
3. Виноградова А.Е. Совершенствование метода оценки качества льняной тресты: Дис...канд. техн. наук. – Кострома, 2005.

4. Кузьминский А.Б. Теоретические основы процесса трепания лубяных волокон. – М: Гизлегпром, 1940.

5. Шушкин А.А. Процент недоработки как показатель правильного подбора скоростного режима швингтурбины // Промышленность лубяных волокон. – 1939, №12. С.4.

6. Воронцова Н.Г. Доработка волокна на трепальной машине МТ-100-Л // Лен и конопля. – 1965, №1. С.31.

7. Сулопарова Л.В. Как лучше дорабатывать недоработанное волокно // Лен и конопля. – 1971, №6. С.37.

Рекомендована кафедрой теоретической механики и сопротивления материалов КГТУ. Поступила 30.03.07.

УДК 677.051.152.6

## ПУТИ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ПОРОКОВ В ХЛОПКОВОМ ВОЛОКНЕ В ПРОЦЕССЕ ПИЛЬНОГО ДЖИНИРОВАНИЯ

М. АГЗАМОВ, М.М. АГЗАМОВ, Ж.Ф. МАДЖИДОВ

(ОАО "Пахтатозалаш", Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности)

Известно, что одним из основных показателей качества волокна является содержание в нем пороков и сорных примесей. Если содержание сорных примесей в волокне зависит от содержания сора в хлопке-сырце, то пороки (кожица с волокном, битое семя и др.) образуются в процессе джинирования в результате воздействия зубьев пил на сырцовый валик и негативно отражаются на качестве продукции.

Снижения содержания сора в волокне можно достигнуть совершенствованием процесса очистки хлопка-сырца, а для снижения порокообразования необходимо

совершенствовать сам процесс джинирования.

Проведенные в ОАО "Пахтатозалаш" исследования показали, что на образование пороков в волокне большое влияние оказывает режим джинирования. В частности, установлено влияние ускорителя вращения сырцового валика на качество волокна [1].

В ходе теоретических исследований составлена математическая модель ударного взаимодействия пильного цилиндра и сырцового валика с учетом упругости сырцового валика:

$$P_{\max} = \left[ \frac{2}{3(1-\mu^2)} E \sqrt{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}} \right]^{2/5} \left[ \frac{5 \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)} (V_n - V_c)}{4} \right]^{3/5},$$

где  $E$  – модуль упругости материала;  $\mu$  – коэффициент Пуассона;  $R_1$  – радиус пилы;  $R_2$  – радиус сырцового валика;  $m_1$  – масса пильного цилиндра;  $m_2$  – масса сырцового валика;  $V_n$  – скорость пильного цилиндра;  $V_c$  – скорость сырцового валика.

Как видно из приведенной математической модели, силу удара зуба пилы можно

снизить с помощью уменьшения радиуса и массы, а также с помощью увеличения скорости вращения сырцового валика. В свою очередь, снижая силу удара, можно ожидать уменьшения образования пороков, что положительно скажется на качестве волокна.

В качестве пути уменьшения радиуса и массы сырцового валика было предложено уменьшение объема рабочей камеры за счет уменьшения поперечного сечения.

Нами была выдвинута рабочая гипотеза о том, что уменьшение объема рабочей камеры будет также способствовать снижению плотности сырцового валика в процессе дженирования, следовательно, будет снижаться модуль упругости сырцового валика и исходя из вышеприведенной математической модели можно прогнозировать снижение силы удара.

За основу рабочей гипотезы были приняты следующие рассуждения.

Как известно, для осуществления процесса дженирования необходимо постоянное неразрывное вращение сырцового валика и это притом, что состоит он из различных, отдельных и мелких компонентов (долек хлопка-сырца, недодженированных и продженированных семян и т.д.).

По этой причине необходимым условием вращения сырцового валика является превышение силы сцепления между отдельными компонентами над силой трения между внутренней поверхностью сырцовой камеры и сырцовым валиком. Силы сцепления между отдельными составляющими прямо пропорциональны плотности сырцового валика, то есть чем больше плотность сырцового валика, тем больше силы сцепления.

С увеличением объема камеры начинает увеличиваться масса сырцового валика, и, следовательно, возрастает сила трения между сырцовым валиком и внутренней стенкой рабочей камеры (увеличивается площадь контакта и давление на стенки). Вследствие этого для вращения сырцового валика требуется увеличение силы сцепления между отдельными компонентами сырцового валика. Увеличение же силы сцепления между отдельными компонентами, как сказано выше, достигается с увеличением плотности сырцового валика.

Из сказанного выше следует, что увеличение объема рабочей камеры требует

увеличения плотности сырцового валика с целью создания необходимой силы сцепления между отдельными компонентами, а при меньшем объеме рабочей камеры сырцовый валик может вращаться и при меньшей плотности.

Для экспериментальной проверки всего вышеизложенного было предложено уменьшить объем рабочей камеры в 1,5...2 раза (за счет уменьшения площади поперечного сечения), а для сохранения необходимой производительности – изменить профиль переднего фартука, то есть немного выпрямить его. Предложенный профиль должен был способствовать более быстрому выходу семян из рабочей камеры, что привело бы к сохранению производительности при некотором улучшении качества волокна [2].

Были проведены серии опытов на стендовой установке пильного джина на хлопке-сырце Наманган 77 второго сорта второго класса.

Влияние уменьшения объема рабочей камеры и нового профиля на качество волокна изучалось при трех различных фартуках, имеющих различные радиусы кривизны. Испытанию подверглись фартуки радиусом кривизны 225 и 200 мм и прямой фартук. В качестве контрольной использовалась 30-пильная модель рабочей камеры серийного джина типа ДП-130.

Опыты проводились в трех повторностях. Время проведения каждой повторности фиксировалось с помощью секундомера. После каждой повторности отбирали по три образца для проведения лабораторных анализов.

Качественная оценка осуществлялась посредством лабораторных анализов средних образцов волокна. С целью определения зависимости изменения качественных показателей волокна от радиуса кривизны фартука и исключения влияния волоконочистителя производили оценку качества волокна, взятого непосредственно после джина.

Показатели	Радиус кривизны фартука, мм			Рабочая камера пильного джина ДП-130
	прямой фартук	200	225	
Массовая доля пороков и сорных примесей в волокне, всего %	4,15	4,32	5,21	4,93
В том числе:				
сор	1,92	1,81	2,49	2,17
улюк	0,59	0,65	0,63	0,63
Битые семена и кожица с волокном	1,57	1,80	2,08	2,09
Прочие	0,07	0,06	-	0,06

Усредненные значения результатов экспериментов по определению изменения качественных показателей волокна и семян в зависимости от изменения радиуса кривизны переднего фартука рабочей камеры, проведенных на хлопке-сырце селекции Наманган 77 второго сорта второго класса, представлены в табл. 1. Из результатов, приведенных в табл. 1, видно, что величина радиуса кривизны фартука существенно влияет на качество волокна.

Анализируя табл. 1 отмечаем, что с уменьшением объема рабочей камеры и радиуса кривизны фартука наблюдается улучшение качества волокна.

Например, при радиусе кривизны фартука 225 мм массовая доля пороков и сорных примесей в волокне после джина составила 5,20% (абс.). Этот же показатель при радиусе кривизны фартука 200 мм равнялся 4,32% (абс.), а при прямом фартуке он составлял 4,15% (абс.).

Улучшение качества волокна происходит в основном за счет уменьшения сора, битых семян и кожицы с волокном.

Уменьшение количества битых семян и кожицы с волокном обусловлено снижением силы удара зубьев пилы о сырцовый валик, то есть подтверждается правильность составленной математической модели и приведенной выше гипотезы о снижении плотности сырцового валика с уменьшением рабочего объема камеры.

По результатам лабораторных исследований была разработана и изготовлена рабочая камера нового типа, установленная

на одном из джинов на Чиназском хлопкозаводе. Были проведены сравнительные испытания серийного джина ДП-130 и модернизированного джина АЖ-151 на первом и втором промышленных сортах хлопка-сырца.

Проведенные испытания показали преимущества новой малогабаритной камеры по сравнению с серийными. Так, снижение содержания пороков и сорных примесей при испытаниях на первом сорте составило 1,26 % (абс.), а на втором сорте – 0,82 % (абс.). Снижение содержания пороков в волокне наблюдается в основном за счет снижения битых семян и кожицы с волокном. Снижение содержания дробленых семян при испытаниях на первом сорте равнялось 1,26 % (абс.) и на втором сорте – 0,61 % (абс.). Снижение содержания кожицы с волокном на первом сорте составляло 0,28 % (абс.) и на втором сорте – 0,2 % (абс.).

Результаты производственных испытаний полностью подтвердили правильность результатов экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных условиях.

В настоящее время ведутся работы по внедрению джина с новым типом рабочей камеры в производство. В результате ожидается увеличение конкурентоспособности выпускаемого хлопкового волокна за счет улучшения его качества.

## ВЫВОДЫ

1. В ходе исследований доказано, что уменьшение объема рабочей камеры пильного джина позволяет вести процесс джинирования при меньшей величине ударного воздействия зуба пилы на сырцовый валик.

2. Установлено, что при предложенном процессе пильного джинирования можно ожидать улучшения качества волокна на один, два класса.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Агзамов М., Джураев А.Д.* Влияние скорости вращения ускорителя на качество волокна // Проблемы текстиля. – Ташкент. №3, 2005.

2. *Юнусов Р.Ф., Агзамов М., Агзамов М.М.* К вопросу выбора параметров рабочей камеры пильного джина // Проблемы текстиля. – Ташкент. 2004.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования текстильной промышленности ТИТЛП. Поступила 02.02.07.

---

УДК 677.022.43: 667.052.43

### СЪЕМ ПРЯЖИ С ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЦЕНТРИФУГИ

*Е.Р. САВИНОВ*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Процесс извлечения (съема) пряжи из центрифуги является не менее важным и сложным процессом, чем формирование пряжи в зоне треугольника кручения и наматывание ее на стенки центрифуги. Для реализации процесса съема пряжи при центрифугальном прядении натуральных волокон разрабатывали специальные технологии и механизмы автоматического съема пряжи. Повышенное количество угаров из-за проблем, связанных со съемом пряжи из центрифуг, явилось одной из главных причин, не позволивших центрифугальным прядильным машинам конкурировать с машинами кольцевого способа прядения.

В существовавших ранее центрифугальных прядильных машинах было реализовано два способа извлечения пряжи из центрифуги [1], [2]. Это съем пряжи с помощью специальных разжимных катушек и перематывание пряжи на паковку, находящуюся внутри вращающейся центрифуги.

При первом способе, например, в центрифугальной прядильной машине итальянской фирмы Гарделла, съем наработанной пряжи происходил с помощью специальной разжимной оправки. Оправка служила для фиксации витков пряжи и препятствовала их перепутыванию. После остановки центрифуги паковка (кулич) вместе с оправкой вынимались из центрифуги с помощью специального приспособления – толкателя. Этот способ применим только для жестких видов пряжи (льняной) и не может использоваться для пряжи из хлопка и шерсти.

Во втором способе (рис.1 – схема перематывания пряжи внутри центрифуги)

съем пряжи осуществлялся путем перематывания ее с вращающейся центрифуги на неподвижный патрон, одеваемый на трубку пряжераскладчика.

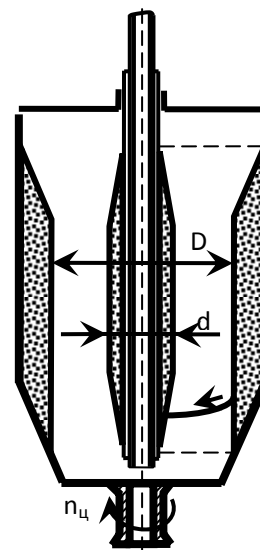


Рис. 1

Перематывание осуществлялось автоматически при каждом останове центрифуги. Этот способ был реализован, к примеру, на центрифугальной машине Мицубиси Дзосен (Япония) при прядении шерстяной пряжи. При этом способе съема пряжи скорость перематывания постоянно изменяется, так как изменяются диаметры сматываемой и наматываемой паковки.

Скорость перематывания пряжи на патрон определяется исходя из следующей зависимости:

$$V = \pi n_{ц} \frac{dD}{D-d}, \quad (1)$$

где  $V$  – скорость перематывания пряжи, м/мин;  $n_{ц}$  – скорость вращения центрифуги,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $D$  – диаметр, с которого сматывается пряжа из центрифуги, м;  $d$  – диаметр наматываемой паковки на патроне, м.

Поскольку значение  $d$  растет быстрее  $D$ , то в конце перемотки скорость перематывания значительно возрастает, что приводит к увеличению количества обрывов пряжи. На существовавших ранее машинах скорость вращения центрифуг составляла 18...20 тыс.  $\text{мин}^{-1}$  и для уменьшения обрывности пряжи при перематывании скорость вращения центрифуг уменьшали примерно в 2 раза. Однако, несмотря на уменьшение скорости вращения центрифуг, количество обрывов оставалось на высоком уровне.

На современных центрифугальных прядильных машинах скорость вращения центрифуг превышает 30000  $\text{мин}^{-1}$ , поэтому для сохранения скорости перематывания пряжи в пределах 1000...1200 м/мин скорость вращения центрифуг необходимо уменьшать в 3...4 раза, что приведет к существенной потере производительности машин. Кроме того, пряжа при этом способе перематывается в радиальном направлении, то есть ее крутка не меняется, а энергия центрифуг используется только на перематывание пряжи.

Существенные недостатки способов извлечения пряжи из центрифуги требовали поиска новых решений. В результате появился способ съема пряжи путем перематывания ее из вращающейся центрифуги с помощью мотального механизма, находящегося вне центрифуги [3...5].

Этот способ (рис. 2 – схема перематывания пряжи на внешнюю паковку) нашел применение при создании автоматизированных центрифугальных машин АЦП-75 и АЦП-75Ш.

При использовании этого способа перемотки центрифуга 1 продолжает вращаться с номинальной скоростью, а пряжа 2 перематывается на патрон 3 через трубку пряжераскладчика 4.

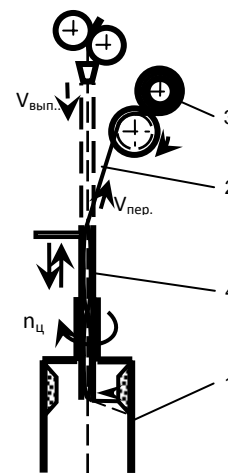


Рис. 2

При таком способе съема пряжи производительность прядильного места не зависит от скорости перематывания пряжи. На производительность влияет только скорость вращения центрифуги и заданное значение крутки. Данное утверждение легко проверить, проанализировав составные части крутки пряжи, получаемой при прядении и перематывании.

При прядении, то есть при наматывании пряжи в центрифугу, последняя получает крутку, определяемую исходя из следующей зависимости:

$$K_{пр} = \frac{n_{ц}}{V_{вып}} K_{у.п} - \frac{1}{\pi d_n}, \quad (2)$$

где  $n_{ц}$  – скорость вращения центрифуги,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $V_{вып}$  – скорость выпуска мычки из вытяжного прибора, м/мин;  $K_{у.п}$  – коэффициент усадки (укрутки) пряжи при прядении;  $d_n$  – средний диаметр намотки пряжи в центрифугу, м.

При перемотке крутка определяется с помощью формулы

$$K_{пер} = \frac{n_{ц}}{V_{пер}} K_{у.пер} + \frac{1}{\pi d_n}, \quad (3)$$

где  $V_{пер}$  – скорость перемотки пряжи, м/мин;  $K_{у.пер}$  – коэффициент усадки пряжи при перематывании.

Следовательно, пряжа, перемотанная на паковку, имеет номинальную крутку, определяемую по формуле

$$K = \frac{n_{ц}}{V_{вып} K_{у.п}} + \frac{n_{ц}}{V_{пер} K_{у.пер}},$$

так как:

$$K_{у} = K_{у.пр} K_{у.пер},$$

то

$$K = \frac{n_{ц} (V_{вып} + V_{пер})}{V_{вып} V_{пер} K_{у}}. \quad (4)$$

Очевидно, что при постоянной скорости вращения центрифуги ( $n_{ц} = \text{const}$ ) и при заданном значении крутки скорость выпуска мычки из вытяжного прибора и скорость перематывания пряжи являются зависимыми величинами.

Для сохранения постоянства крутки при изменении скорости перематывания необходимо скорость выпуска мычки из вытяжного прибора устанавливать исходя из зависимости:

$$V_{вып} = \frac{n_{ц} V_{пер}}{K_{у} K V_{пер} - n_{ц}}. \quad (5)$$

Например, при заданном значении крутки  $K = 850$  кр/м и скорости центрифуги  $30000 \text{ мин}^{-1}$  можно получить пряжу при скорости прядения  $40$  м/мин и скорости перематывания  $300$  м/мин, а, увеличив скорость перематывания до  $600$  м/мин, для сохранения номинальной крутки необходимо уменьшить скорость выпуска до

$37,5$  м/мин. Следовательно, время перематывания сократится, а время наработки паковки (кулича) в центрифугу увеличится на ту же величину.

В первом случае пряжа при прядении получит  $88,2\%$  от номинальной крутки, а при перематывании – остальные  $11,8\%$  крутки. Во втором случае соотношение круток при прядении и при перематывании будет соответственно  $94,1$  и  $5,9\%$ .

## ВЫВОДЫ

Способ съема пряжи с вращающейся центрифуги путем перематывания ее с помощью мотального механизма, находящегося вне центрифуги, позволяет без потери производительности машины выбирать оптимальные соотношения скоростей прядения и перематывания и минимизировать обрывность пряжи как при прядении, так и при ее перематывании из центрифуги.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гинзбург Л.Н. Центрифугальное прядение лубяных волокон. – М.: Легкая индустрия, 1965.
2. Кулагина М.Н. Новые способы прядения шерстяных и химических волокон. – М.: Легкая индустрия, 1974.
3. А.с. D01H 1/08 №1666587 СССР. Центрифугальная прядильная машина. Савинов Е.Р. и др. / Оpubл. 1991.
4. Савинов Е.Р., Зельдин Ю.Р. Центрифугальная прядильная машина. Патент РФ D01H 1/08 №2008379, 1994.
5. Зельдин Ю.Р., Савинов Е.Р. Центрифугальная прядильная машина. Патент РФ D01H 1/08 №2084564, 1997.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 30.03.07.



## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПАКТНОЙ УПРОЧНЕННОЙ ПРЯЖИ

А.Н. ЧЕРНИКОВ, В.А. БОРИСОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

С целью улучшения структуры и, как следствие, физико-механических показателей хлопчатобумажной пряжи, полученной с пневмомеханических прядильных машин, последнюю предлагается подвергать химикотермической обработке.

В ходе проведенных исследований была создана экспериментальная установка, на которой в ходе экспериментов по плану Бокс-3, получены функции цели и решена задача оптимизации, а также выявлены причинно-следственные связи.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Критерий оптимизации	Искомый тип оптимальности	Обозначение факторов			Полученное значение
			L, мм	V, м/мин	C, %	
1	Абсолютная разрывная нагрузка	max	170	12	40	202,885 сН
2	Разрывное удлинение	max	70	12	-	19,456 мм
3	Коэффициент вариации по разрывной нагрузке	min	-	12	-	11,716 %
4	Тонкие места(thin) -40%/км	min	-	2	40	788
5	Тонкие места(thin) -50%/км	min	-	-	40	61
6	Толстые места(thick) +35%/км	min	130	12	40	1802
7	Толстые места(thick) +50%/км	min	170	2	40	700
8	Узелки(neps) +200%/км	min	120	-	40	2054
9	Узелки(neps) +280%/км	min	120	-	40	850

Результаты исследований представлены в табл. 1, где L – длина пропитки; V – ско-

рость нити; C – концентрация вещества.

Т а б л и ц а 2

№	Формула для расчета натяжения	Ограничения
1	$T_B = 1,0274(T_A + \mu_1 V^2)$ <p><math>T_A</math> – натяжение, создаваемое до узла пропитки; <math>\mu_1</math> – линейная плотность нити без пропитки; V – скорость продольного движения нити</p>	Натяжение в точке входа в ванну для пропитки
2	<p>2.1</p> $T_C = H \left[ 1 + \frac{q^2}{2H^2} \delta^2 \right] + \mu V^2$ <p>H – проекция натяжения нити в любой ее точки на ось x; q – сила тяжести; <math>\delta</math> – расстояние до вершины кривой, соответствующей форме нити; <math>\mu</math> – линейная плотность нити с пропиткой.</p> <p>2.2</p> $T_C(\ell) = q \left[ a + \frac{\ell^2}{18a} \right] + \mu V^2$ <p><math>a=H/q</math>; <math>\ell</math> – длина пролета (ванны)</p>	Натяжение в точке выхода из ванны для пропитки, случай, когда $q(x)=q=const$
3	$T_D \geq T_C e^{k_1(\varphi_C - \varphi_D)} + \frac{qr}{k_1^2 + 1} \left[ \frac{(k_1^2 - 1)(\sin \varphi_D - e^{k_1(\varphi_C - \varphi_D)} \sin \varphi_C)}{-2k_1(\cos \varphi_D - e^{k_1(\varphi_C - \varphi_D)} \cos \varphi_C)} \right] + \mu V^2$ <p><math>k_1</math> – коэффициент трения; r – радиус направляющей; <math>(\varphi_C - \varphi_D)</math> – разность, определяющая угол, огибаемый нитью</p>	Натяжение в точке съема с направляющей после выхода из ванны для пропитки

В ходе работы над конструкцией стенда решена задача и определены формулы, сведенные в табл. 2, для расчета натяжения нити на узле пропитки.

Анализ физико-механических показателей пряжи нового типа позволил наиболее полно оценить результаты исследований.

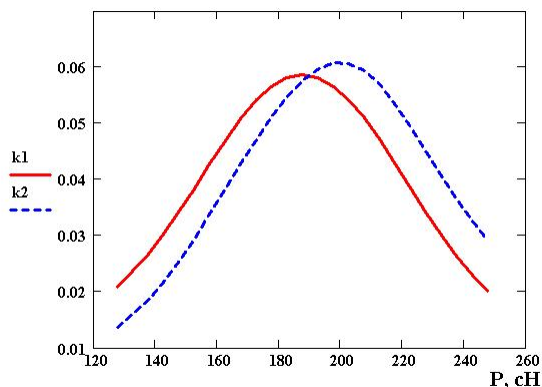


Рис. 1

На рис. 1 представлены кривые распределения прочности  $k\ell$  – пряжи до обработки и  $k2$  – пряжи после обработки. Как видно из рисунка, значение средней прочности пряжи увеличилось.

Для определения соответствия выбранного закона распределения воспользуемся критерием Колмогорова [1]:

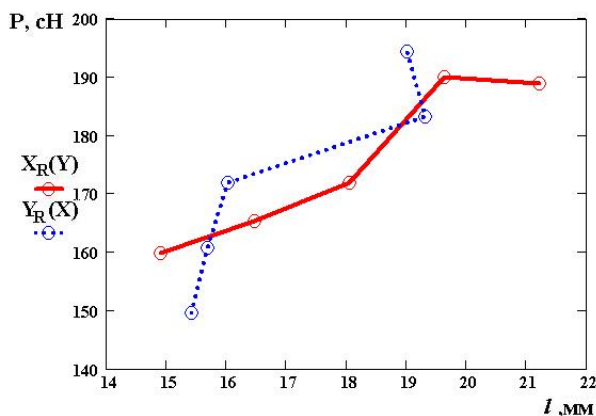


Рис. 2

На рис. 2 и 3 представлены графики кривых  $Y_R(X)$  и  $X_R(Y)$  для разрывной нагрузки – разрывного удлинения и разрывной нагрузки – коэффициента вариации по прибору Устер соответственно. Поскольку

$$\lambda = D\sqrt{n}.$$

Для образца  $k\ell$  по справочным таблицам найдено:  $P(\lambda) = 0,7$ ; а для образца  $k2$ :  $P(\lambda) = 0,7$ . О хорошем совпадении говорят в том случае, если  $P(\lambda) > 0,3 \dots 0,4$ , а в данном случае сходство между теоретической и эмпирической функциями удовлетворительно. Следовательно, распределение разрывной нагрузки пряжи подчиняется нормальному закону распределения.

В ходе проведенных исследований также оценивались разрывное удлинение и коэффициент вариации по прибору Устер-тестер-4. С целью оценки степени связи разрывной нагрузки  $P$  пряжи с разрывным удлинением  $\ell$  и коэффициентом вариации по прибору Устер в проведенных экспериментах по матрице планирования были рассчитаны коэффициенты корреляции и корреляционные отношения [2].

Проведенные расчеты показали, что значения коэффициентов корреляции и корреляционных отношений близки к нулю. Этот факт свидетельствует об очень слабой (практически отсутствующей) связи между рассматриваемыми параметрами.

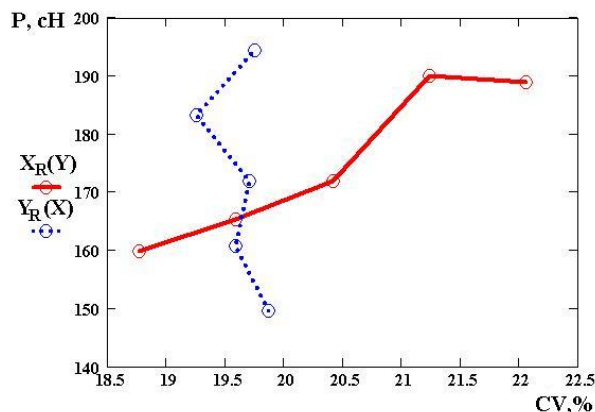


Рис. 3

связь между названными величинами практически отсутствует, они могут быть включены в комплексный показатель эффективности.

## ВЫВОДЫ

Исследования процесса получения компактной упрочненной пряжи позволили установить, что распределение прочности пряжи происходит по нормальному закону. Корреляционная связь между разрывной нагрузкой пряжи, разрывным удлинением и коэффициентом вариации по прибору Устер отсутствует. Натяжение нити при прохождении через направляющие узла пропитки изменяется незначительно, а во время пропитки при равномерном распределении нагрузки натяже-

ние не зависит от длины пролета, при неравномерном – зависит, однако его значение не велико.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Виноградов Ю.С.* Сборник задач по применению математической статистики и теории вероятностей в текстильной и швейной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1968.
2. *Романовский В.И.* Элементарный курс математической статистики. – Госпланиздат, 1940.

Рекомендована кафедрой прядения хлопка. Поступила 30.01.07.

УДК 677.21.021.164

## ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ РАЗРЫХЛЕНИЯ И ОЧИСТКИ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА НА СОВРЕМЕННЫХ РАЗРЫХЛИТЕЛЬНО-ОЧИСТИТЕЛЬНЫХ АГРЕГАТАХ

*Ф.С. ПОДДУВАЛКИН*

(Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина)

Начальным этапом производства пряжи является процесс разрыхления и очистки хлопкового сырья на машинах разрыхлительно-очистительного агрегата (РОА). От оптимальной и слаженной работы машин агрегата во многом зависят параметры работы последующих переходов и свойства конечного продукта прядильного производства.

Анализ различных воздействий РОА на перерабатываемое волокно дан в работе [1]. Применение машин с одинаковыми воздействиями (особенно ударными) ведет к повышенному зажгучиванию, укорочению волокон, ухудшению физико-механических свойств переработанного волокна.

На ряде отечественных предприятий успешно освоены и работают разрыхлительно-очистительные агрегаты зарубежных фирм США, Германии, Швейцарии с чередующимися видами воздействий на волокно.

Нами проведен сравнительный анализ результатов работы зарубежных агрегатов с результатами работы отечественного оборудования, где применяются машины с повторяющимися ударными воздействиями.

Результаты сравнительных анализа и испытаний представлены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что агрегаты, составленные из машин с чередующимися видами воздействий, в которых особое место занимают пильчатые очистители, имеют преимущества перед РОА с чередующимися ударными воздействиями, особенно по показателям зажгученности и укорочения штапельной длины волокон, что приводит к снижению числа обрывов на прядильных машинах, а также к повышению эффекта очистки при снижении выхода отходов, приводящего к более рациональному использованию дорогостоящего хлопкового сырья.

Показатели	Отечественное оборудование	Фирма Trutzschler	Отечественное оборудование	Фирма Rieter	Отечественное оборудование	Фирма Hergeth Hollingsworth
Выход отходов на РОА, %	4,1	3,1	2,53	2,16	4,2	3,8
Эффект очистки хлопка, %	56,4	71,2	51	69	55,4	75,2
Зажгученность хлопка, узелков/г:						
—на входе РОА	154	154	218	218	221	221
—на выходе РОА	510	320	490	310	695	315
Штапельная длина волокна, мм:						
—на входе РОА	31,6	31,6	39,6	39,6	32,3	32,3
—на выходе РОА	20	30	37,1	39	29,8	32,1
Линейная плотность пряжи, текс	29,4	29,4	9,95	9,95	20	20
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс	12,9	13,8	15,69	16,6	11,4	12,2
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	14	12,5	12,64	10,41	15	12
Коэффициент вариации на приборе Устер, %	18,4	15,2	18,4	15,2	20	14
Число обрывов на 1000 камер/ч	128	41	126	32	75	20

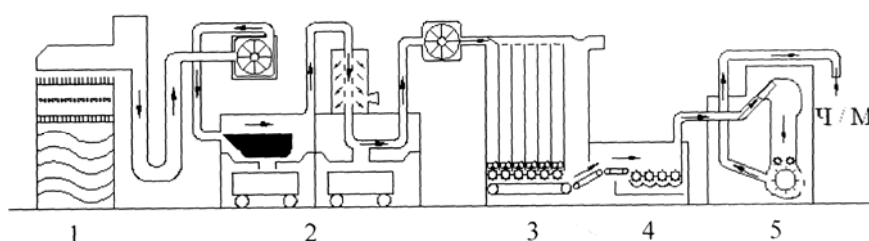


Рис. 1

На рис.1 показан агрегат фирмы Trutzschler, состоящий из следующих машин: 1 – автоматический кипоразборщик Blendomat BO-A; 2 – многофункциональный очиститель металлических примесей SP-MF; 3 – интегрированный смеситель MX-1; 4 – пылчатый очиститель Cleanomat; 5 – отделитель посторонних частиц Securomat.

В связи с тем, что в данном агрегате

основная очистка производится аэродинамическим и пылчатым способами и минимизировано ударное воздействие, степень зажгученности хлопкового волокна будет значительно снижена. Кроме того, возможно снижение степени ухудшения физико-механических показателей волокна в процессе обработки на РОА.

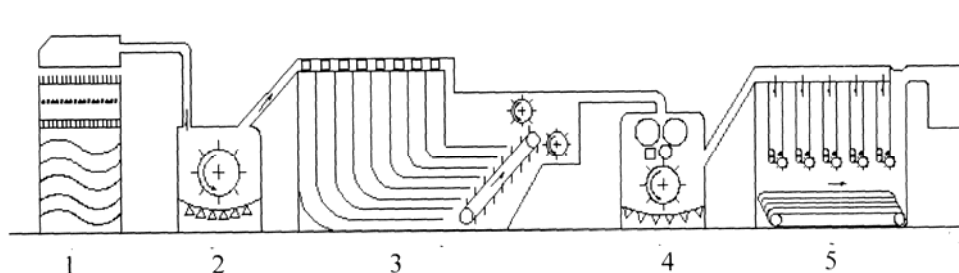


Рис. 2

## ВЫВОДЫ

На рис. 2 представлен агрегат фирмы Rieter, включающий в себя следующие машины: 1– автоматический кипорыхлитель Uniflok A11; 2– колковый предочиститель Uniclean B11; 3– смесовую машину Unimix B70; 4– валичный очиститель Uniflex B60; 5– накопитель Unistore A77.

Здесь после интенсивной предварительной очистки и смешивания перерабатываемое волокно передается на валичный очиститель Uniflex B60, осуществляющий основное разрыхление и очистку путем взаимодействия вращающихся с разными скоростями валиков и пыльчатого барабана. В случае сильного загрязнения исходного хлопкового волокна может быть установлен дополнительный очиститель Uniflex B60.

Очевидно, что представленный агрегат с чередованием видов воздействий обеспечивает высокую степень очистки и разрыхления сильно загрязненного хлопкового волокна за счет сохранения в составе колкового очистителя, усовершенствования машины пыльчатой очистки и установки двух смесовых машин, обеспечивающих лучшее смешивание компонентов.

1. Проанализированы разрыхлительно-очистительные агрегаты различного состава. Показано, что чередование способов очистки и применение пыльчатых очистителей позволяет более рационально и качественно перерабатывать хлопковое сырье.

2. Проанализированы новейшие агрегаты зарубежных фирм, отмечена тенденция к более щадящим видам обработки хлопка за счет широкого внедрения аэродинамической и пыльчатой очистки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Гончаров В.Г.* Сокращенные системы прядения. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

2. *Поддувалкин Ф.С., Гончаров В.Г.* Исследование, анализ и разработка процессов разрыхления и очистки хлопкового волокна на современных разрыхлительно-очистительных агрегатах //Сб. научн. тр. аспирантов. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2005. Вып. 9.

Рекомендована кафедрой прядения хлопка. Поступила 02.02.07.

УДК 677.054.838.2

**РАСЧЕТ РЕМИЗНОГО ПРИБОРА СТАНКОВ СТБ  
ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ШИРИНЕ ЗАПРАВКИ  
ОТДЕЛЬНЫХ ПОЛОТЕН**

Г.И. ТОЛУБЕЕВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Предлагается методика расчета ремизного прибора с жесткими рамами при одновременной заправке на станке тканей, различных по ширине и имеющих различную ширину и переплетение кромок, реализованная на ПЭВМ в среде MatLab.

Исходные данные для расчета: на станке СТБ-220 одновременно вырабатывается  $n_{пол}=4$  полотна; количество зон ремизных рам  $n_3=5$ ; вектор размеров зон ремизных рам  $h=[41; 42; 42; 42; 58]$  см; ширина берда для кромкообразователя  $V_k=3,5$  см; конструктивный размер выступающей части ремизной рамы с левой стороны станка  $a=2,5$  см (в формулах можно не учитывать; тогда ширину первой зоны в векторе  $h$  необходимо уменьшить на величину  $a$ ); вектор ширин заправок по берду на каждое полотно  $V_6=[76,5; 41,5; 40; 51,5]$  см; векторы ширин заправок по берду левых и правых кромок на каждое полотно  $V_{блк}=[1; 1; 1; 1]$  см;  $V_{бпк}=[1; 1; 1; 1]$  см; номер берда  $N_6=120$  зуб./дм; векторы количества основных нитей фона и кромок для каждого полотна  $Mo_{ф}=[1406; 746; 717; 934]$  нит.,  $Mo_{лк}=[26; 26; 26; 26]$  нит.,  $Mo_{пк}=[26; 26; 26; 26]$  нит.

Из заправочного рисунка, представленного на рис. 1, определяем количество нитей, пробираемых в зуб берда в фоне  $m_{оф}$  или при переменной проборке вектор  $m_{оф}=[2; 2; 3; 1; 1; 1; 1]$  (при наличии пропущенных зубьев берда в векторе  $m_{оф}$  появятся нулевые элементы); раппорт проборки основных нитей фона в ремиз  $R_{п} = 11$  нит., в бердо  $R_{пб} = 7$  зуб., нитей кромок в ремиз  $R_{плк} = 26$  нит.,  $R_{ппк} = 26$  нит., в бердо  $R_{пблк} = 12$  зуб.,  $R_{пбпк} = 12$  зуб.; количество ремиз  $n_{рем} = 4$ ; число галев, занятых на  $i$ -й ремизке в пределах раппортов проборок основных нитей фона и кромок ткани  $C_i, C_{илк}, C_{ипк}$ .

Обозначим:  $i$  – текущий номер ремизки ( $i=1, \dots, n_{рем}$ );  $j$  – текущий номер зоны ( $j=1, \dots, n_3$ );  $d$  – текущий номер полотна ( $d=1, \dots, n_{пол}$ );  $q$  – текущий номер кромкообразователя ( $q=1, \dots, n_{пол} + 1$ ).

Определим вектор накопленных сумм размеров зон ремизных рам  $SZ=[41; 83; 125; 167; 225]$  см. Рассчитаем накопленные суммы  $L_q$  заправок по берду полотен до  $q$ -го кромкообразователя.

До первого кромкообразователя заправки нет,  $L_1=0$ . Для второго и последующих кромкообразователей:

$$L_2 = V_{6_1} + a, \quad q = 2;$$

$$L_q = L_{q-1} + V_{6_{q-1}} + V_k, \quad (1)$$

$$3 \leq q \leq n_{пол} + 1.$$

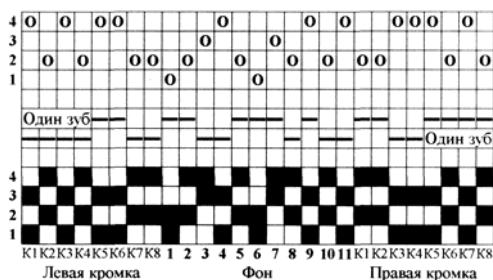


Рис. 1

Для нашего примера получим  $L_q = [0; 79; 124; 167,5; 222,5]$  см.

По конструктивным особенностям на станках СТБ в каждой зоне, кроме последней, может быть установлен только один кромкообразователь.

Номер зоны  $K_q$ , в которой устанавливается  $q$ -й кромкообразователь, определяется как номер  $j$ -й зоны, для которой выполняется неравенство:

$$SZ_{j-1} \leq L_q \leq SZ_j, \quad 2 \leq q \leq n_{\text{пол.}} + 1. \quad (2)$$

Фон левого, по отношению к  $q$ -му кромкообразователю, полотна заканчивается в  $K_{qn}$ -й зоне, правого – начинается в  $K_{qn}$ -й зоне, для которых соответственно выполня-

ются неравенства (3) и (4) ( $2 \leq q \leq n_{\text{пол.}} + 1$ ):

$$SZ_{j-1} \leq L_q - B_{\text{бпк}_{q-1}} \leq SZ_j, \quad (3)$$

$$SZ_{j-1} \leq L_q + B_k + B_{\text{бпк}_q} \leq SZ_j. \quad (4)$$

Первый кромкообразователь установлен в первой зоне,  $K_1 = 1$ . Здесь же начинается фон первого, правого, по отношению к нему, полотна:  $K_{n1} = 1$ ,  $K_{л1} = 0$ . Результаты расчетов удобнее представить векторами.

Для нашего примера векторы номеров зон в которых установлены пять кромкообразователей, заканчивается фон левых и начинается фон правых полотен, равны:  $K_q = [1; 2; 3; 5; 5]$ ,  $K_{qn} = [0; 2; 3; 4; 5]$ ;  $K_{qn} = [1; 3; 4; 5; 0]$ .

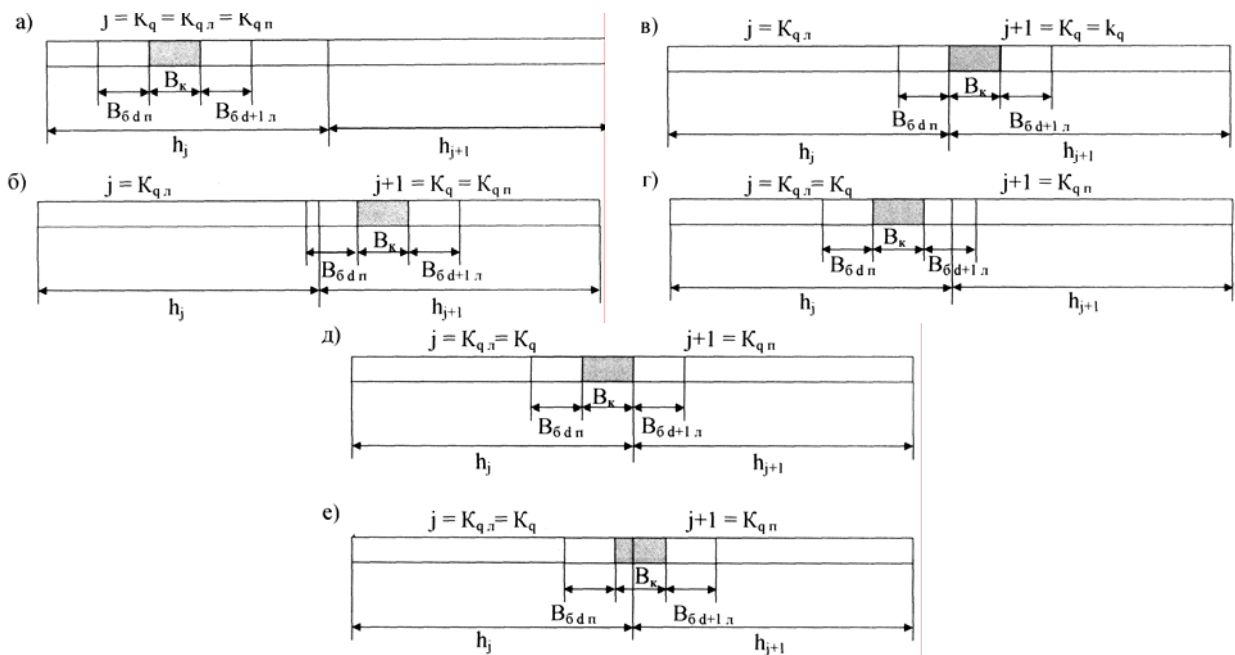


Рис. 2

При установке кромкообразователей возможны шесть вариантов, схемы которых приведены на рис. 2. Вариант установки  $q$ -го среднего кромкообразователя определяется следующим образом:

– если  $K_q = K_{qn} = K_{qn}$  – первый вариант установки кромкообразователя;

– в случае  $K_q = K_{qn}$ ,  $K_q \neq K_{qn}$ : при выполнении неравенства  $SZ_{K_{qn}} < L_q$  – второй

вариант, равенства  $SZ_{K_{qn}} = L_q$  – третий вариант;

– в случае  $K_q \neq K_{qn}$ ,  $K_q = K_{qn}$ : при выполнении неравенства  $SZ_{K_q} > L_q + B_k$  – четвертый вариант, равенства  $SZ_{K_q} = L_q + B_k$  – пятый и неравенства  $L_q < SZ_{K_q} < L_q + B_k$  – шестой вариант установки кромкообразователя.

В нашем примере второй кромкообра-

зователь установлен по четвертому, третий и пятый – по шестому, четвертый – по второму вариантам.

Определим рабочие размеры  $\ell_{j,d}$   $j$ -х зон для нитей фона  $d$ -го полотна.

Заправочная ширина первой зоны:

$$\ell_{1,1} = h_1 - B_{\text{блк}_1}; \ell_{1,1} = 37,5 \text{ см.} \quad (5)$$

Заправочная ширина зон, в которых:

– заканчивается фон полотна:

$$\ell_{j,d} = L_{q-1} - SZ_{j-1} - B_{\text{блк}_j}; \ell_{2,1} = 37 \text{ см.} \quad (6)$$

– нет кромок и кромкообразователей:

$$\ell_{j,d} = h_j, \text{ в примере таких зон нет;} \quad (7)$$

– начинается фон полотна:

$$\ell_{j,d} = -SZ_j - L_q - B_k - B_{\text{блк}_d}, \text{ в примере нет;} \quad (8)$$

– фон начинается и заканчивается:

$$\ell_{j,d} = B_{\text{бд}} - B_{\text{блк}_d} - B_{\text{бгк}_d}; \quad (9)$$

$$\ell_{3,2} = 39,5 \text{ см}; \ell_{4,3} = 38 \text{ см}; \ell_{5,4} = 49,5 \text{ см.}$$

Определяем количество зубьев берда, подлежащих проборке нитями фона полотна  $d$  в каждой зоне:

$$Z_{j,d} = N_{\text{б}} \ell_{j,d} / 10. \quad (10)$$

$$Z_{1,1} = 450 \text{ зуб.}; Z_{2,1} = 444 \text{ зуб.}; Z_{3,2} = 474 \text{ зуб.};$$

$$Z_{4,3} = 456 \text{ зуб.}; Z_{5,4} = 594 \text{ зуб.}$$

По заданному раппорту проборки в бердо и  $Z_{j,d}$  рассчитываем количество нитей фона  $n_{j,d}$  полотна  $d$ , подлежащих проборке в  $j$ -й зоне. При этом учитываются пропущенные зубья (если таковые имеются), переходы раппорта проборки в бердо из одной соседней зоны в другую:  $n_{1,1} = 708$  нит.;  $n_{2,1} = 697$  нит.;  $n_{3,2} = 745$  нит.;

$$n_{4,3} = 717 \text{ нит.}; n_{5,4} = 933 \text{ нит.}$$

Определяем число  $n_{\text{повт}R_{nj}}$  повторений в каждой зоне раппортов  $R_{\text{п}}$  проборки основных фоновых нитей в ремиз. Для нашего примера число повторений раппорта проборки в первой зоне  $n_{\text{повт}R_{n1}} = 64,36$  раза. Если раппорт проборки в ремиз в  $j$ -й зоне повторяется не целое число раз, количество галев, подлежащее проборке в этой зоне, состоит из остатка галев от последнего раппорта проборки основных нитей в ремиз в  $(j-1)$ -й зоне, числа галев, подлежащего распределению в  $j$ -й зоне на целое число раппортов, и числа галев последнего неполного раппорта проборки нитей в конце  $j$ -й зоны:

$$n_{j,d} = n_{j,d}^{\text{нач}} + n_{j,d}^{\text{цел}} + n_{j,d}^{\text{кон}}. \quad (11)$$

В первой зоне для первого полотна ( $j=1, d=1$ ) и в зонах начала других полотен остатка галев  $n_{j,d}^{\text{нач}}$  от предыдущего раппорта нет,  $n_{j,d}^{\text{нач}} = 0$ :  $n_{1,1}^{\text{нач}} = 0$ ;  $n_{3,2}^{\text{нач}} = 0$ ;  $n_{4,3}^{\text{нач}} = 0$ ;  $n_{5,4}^{\text{нач}} = 0$ .

Число галев, подлежащих распределению в  $j$ -й зоне полотна  $d$  на целое число раппортов проборки в ремиз, определяется по формуле:

$$n_{j,d}^{\text{цел}} = n_{\text{повт}R_{nj}} R_{\text{п}}. \quad (12)$$

Для первой зоны  $n_{1,1}^{\text{цел}} = 64 \cdot 11 = 704$  галева.

Число галев на  $i$ -й ремизке в  $j$ -й зоне полотна  $d$ , соответствующее целому числу раппортов:

$$m_{i,j,d}^{\text{цел}} = n_{j,d}^{\text{цел}} C_i / R_{\text{п}}. \quad (13)$$

Для первой зоны:  $m_{1,1,1}^{\text{цел}} = m_{3,1,1}^{\text{цел}} = 128$  гал.;  $m_{2,1,1}^{\text{цел}} = 256$  гал.;  $m_{4,1,1}^{\text{цел}} = 192$  гал.

Число галев в последнем неполном раппорте проборки нитей в конце  $j$ -й зоны полотна  $d$  определяется по формуле:



$$n_{j,d}^{\text{кон}} = n_{j,d} - n_{j,d}^{\text{нач}} - n_{j,d}^{\text{цел}}. \quad (14)$$

Для первой зоны, учитывая, что  $n_{1,1}^{\text{нач}}=0$ ,  $n_{1,1}^{\text{кон}} = 708 - 704 = 4$  галева.

Рассчитываем остаток галев от раппорта для проборки в следующей зоне. Это последние галева в раппорте проборки:

$$n_{j,d}^{\text{нач}} = R_n - n_{j-1,d}^{\text{кон}}. \quad (15)$$

Для второй зоны первого полотна  $n_{2,1}^{\text{нач}} = 11 - 4 = 7$  галев.

Первоначально в зонах распределяются галева  $n_{j+1,d}^{\text{нач}}$  из остатка от предыдущего раппорта, если таковые имеются; определяем число  $m_{i,j,d}^{\text{нач}}$  галев на  $i$ -й ремизке в  $j$ -й зоне полотна  $d$ : каждое галево распределяем по ремизкам согласно заправочному рисунку проборки нитей фона в ремиз.

Например, во второй зоне  $n_{2,1}^{\text{нач}}=7$  галев.

Из заправочного рисунка видно, что эти последние семь галев в раппорте проборки фона находятся по одному галеvu на первой и третьей, три на второй и два галева на четвертой ремизках:  $m_{1,2,1}^{\text{нач}} = m_{3,2,1}^{\text{нач}} = 1$  гал.;  $m_{2,2,1}^{\text{нач}} = 3$  гал.;  $m_{4,2,1}^{\text{нач}} = 2$  гал.

Так же тщательно распределяем галева последнего в зоне неполного раппорта (если таковой имеется); определяем  $m_{i,j,d}^{\text{кон}}$  галев на каждой ремизке. Например, в первой зоне  $n_{1,1}^{\text{кон}} = 4$  гал. Это – первые четыре галева в раппорте. Из заправочного рисунка видно, что они находятся по одному на ремизке, начиная с первой, по четвертую:  $m_{1,1,1}^{\text{кон}} = m_{2,1,1}^{\text{кон}} = m_{3,1,1}^{\text{кон}} = m_{4,1,1}^{\text{кон}} = 1$  гал.

Рассчитываем количество кромочных галев  $m_{i,j,d}^{\text{лк}}$  и  $m_{i,j,d}^{\text{пк}}$  на  $i$ -й ремизке в  $j$ -й зоне для каждого полотна  $d$  для левой и правой кромок. Распределение по ремизкам кромочных галев левой кромки перво-

го полотна производится по формуле (16). Методика распределения кромочных галев остальных кромок зависит от варианта установки кромкообразователей. Распределение по ремизкам кромочных галев для кромкообразователей, установленных по первому, третьему, пятому и шестому вариантам, выполняется по формулам (16) и (17).

Количество галев кромок на  $i$ -й ремизке в зоне  $j$  полотна  $d$ :

$$m_{i,j,d}^{\text{лк}} = \frac{Mo_{\text{лк},d} C_{\text{илк}}}{R_{\text{пк}}}, \quad (16)$$

$$m_{i,j,d}^{\text{пк}} = \frac{Mo_{\text{пк},d} C_{\text{илк}}}{R_{\text{пк}}}. \quad (17)$$

Распределение по зонам и ремизкам кромочных галев левой кромки для кромкообразователей, установленных по второму варианту, выполняется по формуле (16). Нити правой кромки в этом случае располагаются в двух соседних зонах.

Пусть кромка начинается в  $j$ -й зоне. Определяем ширину берда  $j$ -й и  $(j+1)$ -й зоны, занимаемую правой кромкой в см:

$$S_{j,d}^{\text{пк}} = L_{q+1} - SZ_j, \quad (18)$$

$$S_{j+1,d}^{\text{пк}} = B_{\text{бпк},d} - S_{j,d}^{\text{пк}}. \quad (19)$$

В рассматриваемом примере по второму варианту установлен четвертый кромкообразователь. Правая кромка третьего полотна находится частично в четвертой, частично – в пятой зонах. Размеры кромки, найденные по формулам (18) и (19), составили:  $S_{4,3}^{\text{пк}} = 167,5 - 167 = 0,5$  см;  $S_{5,3}^{\text{пк}} = 1 - 0,5 = 0,5$  см.

По формуле (10) определяем количество кромочных зубьев и кромочных нитей в четвертой и пятой зонах:  $Z_{4,3}^{\text{пк}} = 6$  зуб.,  $Z_{5,3}^{\text{пк}} = 6$  зуб.;  $Mo_{\text{пк},4,3} = 12$  нит.,  $Mo_{\text{пк},5,3} = 14$  нит.

При неравномерных кромках целесообразно по сокращенному заправочному рисунку построить заправочный рисунок всей кромки и по нему определить количе-

ство галев на каждой ремизке в обеих зонах.

В примере галева правой кромки третьего полотна распределены таким образом:  $m_{2,4,3\text{пк}} = m_{4,4,3\text{пк}} = m_{4,5,3\text{пк}} = 6$  гал.,  $m_{2,5,3\text{пк}} = 8$  гал.

Распределение по зонам и ремизкам кромочных галев правых кромок для кромкообразователей, установленных по четвертому варианту, выполняется по формуле (17). Нити левой кромки в этом случае располагаются в двух соседних зонах.

Определяем ширину берда  $(j-1)$ -й и  $j$ -й зоны, занимаемую левой кромкой:

$$S_{j-1,d\text{лк}} = SZ_{j-1} - L_{qd} - B_k, \quad (20)$$

$$S_{j,d\text{лк}} = B_{\text{блкд}} - S_{j-1,d\text{лк}}. \quad (21)$$

В рассматриваемом примере по четвертому варианту установлен второй кромкообразователь. Левая кромка второго полотна находится частично во второй, час-

точно – в третьей зонах:  $S_{2,2\text{лк}} = 83 - 79 - 3,5 = 0,5$  см;  $S_{3,2\text{лк}} = 1 - 0,5 = 0,5$  см.

Определяем количество зубьев берда в  $(j-1)$ -й и  $j$ -й зоне, занимаемые левой кромкой; строим заправочный рисунок всей левой кромки; определяем количество галев на каждой ремизке в обеих зонах.

Для нашего примера:  $m_{2,2,2\text{лк}} = 6$  гал.;  $m_{4,2,2\text{лк}} = 8$  гал.;  $m_{2,3,2\text{лк}} = 6$  гал.,  $m_{4,3,2\text{лк}} = 6$  гал.

## ВЫВОДЫ

Предлагается методика расчета галев по зонам жестких ремизных рам на многополотенных ткацких станках для тканей со сложными рисунками переплетений, имеющих различную ширину заправки отдельных полотен, позволяющая исключить перекосы и дополнительное истирание основных нитей в ремизном приборе.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных изделий. Поступила 06.04.07.

УДК 677.074.017

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОРЯДКА ФАЗЫ СТРОЕНИЯ ЛЬНЯНЫХ ТКАНЕЙ С УЧЕТОМ ИЗГИБНОЙ ЖЕСТКОСТИ ПРЯЖИ

Г.Г. СОКОВА, А.А. БЕЙТИНА

(Костромской государственной технологической университет)

Известно, что одной из основных величин, определяющих строение ткани, является порядок фазы строения, с изменением которого варьируются структурные и физико-механические показатели ткани. В современных условиях при виртуальном проектировании ткани новой структуры важно уметь прогнозировать порядок фазы строения.

На сегодняшний день разработан ряд расчетных методик по определению данного показателя, однако в существующих способах прогнозирования фазы строения не учтены свойства пряжи, оказывающие влияние на расположение нитей в ткани.

Ранее на кафедре ткачества Костромского государственного технологического университета проводились исследования структуры ткани, по итогам которых выдвинуто предположение о том, что ткань полотняного переплетения имеет уравновешенную структуру, то есть находится в пятой фазе строения, если коэффициент равновесности ( $K_R$ ) равен 2 ( $K_R = K_p + K_d$ , где  $K_p$  – коэффициент соотношения плотностей ткани по основе и утку ( $P_o/P_y$ ),  $K_d$  – коэффициент отношения диаметров нитей основы и утка ( $d_o/d_y$ )) [1].

При этом выведены формальные (описывающие только внешние признаки тек-

стильного материала) условия равновесности для ткани полотняного переплетения:

$$K_d > 1 \text{ и } K_p < 1, \quad (1)$$

$$K_d < 1 \text{ и } K_p > 1, \quad (2)$$

$$K_d = 1 \text{ и } K_p = 1. \quad (3)$$

Вместе с тем предположили, что, если в параметрах ткани соблюдается одно из данных условий и коэффициент равновесности при этом равен 2, то ткань имеет рациональную, уравновешенную по порядку фазы строения структуру.

Однако, как показали исследования [1] хлопчатобумажных, льняных и полульняных тканей, условия (1)...(3) распространяются на ткани, выработанные из пряжи одного происхождения. Хлопчатобумажные и чистольняные образцы, выработанные из сходных по свойствам пряж в основе и утке с  $K_R \approx 2$ , имеют близкую к уравновешенной фазу строения.

Полульняные образцы при сходных формальных условиях имеют седьмую фазу строения: более жесткий льняной уток в ткани стремится занять прямолинейное положение, при этом менее жесткая хлопчатобумажная основа в ткани более извита и доминирует на поверхности ткани.

Таким образом, формальный коэффициент равновесности ( $K_R$ ) как критерий рациональности структуры по порядку фазы строения применим только для тканей, выработанных из пряж со сходной жесткостью на изгиб; для тканей, произведенных из пряж с отличающимися упругими свой-

ствами, данный коэффициент не вполне пригоден.

Современные исследования изгибной жесткости пряжи показали, что данный параметр имеет существенные отличия для пряж различного происхождения [2]. Например, при нагрузках 50 сН /нить, изгибная жесткость для беленой льняной пряжи 33 текс составляет 4,48 сН·мм<sup>2</sup>, в то же время данный параметр для суровой хлопчатобумажной пряжи 29 текс в 4 раза ниже и соответствует 1,70 сН·мм<sup>2</sup>; отмечен рост изгибной жесткости пряжи с увеличением линейной плотности.

Опираясь на изложенное выше, предположили, что при проектировании тканей льняного ассортимента, вырабатываемых из пряж различного волокнистого состава, прогнозируя порядок фазы строения, следует учитывать изгибную жесткость основных и уточных нитей.

Нами рассмотрен коэффициент отношения изгибной жесткости ( $K_n = H_o/H_y$ ) основной ( $H_o$ ) и уточной ( $H_y$ ) пряжи. Данный коэффициент, в зависимости от вида и линейной плотности основной и уточной пряжи в ткани, может иметь значения  $K_n < 1$ ,  $K_n > 1$  или  $K_n = 1$ .

С целью установления взаимосвязи между формальными параметрами структуры ткани ( $K_d$  и  $K_p$ ), отношением изгибной жесткости пряжи ( $K_n$ ) и порядком фазы строения ткани ( $\Phi$ ) проведен эксперимент. Исследовались суровые образцы хлопчатобумажных, льняных и полульняных тканей, выработанные на станке СТБ-180.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Наименование ткани	Вид и линейная плотность пряжи, текс		Число нитей на 10 см ткани		Средние значения коэффициентов		Средние значения порядка фазы строения
		по основе	по утку	по основе	по утку	$K_n$	$K_p$	
1	Хлопчатобумажная	25 С Х/Б	25 КХ/Б	230	170	0,950	1,353	5,51
2	Льняная	33 БМВЛ	46 БМВЛ	180	130	0,800	1,385	6,27
3	Льняная	33 БМВЛ	56 БМВЛ	170	130	0,698	1,308	6,32
4	Полульняная	25 С Х/Б	33 БМВЛ	220	170	0,357	1,294	6,76
5	Полульняная	25 С Х/Б	60 ВМСрЛ	220	180	0,266	1,222	7,30
6	Полульняная	25 С Х/Б	86 БМОО	220	170	0,191	1,294	7,74

Структурные параметры тканей приведены в табл. 1.

Для определения жесткости пряжи использовали инструментальный метод [3], позволяющий исследовать деформации

изгиба нити в динамических условиях нагружения. Структурные параметры ткани определены бесконтактным способом [4].

Компьютерная реализация способа структурного анализа предусматривает определение среднего значения порядка фазы строения для каждого образца ткани с погрешностью, не превышающей 5%. В табл. 1 представлены средние значения результатов исследований (объем выборки составил 18 образцов (по 3 образца для каждой ткани с десятью повторностями)).

В результате компьютерной статистической обработки полученных данных и проведенного регрессионного анализа установлено, что характер взаимосвязи между исследуемыми показателями для обследованных тканей одинаков и описывается линейными зависимостями:

$$\Phi = 8,195 - 2,774 K_n, \quad (4)$$

$$\Phi = 10,5 - 2,149 (K_p + K_n), \quad (5)$$

$$\Phi = 6,8 - 2,439 K_d + 2,283 K_p - 2,44 K_n. \quad (6)$$

Результаты вероятностно-статистической оценки указывают на тесную связь между параметрами: расчетные коэффициенты парной корреляции для уравнений (4) и (5) соответственно  $R=0,85$  и  $R=0,76$ , а множественной корреляции  $R_1 = 0,88$  для уравнения (6). Поскольку расчетные значения критерия Фишера для всех уравнений регрессии меньше табличного значения ( $F_T=2,19$ ), уравнения (4)...(6) адекватны.

Уравнения (4) и (5) верны для тканей соответствующих условию (2). Следует отметить, что большая часть льняных тканей бытового назначения имеет структуру, соответствующую данному формальному условию  $K_d < 1$ ,  $K_p > 1$ . Зависимость (6) справедлива для тканых структур, отвечающих условиям (1)...(3).

Результаты экспериментальных исследований указывают на возможность прогнозирования порядка фазы строения ткани по значениям коэффициента отношения изгибной жесткости пряжи и показателям, описывающим формальную структуру ткани.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Отчет по НИР № 1.2.00П, утвержденной Комитетом образования РФ 19.01.2000. Создание новых ресурсосберегающих экологически чистых процессов текстильного производства с применением новых методов оценки свойств текстильных материалов и автоматизированного проектирования. – Кострома: КГТУ, 2003.

2. Лустгартен Н.В., Крутикова В.Р. Оценка деформационных характеристик текстильных материалов по кривым разрыва // Вестник КГТУ. – 2004, №9.

3. Патент №48633 РФ. Устройство для определения динамической жесткости на изгиб / В.Р. Крутикова, И.В. Общанская, В.В. Лазарев. – Оpubл. 2004.

4. Сокова Г.Г., Бейтина А.А. Бесконтактный метод структурного анализа однослойных тканей // Текстильная промышленность. – 2006, №8 (спец. выпуск).

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 31.01.07.

## НАТЯЖЕНИЯ ОСНОВЫ НА ТКАЦКОМ СТАНКЕ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОЛИНОМА ЛАГРАНЖА

М.В. НАЗАРОВА

(Камышинский технологический институт (филиал)  
Волгоградского государственного технического университета)

Технологический процесс ткачества, относящийся к категории сложных процессов, характеризуется большим числом взаимосвязанных факторов, наличием существенных неконтролируемых возмущений и ошибок измерения отдельных параметров и случайным изменением во времени характеристик. В связи с этим важным является установление математической модели или соотношения между входными и выходными параметрами.

Знание математической модели процесса позволяет прогнозировать условия изготовления, строение и свойства ткани, оценить степень влияния входных факторов.

Анализ литературы позволил установить, что для математического описания технологического процесса ткачества ранее использовались экспериментальные методы, заключающиеся в обработке экспериментальных данных, полученных в результате реализации математико-статистических методов планирования эксперимента.

Кроме этих методов существуют также методы приближения функций, которые не нашли широкого применения, поскольку требуют проведения значительного количества вычислений, то есть являются очень трудоемкими. В настоящее время появилась современная вычислительная техника, позволяющая автоматизировать весь процесс исследования какого-либо процесса при наличии всех необходимых для этого средств исследования. Поэтому стало воз-

можным использование методов приближения функций для математического описания технологических процессов.

Сущность методов приближения функций заключается в замене одной функции, которая чаще всего известна лишь эмпирически, другой функцией более простого вида. С этой целью можно применять различные интерполяционные полиномы и, в частности, полином Лагранжа.

Для использования этого полинома при исследовании технологического процесса ткачества был составлен автоматизированный алгоритм, в соответствии с которым необходимо выполнить следующее.

1). На технологическом оборудовании, установленном в ткацком производстве или в лабораторных условиях, с помощью контрольно-измерительных приборов получить диаграмму или осциллограмму натяжения нитей. На диаграмме или осциллограмме выделить участок, после которого цикл натяжения нитей повторяется.

2). Для получения дискретной информации об исследуемом процессе разбить диаграмму или осциллограмму натяжения нитей с выбранным постоянным шагом  $h$  изменения аргумента.

3). На основе экспериментальных данных натяжения произвести вычисления коэффициентов полинома.

4). Подставить коэффициенты в полином Лагранжа, общий вид которого представляется выражением:

$$P(x) = B_0 + B_1(x - x_0) + B_2(x - x_0)(x - x_1) + \dots + B_n(x - x_0)(x - x_1) \dots (x - x_{n-1}).$$

Для получения диаграммы натяжения нитей основы в лаборатории ткачества кафедры технологии текстильного производства Камышинского технологического института (филиал Волгоградского государ-

ственного технического университета) был проведен эксперимент на ткацком станке СТБ-2-216. Полученная в результате эксперимента диаграмма обрабатывалась в соответствии с вышеуказанным алгорит-

мом. Было получено несколько математических моделей с различным шагом интерполяции.

Оценка эффективности полученных математических моделей производилась путем расчета относительной средней квадратической ошибки для всех значений аргумента  $x_i$  по формуле

$$\delta = \frac{\sum_{i=1}^N \delta_i}{N} \cdot 100\%,$$

где  $\delta_i$  – относительная величина квадратической ошибки для каждого значения аргумента  $x_i$ , %;  $N$  – количество экспериментальных значений натяжения основных нитей.

В свою очередь:

$$\delta_i = \frac{\Delta_i}{y_{Ti}} \cdot 100\%,$$

где  $\Delta_i$  – абсолютная средняя квадратическая ошибка для каждого значения аргумента  $x_i$ ;

$$\Delta_i = \sqrt{\sum_{i=0}^N (y_{Эi} - y_{Ti})^2},$$

где  $y_{Эi}$  – экспериментальные значения натяжения основных нитей, сН;  $y_{Ti}$  – теоретические значения натяжения основных нитей, вычисленные по математической модели, сН.

Получение математических моделей производилось в среде программирования Mathcad, а оценка их эффективности – в табличном процессоре Excel. В зависимости от выбранного шага интерполяции математические модели имели следующие величины относительной средней квадратической ошибки для всех значений аргумента (табл.1).

Таблица 1

Шаг интерполяции, град	Величина относительной средней квадратической ошибки на интервале (0; 360 град.), %	Величина относительной средней квадратической ошибки на интервале (80; 280 град.), %
5	84,29	100,00
10	68,50	81,95
15	84,01	96,51
20	47,92	46,40
30	21,80	7,25
40	37,20	2,37
60	3,51	3,28
80	10,20	5,68
120	10,30	5,72

Из табл. 1 видно, что на узком интервале (80; 280 град.) более эффективной математической моделью является та, которая построена с шагом интерполяции  $h=40$  град. Однако для исследования натяжения нитей на всем интервале эту модель использовать нецелесообразно вследствие большой величины относительной средней квадратической ошибки. В этом случае следует выбирать математическую модель с шагом интерполяции  $h = 60$  град. И в том, и в другом случае величины относительной средней квадратической ошибки на интервале

(80; 280 град.) не превышают допустимой нормы  $\delta=5$  %, следовательно, математические модели с шагом  $h=40$  и  $h=60$  град. могут быть использованы для прогнозирования изменения натяжения нитей в ткачестве для точек, близких к середине интервала.

## ВЫВОДЫ

1. Проведен анализ работ, посвященных математическому моделированию

технологического процесса ткачества, и проанализированы методы приближения функций, которые могут применяться для описания технологических процессов ткацкого производства.

2. На основе экспериментальных данных с использованием интерполяционного полинома Лагранжа получены математические модели натяжения нитей основы при исследовании технологического процесса ткачества, и проведена оценка их эффективности путем определения относительной средней квадратической ошибки.

3. Разработаны автоматизированный алгоритм по использованию метода приближения функций с применением интерполяционного полинома Лагранжа для прогнозирования изменения натяжения на ткацком станке и рекомендации по использованию полинома Лагранжа при анализе натяжения в технологическом процессе ткачества.

1. *Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.* Оптимизация механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легпромбытиздат 1991.

2. *Севостьянов А.Г.* Методы исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М., 1980.

3. Механическая технология текстильных материалов / А.Г. Севостьянов, Н.А. Осьмин, В.П. Щербаков и др. – М., 1977.

4. *Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А.* Моделирование технологических процессов в текстильной промышленности. – М., 1984.

5. *Николаев С.Д., Сумарукова Р.И., Юхин С.С., Власов П.В.* Теория процессов, технология и оборудование подготовительных операций ткачества. – М.: Легпромбытиздат, 1993.

6. *Николаев С.Д., Сумарукова Р.И., Юхин С.С., Власов П.В.* Теория процессов, технология и оборудование ткацкого производства. – М.: Легпромбытиздат, 1993.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства. Поступила 07.11.06.

УДК 677.024

## ПОНЯТИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ И РЕАЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ. ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ВЕТВЕЙ ОСНОВЫ ПРИ ПОСТУПАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ СКАЛА

*О.А. САВВИН*

(Костромской государственной технологической академии)

На ткацком станке деформация основы меняется главным образом за счет движения различных его механизмов (зевобразовательного, боевого, механизма отпуска основы и навивания ткани, движения скала и так далее), то есть в результате кинематического воздействия. При этом происходит изменение геометрии данного участка системы заправки ткацкого станка, что и является причиной деформации.

Деформацию, возникающую при кинематическом (геометрическом) возбуждении и обусловленную изменением геометрии какого-либо участка системы заправки, будем называть геометрической деформацией.

Возникновение на каком-либо участке геометрической деформации является причиной изменения натяжения системы заправки на этом участке, которое, в свою очередь, может вызвать изменение натяжения и на соседних участках. Число этих участков уже определяется силовыми факторами, которые зависят от свойств системы заправки (от коэффициентов жесткости участков, их натяжений, наличия направляющих устройств и т. д.).

Геометрическая деформация всегда равна сумме деформаций (вернее, их приращений) на всех участках, которые изменяют свое натяжение в результате возникновения геометрической деформации.

При вычислении реальной деформации прежде всего необходимо найти геометрическую или суммарную деформацию, после этого установить, на какие участки системы заправки распространяется эта деформация и только затем вычислить реальную деформацию каждого из этих участков.

Если речь идет о деформации, то необходимо четко различать, какая именно деформация имеется в виду – геометрическая деформация, возникающая на каком-либо участке системы заправки, или реальная деформация этого участка.

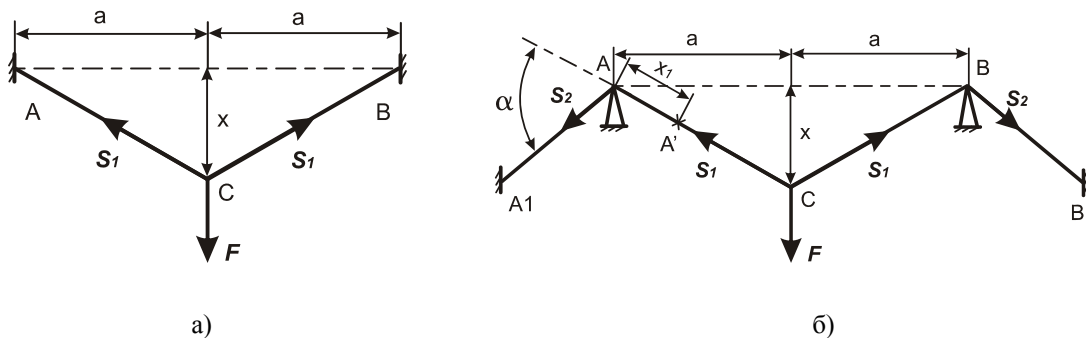


Рис. 1

Рассмотрим, например систему, образованную нитями основы, показанную на рис. 1.

В первом случае (рис.1-а) точки А и В закреплены неподвижно. Во втором случае (рис.1-б) нити опираются на неподвижные призмы с пренебрежимо малым радиусом закругления в точках А и В, а закреплены они в точках А<sub>1</sub> и В<sub>1</sub>.

Пусть в начальный момент времени нити были натянуты с одинаковым на всех участках натяжением S<sub>н</sub> и на участке АВ – были горизонтальны. В этот момент точке С, находящейся на середине участка АВ, задается перемещение x.

В начале движения, когда точка С движется вниз, натяжение в обеих моделях на участке АВ увеличивается одинаково до тех пор, пока в модели на рис.1-б не начнется скольжение нитей относительно направляющих А и В. При наличии скольжения свойства системы резко меняются. Приведенный к точке крепления груза коэффициент жесткости нитей основы уменьшается, так как в этом случае меняется деформация и на участках АА<sub>1</sub> и ВВ<sub>1</sub>. Поскольку система, показанная на рис.1-б, симметрична относительно оси колебаний груза и имеет одинаковые свойства, то пе-

ремещение нитей относительно точек А и В одинаково. Обозначим это перемещение через x<sub>1</sub>.

Рассмотрим только участок А<sub>1</sub>АС, поскольку участок В<sub>1</sub>ВС полностью аналогичен участку А<sub>1</sub>АС и работает точно так же. В начале движения, пока x<sub>1</sub> = 0, выберем на нитях основы точку А<sup>1</sup>, совпадающую с точкой А<sub>1</sub> призмы. Пока x<sub>1</sub> остается равным нулю, эти две точки совпадают. Как только x<sub>1</sub> станет больше нуля, точка А<sup>1</sup> переместится относительно точки А на величину x<sub>1</sub> вдоль ветви АС. При этом длина участка А<sub>1</sub>А<sup>1</sup> станет равной l<sub>А1А</sub> + x<sub>1</sub>. Длина участка А<sup>1</sup>С при этом уменьшится на величину x<sub>1</sub> и станет равной l<sub>АС</sub> - x<sub>1</sub>.

δl<sub>x</sub> – общее изменение деформации участка А<sub>1</sub>А<sup>1</sup>С при смещении груза на величину x<sub>1</sub> будет:

$$\delta l_x = l_{A_1A} + x_1 + l_{AC} - x_1 - l_{A_1A} - a = l_{AC} - a. \quad (1)$$

Легко видеть, что точно такой же будет и изменение деформации системы, показанной на рис. 1-а.

Деформация δl<sub>x</sub> определяется изменением геометрии системы только на участке АС (для обеих схем). Эту деформацию мы



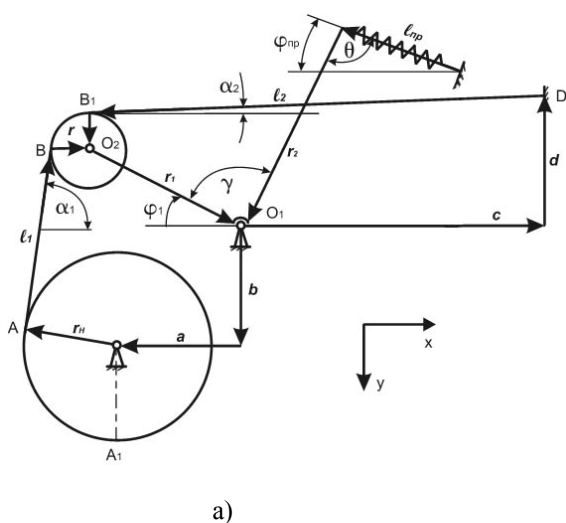
будем называть геометрической деформацией участка AC.

Как видно из приведенных рассуждений, эта деформация отличается от реальной или действительной деформации участка AC на величину проскальзывания  $x_1$ . Эта деформация и величина проскальзывания уже определяются силовыми факторами.

Если  $K_1$  и  $K_2$  – коэффициенты жесткости участков AC и  $A_1A$  постоянны, то

$$\Delta S_2 = S_2 - S_H = K_2 x_1, \quad (2)$$

$$\Delta S_1 = S_1 - S_H = K_1 (\delta l_x - x_1). \quad (3)$$



При этом

$$S_1 = S_2 \exp(f\alpha), \quad (4)$$

где  $f$  и  $\alpha$  – коэффициент трения нитей по призме и угол ее охвата ими. На рис. 1-б показан угол, численно равный углу охвата.

Из формул (2)...(4) видно, что для определения величины проскальзывания и реальной деформации участков необходимо знать  $\delta l_x$  – величину геометрической деформации.

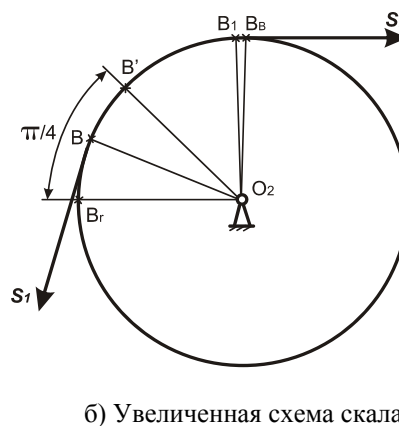


Рис. 2

Перейдем теперь к геометрической деформации ветвей основы при движении скала. Схема соответствующей части заправки показана на рис. 2. Участок заправки AB между точками касания основы на воя и скала назовем нижней ветвью. Участок  $B_1D$  между точкой схода основы со скала и разделительным прутком назовем верхней ветвью.

Через центр скала  $O_2$  проведем горизонтальную и вертикальную прямые до пересечения с поверхностью скала. Полученные при этом точки обозначим соответственно  $B_r$  и  $B_b$ . Аналогично найдем точку  $A_1$  на навое.

Вычислим деформацию каждой из ветвей основы по отдельности. Речь идет о суммарной или геометрической деформации, определяемой на основании измене-

ния геометрии рассматриваемого участка. Эта деформация равна изменению длины участка в конце и в начале движения.

Приведем пояснения при выводе зависимостей только для нижней ветви, так как все рассуждения, относящиеся к верхней ветви, будут аналогичны. За длину рассматриваемого участка нижней ветви примем расстояние между точками  $A_1$  и  $B^1$ , которые не меняют своего положения относительно скала и навоя. Эти точки назовем неподвижными.

Угол охвата скала нитями основы около  $\pi/2$ , при этом нижняя ветвь находится вблизи вертикали, поэтому точку  $B^1$  сместим относительно точки  $B_r$  вдоль поверхности скала на дугу, соответствующую центральному углу, равному  $\pi/4$ . Для вто-

рой ветви изменение длины рассмотрим на участке  $B^1D$ .

Расстояние  $AB$  обозначим  $\ell_1$ , а расстояние  $B_1D$  обозначим  $\ell_2$  и назовем их длиной нижней и верхней ветви соответственно. Для определения величин  $\ell_1$  и  $\ell_2$  и углов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  спроектируем замкнутые цепочки векторов, показанные на рис. 2, на оси  $x$  и  $y$ .

Для нижней ветви:

$$\begin{aligned} \Sigma x &= -r_H \sin \alpha_1 + \ell_1 \cos \alpha_1 + r \sin \alpha_1 + r_1 \cos \varphi_1 - a = 0, \\ \Sigma y &= -r_H \cos \alpha_1 - \ell_1 \sin \alpha_1 + r \cos \alpha_1 + r_1 \sin \varphi_1 + b = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Для верхней ветви:

$$\begin{aligned} \Sigma x &= -\ell_2 \cos \alpha_2 + r \sin \alpha_2 + r_1 \cos \varphi_1 + c = 0, \\ \Sigma y &= \ell_2 \sin \alpha_2 + r \cos \alpha_2 + r_1 \sin \varphi_1 - d = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Из уравнений (5) получим:

$$\ell_1 = [(r_1 \cos \varphi_1 - a)^2 + (r_1 \sin \varphi_1 + b)^2 - R^2]^{1/2}, \quad (7)$$

где  $R = r_H - r$ , (8)

$$\begin{aligned} (\ell_1 \cos \alpha_1 - R \sin \alpha_1) / (\ell_1 \sin \alpha_1 + R \cos \alpha_1) = \\ = (a - r_1 \cos \varphi_1) / (b + r_1 \sin \varphi_1) = X, \end{aligned}$$

или

$$(\ell_1 - R \operatorname{tg} \alpha_1) / (\ell_1 \operatorname{tg} \alpha_1 + R) = X$$

и

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = (\ell_1 - RX) / (\ell_1 X + R), \quad (9)$$

где  $X = (a - r_1 \cos \varphi_1) / (b + r_1 \sin \varphi_1)$ . (10)

Из уравнений (6) имеем:

$$\ell_2 = [(r_1 \cos \varphi_1 + c)^2 + (r_1 \sin \varphi_1 - d)^2 - r^2]^{1/2} \quad (11)$$

и

$$\begin{aligned} (r \sin \alpha_2 - \ell_2 \cos \alpha_2) / (r \cos \alpha_2 + \ell_2 \sin \alpha_2) = \\ = (r_1 \cos \varphi_1 + c) / (r_1 \sin \varphi_1 - d). \end{aligned}$$

Обозначая

$$X_1 = (r_1 \cos \varphi_1 + c) / (r_1 \sin \varphi_1 - d), \quad (12)$$

получим

$$(r \operatorname{tg} \alpha_2 - \ell_2) / (r + \ell_2 \operatorname{tg} \alpha_2) = X_1,$$

откуда:

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = (rX_1 + \ell_2) / (r - \ell_2 X_1). \quad (13)$$

Обозначим длину участка  $A_1ABB^1$  через  $L_1$ , а длину участка  $B^1B_1D$  – через  $L_2$ , тогда :

$$\begin{aligned} L_1 &= r_H(\pi - \alpha_1) + \ell_1 + r(\pi/4 + \alpha_1 - \pi/2) = \\ &= \ell_1 + r_H(\pi - \alpha_1) + r(\alpha_1 - \pi/4), \end{aligned} \quad (14)$$

$$L_2 = r(\pi/4 - \alpha_2) + \ell_2. \quad (15)$$

Дадим углу  $\varphi_1$  приращение  $\Delta\varphi_1$ . Тогда длины ветвей и углы их наклона получат соответственно приращения  $\Delta\ell_1$  и  $\Delta\alpha_1$ ,  $\Delta\ell_2$  и  $\Delta\alpha_2$ . При этом длины  $L_1$  и  $L_2$  получат приращения

$$\Delta L_1 = \delta\ell_1 = \Delta\ell_1 - R\Delta\alpha_1, \quad (16)$$

$$\Delta L_2 = \delta\ell_2 = \Delta\ell_2 - r\Delta\alpha_2, \quad (17)$$

где  $\delta\ell_1$  и  $\delta\ell_2$  – величины деформаций нижней и верхней ветвей соответственно.

Как и следовало ожидать, величина изменения длины рассматриваемого участка и, следовательно, геометрическая деформация ветви не зависят от выбора “неподвижных” точек ( $A_1$  и  $B^1$ ).

## ВЫВОДЫ

1. Необходимо различать геометрическую и реальную деформацию.

2. Геометрическая деформация – это деформация, определяемая из чисто геометрических соображений. Она не зависит от действующих на систему сил, наоборот, геометрическая деформация является причиной изменения сил, действующих на систему заправки.

3. Реальная или действительная деформация определяется силами, действующими на рассматриваемый участок заправки станка, то есть определяется из условий динамики.

4. При возникновении геометрической деформации она может распространяться на несколько участков или зон системы заправки ткацкого станка. Число этих зон и величина изменения их реальной дефор-

мации определяется состоянием системы, то есть зависит от натяжения в этих зонах в данный момент, от характера изменения этих сил, от коэффициентов жесткости участков, меняющих свою деформацию, и других, менее значимых характеристик.

5. Изменение геометрической деформации равно сумме реальных изменений деформаций во всех зонах, на которые распространяется геометрическая деформация.

6. Геометрическая деформация ветвей основы, огибающих скало, определяется

изменением длины соответствующего прямолинейного участка и величиной наматывания или сматывания основы с навоя и скала.

7. Геометрическая деформация не зависит от выбора «неподвижных» точек на навое и скале.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 28.01.07.

---

УДК 677.8, 677.84

**ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
АРАМИДНЫХ ВОЛОКОН В ПРОЦЕССЕ ОТДЕЛКИ***А.П. МИХАЙЛОВСКАЯ, Н.В. ДАЩЕНКО, Т.Ю. ДЯНКОВА***(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)**

Целью работы является изучение изменений эксплуатационных свойств арамидных материалов, вызванных различными операциями отделки, что позволяет наметить возможные пути совершенствования технологий колорирования и заключительной отделки и тем самым повысить конкурентоспособность изделий на основе отечественных полигетероариленов (ПГА). Специалисты отмечают, что растягивающая нагрузка полимеров внешними силами влияет на молекулярную подвижность пластификатора и является эффективным интенсифицирующим средством при очистке полимера [1].

Исследование эксплуатационных свойств арамидных нитей и пряжи, в том числе в составе тканей, окрашенных активными и кислотными красителями, показало, что существенное изменение цветового оттенка по сравнению с исходным неокрашенным образцом достигается при концентрациях текстильно-вспомогательных веществ (ТВВ), вызывающих снижение механических свойств материала на 25...30 % [2]. Приме-

нение КМК 1:2, кубовых и прямых красителей либо не обеспечивает получения интенсивных окрасок, либо ведет к распределению красителей в поверхностном слое элементарных волокон. Применение катионных красителей и поверхностно-активных веществ (ПАВ) позволяет получать наиболее интенсивные равномерные окраски широкой цветовой гаммы [3], [4].

В работе исследованы комплексные нити СВМ по основе и утку, выделенные из ткани, обработанной в свободном состоянии и под натяжением. Образцы ткани отбирали от партий, обработанных в виде жгута на красильно-промывной машине МКП и в расправку по непрерывной технологии на линии ЛПН с последующей подцветкой катионными красителями в присутствии ПАВ на сушильно-ширильной машине и промывкой после крашения на той же линии. Состав красильной ванны включает, г/л воды: краситель катионный 0,5; алкилсульфат натрия 2; уксусная кислота 5.

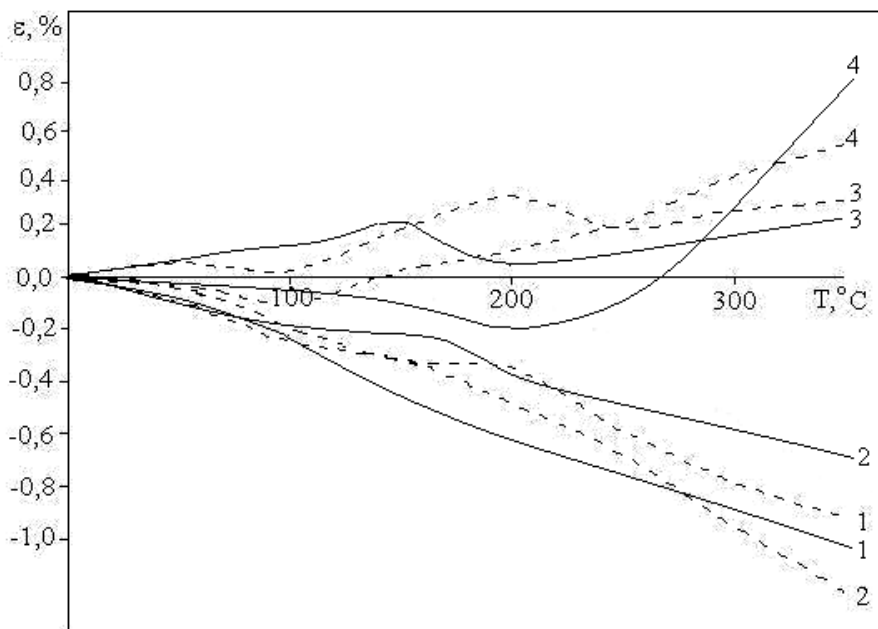


Рис. 1

Термомеханические кривые (ТМК) комплексных нитей основы (рис. 1, сплошная линия) и утка (рис. 1, пунктирная линия), представляющие собой зависимость деформации волокна от температуры при постоянной скорости нагрева  $10^{\circ}\text{C}/\text{мин}$  и минимальной нагрузке  $0,25\text{ Н}$ , снимали на релаксметре деформаций, сконструированном на кафедре сопротивления материалов Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Термомеханические характеристики при нагревании  $300\dots350^{\circ}\text{C}$  у исходных и обработанных волокон отличаются незначительно (от  $1,2\%$  усадки до  $0,8\%$  удлинения), что свидетельствует о сохранении кристаллической структуры полимера и о фиксации ингредиентов красильного раствора реакционными центрами полимера в аморфных зонах.

Для исходных (кривая 1) и промытых нитей (кривая 2) характерна усадка. Обработка нитей СВМ растворами ПАВ (кривая 3) и катионного красителя (кривая 4) изменяет характер ТМК: наблюдается самопроизвольное удлинение. Различия в поведении нитей на основе ПГА в присутствии замасливателей (кривая 1) и специально нанесенных ПАВ (кривая 3) можно объяснить разным содержанием вспомогательных веществ на волокне. Высокие концен-

трации алкилсульфата натрия в аморфных зонах полимера у менее извитых нитей утка определяют сильное межмолекулярное взаимодействие гидрофобных участков ПАВ, закрепившихся на гетероциклах соседних полимерных звеньев ионными связями [5]. Наблюдаемый максимум относительного удлинения нитей СВМ в области  $150\dots200^{\circ}\text{C}$  сопровождается десорбцией ПАВ и разрыв межмолекулярных "сшивок" по типу полимер-ПАВ-ПАВ-полимер. У окрашенных нитей СВМ наблюдается повышение показателей удлинения ( $0,5\dots0,8\%$ ) при  $350^{\circ}\text{C}$  как следствие частичного разрушения межмолекулярного взаимодействия и вытеснения анионов ПАВ с реакционно-способных атомов азота гетероциклов полимера.

Дополнительным доказательством образования межмолекулярных "сшивок" по типу полимер-ПАВ-ПАВ-полимер являются данные, полученные с применением ядерного магнитного резонанса (ЯМР) в воздушно-сухом состоянии на приборе, сконструированном на кафедре физики Марийского государственного технического университета (г. Йошкар-Ола). Значения амплитуды длинной компоненты  $A_d$  существенно увеличиваются с  $1,3\%$  для исходного образца до  $21,2$ ;  $18,5$  и  $22,0\%$  – для промытого, обработанного ПАВ и окра-

шенного образцов соответственно, что говорит о повышении сорбционной емкости по отношению к воде нитей СВМ, подвергнутых операциям отделки. При этом значительно уменьшается подвижность сорбированной воды: время спин-спиновой релаксации протонной намагниченности сорбированной воды  $T_{2d}$  для исходного образца составляет 107,9 мс; промытого – 42,5 мс; обработанного ПАВ – 38,6 мс; окрашенного – 35 мс. Это может

быть обусловлено увеличением количества доступных реакционно-способных групп полимера и, как следствие, возможности межмолекулярных взаимодействий.

Данные дифференциально-термического анализа (ДТА) исходных, очищенных от замасливателя и обработанных образцов (табл. 1) показывают на изменение гидрофильных свойств полимера в процессе отделки.

Т а б л и ц а 1

Образец	I стадия			II стадия (разложение)		
	$T_n, ^\circ\text{C}$	$T_k, ^\circ\text{C}$	$\Delta m, \%$	$T_n, ^\circ\text{C}$	$T_k, ^\circ\text{C}$	$\Delta m, \%$
Исходный	25	143	9,0	360	732	100
Промытый	22	141	12,0	392	680	100
Обработанный ПАВ	23	175	9,8	391	726	100
Окрашенный	22	193	11,5	427	663	100

Исходная комплексная нить в процессе термоокисления выделяет на первой стадии плавного прогрева в интервале 25...144 $^\circ\text{C}$  воду в количестве 9,0%. После обработки дистиллированной водой количество десорбированной влаги увеличилось до 12,0 % от начальной массы волокна, что связано с удалением замасливателя, представляющего собой смесь ПАВ анионного типа, блокирующих реакционные центры фиксации диполей воды. Обработка в растворе ПАВ приводит к снижению потери массы до 9,8 %, что ниже показателя для нитей, освобожденных от замасливателя. Наблюдаемое снижение гидрофильности может быть следствием блокирования линейными молекулами ПАВ участков полимера в аморфных зонах. Использование композиций катионного красителя обуславливает повышение сорбционных свойств: масса десорбированной воды составляет 11,5 %.

По мере нагревания последовательно протекают разрушение комплекса ПАВ–волокно и стадия десорбции красителя. Состав обрабатываемых водных растворов влияет на термостабильность обрабатываемых волокон. Обработка в дистиллированной воде приводит к снижению тем-

пературы 100 %-ного разложения с 732 до 680 $^\circ\text{C}$ , тогда как температура начала разложения не повышается. Обработка в водных растворах ПАВ вызывает снижение температуры полной деструкции до 726 $^\circ\text{C}$ , при этом температура начала разложения смещается в область высоких температур и составляет 391 $^\circ\text{C}$ , что также является косвенным подтверждением образования "сшивок" соседних цепей полимера, содержащих связанные молекулы ПАВ. При обработке композицией катионного красителя температура полной потери массы полимером снижается относительно исходного волокна и достигает 640 $^\circ\text{C}$ , что объясняется изменением межмолекулярных расстояний в полимере и соответственно снижением энергии взаимодействия.

На основе семейства кривых ползучесть – восстановление, снятых в широком диапазоне нагрузок и деформации, построены изохронные зависимости значений деформации, развивающейся за 60 с, для нитей СВМ ткани с учетом изменения плотности волокна [6]. Механические свойства нитей определяли на испытательной установке марки "Instron".

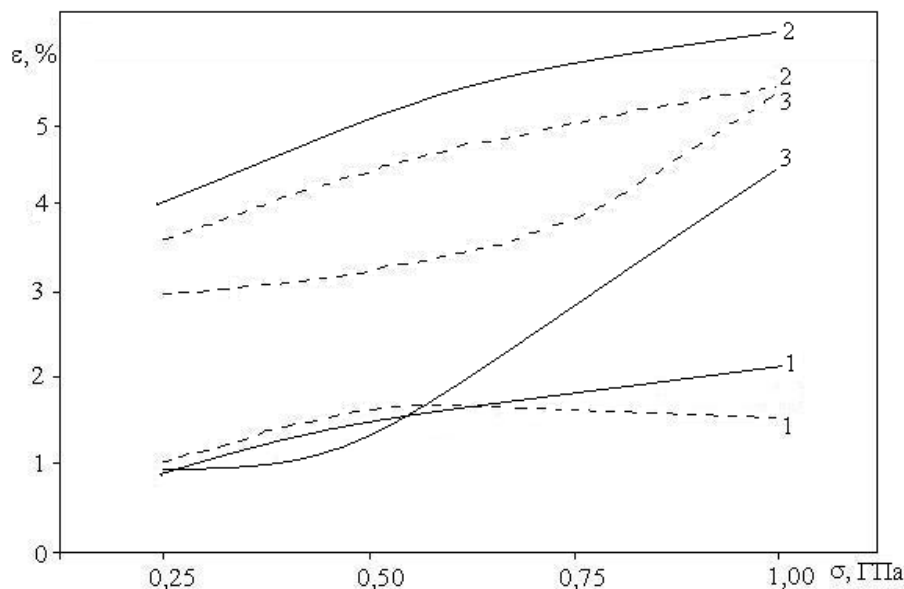


Рис. 2

Отличительной особенностью отклика на механические воздействия для текстильных нитей является нелинейный характер зависимости между деформацией и напряжением (рис. 2, где кривая 1 соответствует исходному образцу, кривая 2 – промытому, кривая 3 – окрашенному).

Как видно из диаграмм, для нитей основы и утка, обработанных в присутствии красителя и ПАВ, в области нагрузок до

0,60 ГПа характерны малые значения угла наклона, что свидетельствует об определенной жесткости надмолекулярной структуры полимера. С повышением растягивающего напряжения у нитей основы и утка ткани наблюдали повышение крутизны изохрон. По-видимому, наблюдаемый участок перегиба соответствует области разрыва межмолекулярных связей полимера с ионами красителя и ПАВ.

Т а б л и ц а 2

Показатель	Образцы ткани		
	исходной	промытой	окрашенной
Разрывная нагрузка, кН:			
– по основе	2,6	3,0	3,7
– по утку	3,5	3,6	4,4
Относительное удлинение, %:			
– по основе	8,3	16,7	19,7
– по утку	6,7	9,0	14,7

Полученные данные согласуются с результатами производственных испытаний промышленных партий ткани СВМ. Промышленная апробация режимов промывки ткани СВМ показала возможность 20...25%-ного повышения показателей по разрывной нагрузке (табл. 2).

## ВЫВОДЫ

Таким образом, сопоставление результатов исследования температурных и деформационных свойств арамидных нитей,

подвергнутых колористической отделке в водных растворах ТВВ, с данными ДТА и ЯМР свидетельствует об изменении надмолекулярной структуры волокна в процессе обработки и о возможности повышения физико-механических характеристик нитей СВМ, подвергнутых операциям отделки под натяжением.

Производственные испытания технологии промывки ткани из комплексных нитей СВМ на линии ЛПН с последующей подцветкой катионными красителями на сушильно-ширильной машине, промывкой

и сушкой показали, что разрывная нагрузка полоски ткани возрастает по основе на 40 %, по утку – на 25 %, а относительное удлинение при разрыве увеличивается в два раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров Е.А., Жиженков В.В. Влияние механической нагрузки на состояние пластификатора в твердых полимерах / В кн.: Структура и динамика молекулярных систем. – Ч. 1. – М.: Рос. фонд фундам. исслед., 1996. С. 76...79.

2. Михайловская А.П., Дянкова Т.Ю., Новоселов Н.П. Изменение физико-механических свойств волокон на основе термостойких полимеров в процессе отделки // Химическая технология. – 2000, №7. С.25...29.

3. Патент РФ 215873, МКИ D 06 P 1/08, 1/62. Композиция для крашения материалов на основе ароматических гетероциклических волокон

/ Дянкова Т.Ю., Михайловская А.П., Окуловская Н.В., Новоселов Н.П., Дашенко Н.В. (СПГУТД). – Оpubл. 2000. Бюл. № 31.

4. Патент РФ 2255160, МКИ D 06 P 3/04, 3/24. Способы крашения метапараарамидбензимидазольного волокна / Манюков Е.А., Садова С.Ф., Баева Н.Н. (МГТУ им. А.Н. Косыгина) –Оpubл. 2005. Бюл. № 18.

5. Михайловская А.П., Дянкова Т.Ю., Перепёлкин К.Е. Особенности подготовки параарамидных тканей к операциям отделки // Химические волокна. – 2002. № 1. С.53...56.

6. Михайловская А.П., Дашенко Н.В., Дянкова Т.Ю., Дмитриева И.Б. Исследование интенсифицирующего действия поверхностно-активных веществ при крашении арамидных волокон // Химические волокна. – 2001, №4. С.25...28.

Рекомендована кафедрой химической технологии и дизайна текстиля. Поступила 29.11.06.

УДК 677.027.115:[677.074:677.21]

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЧИСТЯЩИХ СРЕДСТВ НА УДАЛЕНИЕ БЕЛКОВЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ С ХЛОПЧАТОБУМАЖНЫХ ТКАНЕЙ

Е.Б. САНЖЕЕВА, Т.Е. БАЛАНОВА, В.В. САФОНОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Одной из наиболее важных и сложных операций, осуществляемых в процессе химической чистки одежды, является удаление пятен.

В последнее время большое распространение получили ферменты, применяемые в составах моющих и пятновыводных средств, способствующие удалению трудновыводимых пятен. Их использование способствует быстрому и полному удалению загрязнений, которые под действием других веществ удаляются трудно или не удаляются совсем [1].

Задача исследования заключалась в выявлении влияния компонентов чистящего средства и на основе этого в создании препарата для удаления белковых пятен.

При разработке такого препарата использовали метод микростирки искусственно загрязненных образцов белой хлопчатобумажной ткани. Загрязнение образ-

цов исследуемой ткани проводили по ГОСТу 4920–80.

Высушенные образцы подвергались старению для денатурации белков загрязнения, для чего их помещали в термостат с температурой 53°C на 144 ч.

Загрязненные образцы просматривались на лейкометре фирмы Карл Цейсс (Германия). В сосуд закладывали по 2 загрязненных образца для обработки испытуемым ферментным препаратом, заливали 100 мл указанного раствора и обрабатывали в аппарате для взбалтывания в течение 30 мин. Далее образцы промывали проточной и дистиллированной водой, высушивали на воздухе и просматривали на лейкометре. Для поддержания нужной температуры раствора обработку проводили в термосах. [2]

Важным свойством растворов в отрасли химической чистки является моющая способность, характеризующая степень уда-



ления загрязнения в % от исходного образца и определяемая по формуле:

$$M=(R_0-R_3)/(R_{И}-R_3)\cdot 100,$$

где  $R_0$ ,  $R_3$ ,  $R_{И}$  – процент отраженного света тканью, обработанной, загрязненной и исходной белой [1].

На первоначальном этапе эксперимента было изучено влияние природы фермента на моющую способность чистящего раствора. Рассматривались два протеолитических фермента Polrezime 6.0 T и Everlase 6.0 T фирмы Novozymes (Дания).

Для определения влияния концентрации (рис. 1) на моющую способность растворов Polrezime 6.0 T (кривая 1) и Everlase 6.0 T (кривая 2) проводили обработку образцов загрязненной ткани в течение 30 мин при рекомендуемой температуре 50°C.

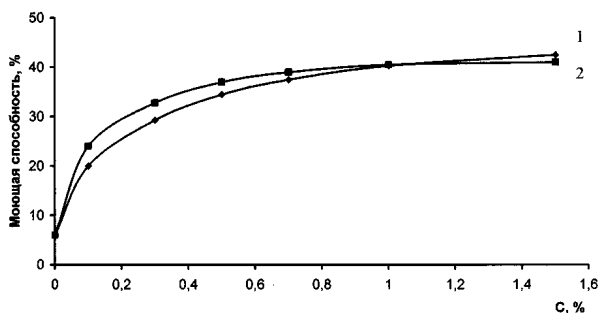


Рис. 1

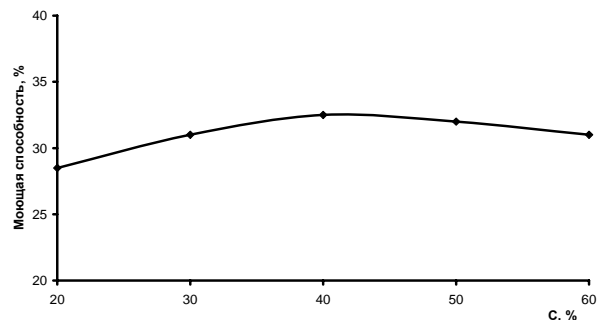
Полученные результаты, представленные на рис.1, свидетельствуют, что введение ферментов существенно повышает моющую способность состава и, следовательно, их применение целесообразно.

Кривая 1 показывает, что моющая способность раствора, содержащего Polrezime 6.0 T, с увеличением концентрации фермента с 0 до 0,5% существенно возрастает (от 6 до 34%), а при дальнейшем повышении концентрации моющий эффект существенно не меняется.

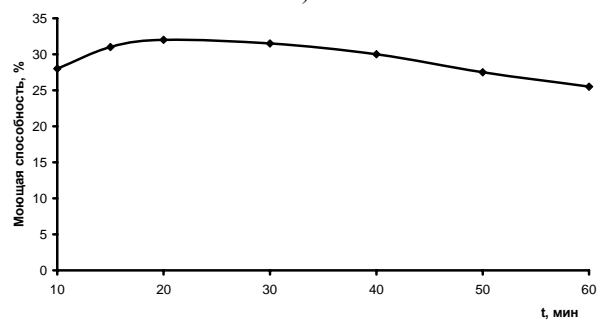
Приведенные данные кривой 2 показывают, что для фермента Everlase 6.0 T оптимальной является концентрация, находящаяся в пределах от 0,3 до 1,0%. При этом характер концентрационной зависимости такой же, как и в случае исследования фермента Polrezime 6.0 T, однако аб-

солютное значение моющей способности выше при использовании фермента Everlase 6.0 T. Оптимальная концентрация фермента составляет 0,5%.

Далее исследовали влияние температуры, продолжительности обработки, концентрации фермента, влияние ПАВ и восстановителя на моющую способность раствора.



а)



б)

Рис. 2

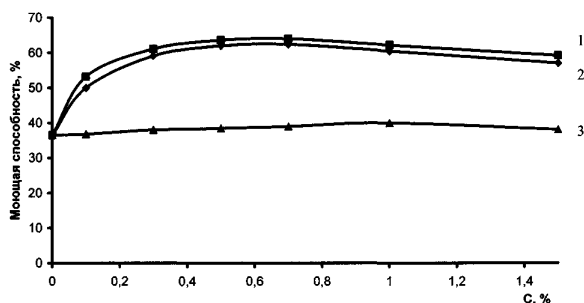
Для определения влияния температуры (рис. 2-а) на моющую способность раствора готовили 0,5 % раствор Everlase 6.0 T и проводили обработку образцов загрязненной ткани в течение 30 мин при температуре от 20 до 60°C (обработку проводили в термосах).

Как видно из приведенных на рис. 2-а данных, оптимальные температурные условия для действия фермента составляют при температуре 40...50°C, а при дальнейшем повышении температуры до 60°C моющая способность начинает падать, что связано с денатурацией белка фермента.

Для определения влияния продолжительности обработки загрязненной ткани образцы обрабатывались 0,5 %-ным раствором Everlase 6.0 T при температуре 40°C от 10 до 60 мин. На рис. 2-б пред-

ставлена зависимость моющей способности раствора от продолжительности обработки.

Установлено, что максимальный эффект достигается при 20-минутной обработке, а далее – с увеличением времени величина моющей способности постепенно падает.



- 1 – раствор, содержащий фермент Everlase 6.0 Т и ЕГ-1;
- 2 – раствор, содержащий фермент Everlase 6.0 Т и ЕГ-2;
- 3 – раствор, содержащий фермент Everlase 6.0 Т и ЕГ-3.

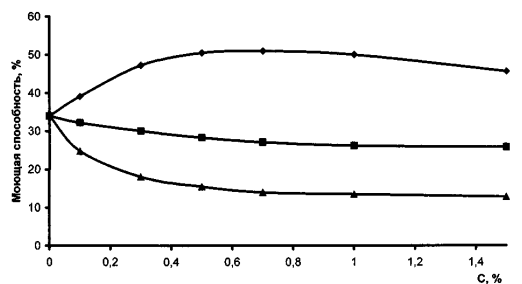
Рис. 3

В следующей серии опытов было изучено действие ПАВ и влияние на моющую способность раствора Everlase 6.0 Т (рис. 3). В качестве ПАВ исследовались анионоактивные (ЕГ-1), неионогенные (ЕГ-2): и катионоактивные (ЕГ-3) растворы.

Как видно из рис. 3, использование ПАВ позволяет увеличить показатель моющей способности раствора, следовательно, применение указанных выше ПАВ в составе чистящего средства целесообразно.

Полученные данные свидетельствуют о том, что наиболее эффективными являются добавки ЕГ-1 и ЕГ-2: максимальное значение моющей способности составляет 64,0 и 62,4% соответственно. При этом имеется экстремальная зависимость моющей способности от концентрации ПАВ; максимальное значение получено при добавлении в раствор 0,7% ЕГ-1 и ЕГ-2. Использование ЕГ-3 не позволяет получить высокие показатели моющей способности.

Нами также было исследовано влияние восстановителей как компонента чистящего средства, содержащего фермент (рис. 4).



- 1 – раствор, содержащий фермент Everlase 6.0 Т и восстановитель 1;
- 2 – раствор, содержащий фермент Everlase 6.0 Т и восстановитель 2;
- 3 – раствор, содержащий фермент Everlase 6.0 Т и восстановитель 3.

Рис. 4

Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование восстановителя 1 в композиции с ферментом в растворе позволяет улучшить показатель моющей способности чистящего средства, следовательно, его применение эффективно. Использование восстановителей 2 и восстановителя 3 показатель моющей способности снижает, поэтому применение вышеназванных восстановителей нецелесообразно.

Из рисунка видно, что введение восстановителя 1 способствует повышению моющей способности, в частности, улучшению десорбции загрязнения с поверхности волокна [3]. Данные свидетельствуют, что наиболее эффективной концентрацией восстановителя 1 является 0,7 %, моющая способность раствора составляет 51 %.

Таким образом, на данном этапе эксперимента было исследовано влияние концентрации, продолжительности времени обработки, вида ПАВ, восстановителей на моющую способность раствора и найдены оптимальные концентрации реагентов и оптимальные режимы обработки:  $T=40^{\circ}\text{C}$ ,  $t=20$  мин;  $C$  фермента Everlase 6.0 Т=5 г/л; СЕГ-1=7г/л; СЕГ-2=7 г/л;  $C$  восстановителя 1 =7 г/л.

## ВЫВОДЫ

1. Изучено влияние ферментов Polzyme 6.0 Т и Everlase 6.0 Т, ПАВ и восстановителей на моющую способность чистящего средства на удаление белковых загрязнений с хлопчатобумажных тканей.

2. Показано, что добавки ферментов, ПАВ и восстановителей способствуют существенному повышению моющей способности чистящего средства при удалении белковых загрязнений с хлопчатобумажных тканей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Федорова А.Ф. Технология химической чистки и крашения: Учебник для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1990.

2. ГОСТ 4920–80. Оценка качества ферментосодержащих препаратов для удаления белковых загрязнений. – М.; ЦНИИБыт, 1985.

3. Сафонов В.В. Электронные процессы в отделке тканей: Монография. – М.: Легпромбытиздат, 1995.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 20.02.07.

УДК 677.31.027

### **ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА КРАШЕНИЯ ШЕРСТИ ПРИРОДНЫМИ КРАСИТЕЛЯМИ НА РАСТВОРИМОСТЬ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА В МОЧЕВИНО-ГИДРОСУЛЬФИТНОМ И ЩЕЛОЧНОМ РАСТВОРАХ**

*Л.Г. КОВТУН, Е.Л. МАЛАНКИНА, Л.В. АРТАМОНЦЕВА, Н.И. ЛЮЛЬКО*

**(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)**

В последнее время все больший интерес в России и за рубежом проявляется к исследованиям в области использования природных красителей для крашения текстильных материалов, о чем свидетельствуют публикации [1...3]. Этот интерес обусловлен прежде всего экологичностью таких красителей, возобновляемостью источников сырья, гармоничностью цветов, высокой устойчивостью окраски. В большинстве своем они относятся к веществам растительного происхождения, и их можно получить из дешевого и доступного сырья или из отходов производства деревообрабатывающей, а также фармацевтической отраслей промышленности.

Природные красители закрепляются с помощью органических или неорганических протрав. Наиболее часто используют неорганические протравы, среди которых соли и окислы металлов.

Высокая устойчивость окраски к мокрым обработкам и к свету, получаемая при

крашении шерстяного волокна природными красителями, может служить свидетельством их фиксации на волокне посредством координационных связей. Однако необходимо отметить, что даже в отсутствии протрав устойчивость окраски, полученной на шерсти с помощью некоторых природных красителей, достаточно высокая.

В многочисленных публикациях последних лет имеются данные о влиянии условий крашения, среды, вида и концентрации протрав на цвет и устойчивость окраски, но отсутствуют данные о влиянии процесса крашения на само волокно, хотя в реакции принимают участие как краситель, так и функциональные группы волокна.

Шерсть обладает достаточно высокой реакционной способностью и не может не прореагировать на воздействие как солей металлов, так и других органических соединений, входящих в состав экстракта,

что и явилось предметом настоящего исследования.

В качестве источника природных красителей использовали траву зверобоя продырявленного и щавеля конского. Экстракты зверобоя и щавеля конского содержат смесь биологически-активных веществ, преимущественно флавонолов и производных антрахинона. Среди них флавоноидные соединения, такие как кверцетин -  $C_{15}H_{10}O_7$  -3,5,7,3',4' - пентаоксифлавонол, неподин, гиперозид; антраценпроизводные (такие, как эмодин  $C_{15}H_{10}O_5$ , хризофанол  $C_{15}H_{10}O_4$  и более сложные конденсированные антраценпроизводные, такие как гиперидин  $C_{30}H_{16}O_8$ , псевдогиперидин  $C_{32}H_{20}O_{10}$ , и их гликозиды рутин, кверцитрин; дубильные вещества, количество которых достигает 8...12% [4].

Наиболее простым методом оценки степени повреждения волокна или изменений его структуры (например, природы и количества поперечных связей) является определение его растворимости в 0,1 н. растворе гидроксида натрия и в мочевино-гидросульфитном растворе.

Обычно по растворимости шерсти в 0,1 н. растворе гидроксида натрия и мочевино-гидросульфитном растворе судят о степени повреждения шерсти, то есть чем больше нарушены внутримолекулярные и межмолекулярные поперечные связи, тем больше потеря массы при растворении.

В то же время уменьшение растворимости в щелочи и мочевино-гидросульфитном растворе может свидетельствовать об образовании более устойчивых связей или сшивок с би- или полифункциональными соединениями [5].

Для изучения влияния процесса крашения природными красителями на шерсть мы определяли растворимость шерсти неокрашенной, окрашенной экстрактами зверобоя и щавеля конского без обработки протравами, и образцов, окрашенных этими экстрактами с последующей обработкой растворами протрав: дихроматом калия, алюмокалиевыми квасцами и сульфатом меди в концентрации 2% от массы волокна. Крашение проводили при 98°C и модуле 50.

В табл. 1 приведены значения растворимости шерсти в 0,1 н. растворе гидроксида натрия при 65°C в течение 1 часа.

Т а б л и ц а 1

№ п/п	Вид обработки и протравы	Потеря массы, %	
		зверобой	конский щавель
1	Исходная	11,3	10,5
2	Окрашенная экстрактом без обработки протравами	10,1	9,86
3	Обработанная дихроматом калия	10,7	10,3
4	Окрашенная с последующей обработкой дихроматом калия	7,1	9,26
5	Окрашенная с последующей обработкой алюмокалиевыми квасцами	10,1	8,85
6	Окрашенная с последующей обработкой раствором сульфата меди	9,3	9,45

П р и м е ч а н и е. Коэффициент вариации для щелочной растворимости 3,3%.

Приведенные результаты показывают, что растворимость шерсти в гидроксиде натрия, окрашенной природными красителями, практически не изменяется. Можно говорить только о слабо выраженной тенденции к уменьшению растворимости при крашении экстрактом зверобоя в сочетании с дихроматом калия. В присутствии других солей никаких существенных изменений не наблюдалось.

Отсутствие видимых изменений щелочной растворимости может объясняться тем, что перед крашением шерстяная ткань подвергалась отварке в мыльно-содовом растворе и, по мнению ряда авторов [5], такая обработка может приводить к образованию более устойчивых лантиониновых и других связей.

Т а б л и ц а 2

№ п/п	Вид обработки и протравы	Потеря массы, %	
		зверобой	конский щавель
1	Исходная	22,7	22,1
2	Окрашенная экстрактом без обработки протравами	10,8	10,2
3	Обработанная дихроматом калия	23,4	22,3
4	Окрашенная с последующей обработкой дихроматом калия	6,6	8,9
5	Окрашенная с последующей обработкой алюмокалиевыми квасцами	10,1	9,9
6	Окрашенная с последующей обработкой раствором сульфата меди	9,8	9,8

П р и м е ч а н и е. Коэффициент вариации для растворимости в мочевино-гидросульфитном растворе 3,1.

Такого рода явление можно было ожидать и при определении растворимости в мочевино-гидросульфитном растворе. Однако приведенные в табл. 2 значения указывают на то, что растворимость шерсти, окрашенной экстрактами, уменьшается более чем в два раза даже в отсутствии протрав.

При использовании протрав растворимость снижается еще больше, особенно после обработки дихроматом калия, и потеря массы составляет всего 6,6%. В присутствии солей алюминия и меди растворимость оставалась на уровне растворимости шерсти окрашенной без протрав.

На основании полученных данных можно предположить, что в процессе крашения при температуре, близкой к кипению, после разрыва поперечных связей, например, дисульфидных, природные красители каким-то образом вступают во взаимодействие с волокном с образованием новых более устойчивых связей, выступая как бифункциональные соединения.

Неожиданным явился тот факт, что они снижают растворимость сами по себе, независимо от присутствия протравы. Если бы снижение растворимости имело место только после обработки протравами, можно было бы объяснить уменьшение растворимости образованием поперечных сшивок через атом металла. Исследования по изучению взаимодействия флавоноидных и антрахиноновых соединений с белками в литературных источниках нам не встречались.

Таким образом, оценить в полной мере изменения, происходящие в процессе крашения природными красителями в структуре шерсти, по изменению растворимости

не представляется возможным, так как все-таки этот метод является косвенным и требуются более глубокие исследования в этой области. Тем не менее, ясно, что шерсть, окрашенная природными красителями, более устойчива к различным воздействиям. Этим, видимо, и объясняется, что изделия, изготовленные в древности, дошли до наших времен.

## В Ы В О Д Ы

Показано, что растворимость шерсти, окрашенной природными красителями, в мочевино-гидросульфитном растворе уменьшается более чем в два раза, на основании чего высказано предположение, что в процессе крашения может происходить взаимодействие белкового волокна с биологически-активными веществами, используемыми в качестве красителей.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Кричевский Г.Е. Биотехнологии и ренессанс природных красителей // Текстильная химия. – 1998, № 2 (14). – Специальный выпуск РСХТК. С.51...57.
2. El-Zawahry M.M., Kamel M.M. Dying of wool cloth with fruit extract // Indian J/ Fibre and Text. Res. – 24, №2, 1999. P.126...130.
3. Saitoh Tomonobu. Растительные красители // Shikizai kyokaiishi // J. Jap. Sos. Color Mater. – 73, №2, 2000. P.89...94.
4. Турова А.Д. Лекарственные растения СССР и их применение. – М.: Медицина, 1976.
5. Новорядовская Т.С., Садова С.Ф. Химия и химическая технология шерсти. – М.: Легпромбыт-издат, 1986.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 20.02.07.

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕСС ПЕРОКСИДНОГО БЕЛЕНИЯ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА

А.В. ШИБАШОВ, С.Ю. ШИБАШОВА

(Ивановский государственный химико-технологический университет)

В настоящее время один из возможных путей решения ресурсо- и энергосбережения представляют работы, направленные на создание современных технологий с использованием физических методов интенсификации процессов подготовки, белиения и колорирования текстильных материалов. Огромный интерес в этой области вызывает использование ультразвуковых колебаний, которые ускоряют тепломассообменные процессы, оказывают активирующее воздействие, инициируют и ускоряют протекание химических реакций.

Работа посвящена изучению кинетики разложения пероксидных растворов при различных рН в условиях обработки ультразвуком и влияния ее на технические результаты белиения текстильного материала.

Для оценки устойчивости пероксида водорода при различных рН раствора в условиях обработки ультразвуком были приготовлены пероксидные растворы с рН = 1, 3, 9, 12. Необходимые значения рН создавались гидроксидом натрия и уксусной кислотой в дистиллированной воде. Начальная температура пероксидного раствора составляла 20°C. В процессе обработки в течение 20 мин температура раствора достигает 50°C, что происходит вследствие поглощения раствором акустической энергии, которая частично трансформируется в тепловую [1].

На рис. 1 приведена кинетика разложения пероксида водорода в растворах с рН=1, 3, 9, 12 (кривые 1, 2, 3, 4 – соответственно). Из представленных данных видно, что при обработке ультразвуком скорость разложения пероксида водорода возрастает независимо от значения рН. Однако наименьшее значение степень разложения пероксида водорода при обработке ультразвуком имеет при рН=1, а наибольшее – при рН=12.

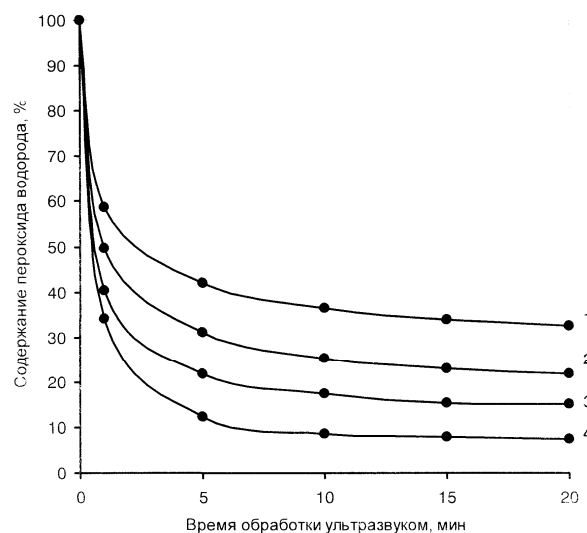


Рис. 1

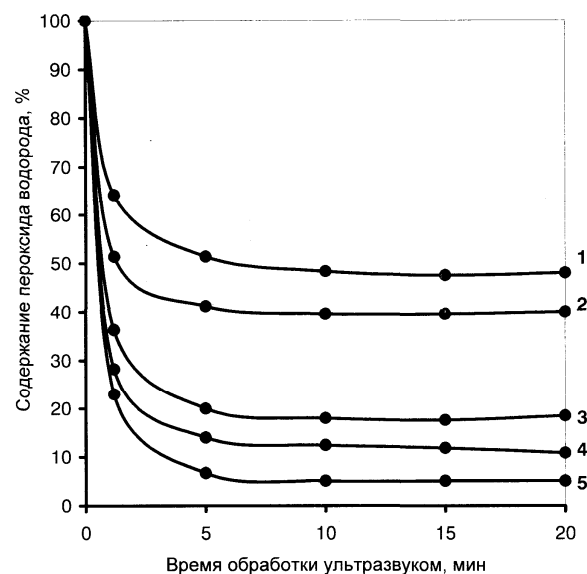


Рис. 2

На рис. 2 представлены данные по изменению степени разложения пероксида водорода при рН=1, 3, 7, 9, 12 (кривые 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 – соответственно) в присутствии сурового хлопкового волокна. Оценка результатов показывает, что природный полимер на характер разложения пероксида водорода в процессе белиения при обра-

ботке ультразвуком не влияет. Наибольшая степень разложения пероксида водорода в присутствии хлопкового волокна наблюдается в щелочной среде рН=12 (кривая 5). За 1 мин обработки ультразвуком содержание пероксида водорода снижается до 18...20 %, а за 20 мин достигает 5...15 %. Такое снижение содержания пероксида водорода в растворе связано с высокой активацией его как гидроксидом натрия, так и ультразвуком.

Степень разложения пероксида водорода в слабокислой среде (рН=3) при обработке ультразвуком по своим значениям приближается к степени разложения в слабощелочной среде (рН=9). Увеличение кислотности до рН=1 приводит к уменьшению степени разложения пероксида водорода, что, по-видимому, можно объяснить стабилизирующим влиянием кислоты.

В нейтральной среде (рН=7) содержание пероксида водорода в растворе при обработке ультразвуком сохраняется на высоком уровне. Снижение содержания

пероксида водорода в растворе происходит плавно, за счет активации пероксида водорода ультразвуком и в конце обработки составляет 40 %.

Для сопоставления данных о влиянии ультразвука на кинетику разложения пероксидных растворов при различных рН и качество отбеленной хлопчатобумажной ткани исследовано влияние ультразвукового поля на технические результаты белины ткани. Белиние хлопчатобумажной ткани проводили пероксидными растворами при рН=1,3,7,9,12 в течение 60 мин при обработке ультразвуковым полем частотой 50 кГц. Технические результаты белины хлопчатобумажной ткани оценивали по трем критериям: степень белизны, капиллярность и удельная вязкость медноаммиачных растворов целлюлозы.

В табл. 1 представлены результаты белины хлопчатобумажной ткани пероксидными растворами при рН= 1,3,7,9,12 в условиях обработки ультразвуковым полем.

Т а б л и ц а 1

рН	Белизна, %	Капиллярность, мм	Удельная вязкость, у.е.
1	78,4	100	1,59
3	79,7	105	1,64
7	81,5	110	1,72
9	80,1	112	1,65
12	78,9	116	1,61

Полученные технические результаты белины хлопчатобумажной ткани показывают, что наилучшие результаты по белизне и капиллярности получены при белинии с использованием ультразвукового поля в нейтральной или слабощелочной среде. При этом сохранность целлюлозы остается на достаточно высоком уровне.

## ВЫВОДЫ

Для получения высоких качественных показателей при одностадийном пероксидном белинии хлопчатобумажных тканей эффективно использование ультразвуково-

вого поля. При обработке нейтрального или слабощелочного пероксидного раствора ультразвуковым полем белизна хлопчатобумажной ткани составляет 80...82 %, капиллярность – 110...112 мм при высокой сохранности целлюлозы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Эльпинер И.Е.* Ультразвук. Физико-химическое и биологическое действие. – М., ГИФМЛ, 1963.

Рекомендована кафедрой химической технологии волокнистых материалов. Поступила 03.04.07.

## РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕНСИВНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЛЬНЯНОЙ РОВНИЦЫ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ХЛОРСОДЕРЖАЩИХ ОКИСЛИТЕЛЕЙ

*Е.А. ПЕСТОВСКАЯ, А.Н. ИВАНОВ*

(Костромской государственный технологический университет,  
Научно-внедренческий центр "Блеск" (г. Кострома))

В последние десятилетия прошлого столетия произошло значительное огрубление льняного волокна, выращиваемого в различных регионах Российской Федерации, Республики Беларусь и Украины. Степень одревеснения срединных пластинок технических комплексов в трепанных льняных волокнах достигла уровня 40...50%, что привело к резкому снижению их прядильной способности.

Существенное повышение эффективности технологического процесса мокрого прядения льна было достигнуто в нашей стране в начале 80-х гг. XX-го века разработкой и освоением в производстве интенсивной технологии химической обработки льняной ровницы с применением хлорита натрия [1]. Это позволило значительно усилить интенсивность дробления технических комплексов льняных волокон в процессе мокрого прядения и повысить качество пряжи.

Однако выход на мировой рынок изделий из льна в 90-е гг., связанный с преодолением кризисного состояния льняной промышленности России, потребовал от наших производителей отказаться от использования хлорита натрия при химической обработке льняной ровницы, как опасного химического реагента, обладающего высокой токсичностью и взрывоопасностью. В связи с этим перед отечественной льняной промышленностью остро встал вопрос замены хлорита натрия при интенсивной химической обработке льняной ровницы на более безопасные и доступные химикаты отечественного производства.

Решение этой проблемы является сложной научно-технической задачей. Согласно принятой в настоящее время модели клеточной стенки и межклеточного ве-

щества элементарных волокон льна [2] они представляют собой сложный комплекс высокомолекулярных соединений: целлюлозы, гемицеллюлоз, пектиновых веществ, белков и лигнина, связанных химически в отдельных точках и посредством водородных связей, образующих трехмерную структуру твердого раствора. Наибольшей химической устойчивостью в этой системе обладает лигнин – ароматический, сетчатый, нерегулярный полимер, построенный из фенилпропановых структурных единиц, не растворимый в воде и водных растворах кислот и щелочей.

С учетом всех этих обстоятельств промышленные процессы делигнификации льняных волокон должны осуществляться таким образом, чтобы обеспечить разрыв лигноуглеводных связей, разрушить трехмерную сетку твердого раствора и необходимым образом модифицировать лигнин для придания ему гидрофильных свойств. При этом целлюлоза и гемицеллюлозы, оказывающие важное положительное влияние на прядильную способность льняных волокон, должны предохраняться от деструкции.

Известным способом делигнификации и отбелки растительных целлюлозных материалов является обработка хлором в водной среде [3]. Лигнин легко взаимодействует с хлором и далее растворяется в щелочах. Недостатком хлорирования растительных материалов в воде является повышенная деструкция целлюлозы и гемицеллюлоз.

С целью снижения окислительной деструкции при делигнификации льняных волокон в ЦНИИЛВе было исследовано действие различных хлорсодержащих окислителей – хлорита натрия ( $\text{NaClO}_2$ ),



гипохлорита (NaOCl), хлорамина, двуокси хлора, хлормочевины [4]. Наилучшие результаты дало применение хлорита натрия.

Делигнификация растительных материалов под действием хлорсодержащих окислителей проходит эффективно только в кислой среде. В щелочной среде проявляется, главным образом, эффект отбеливания, а не делигнификации. Специфическое действие хлорита натрия в кислой среде (рН=2,5-3,0) обусловлено тем, что он является мягким окислителем и имеет низкий окислительный потенциал (<800 мВ). В этих условиях целлюлоза и гемицеллюлозы практически не подвергаются окислительной деструкции, а лигнин эффективно разрушается и легко растворяется при последующей щелочной варке.

Для достижения высокой белизны целлюлозных волокон при щелочной варке добавляется окислитель – пероксид водо-

рода. Наряду с лигнином при щелочной варке после хлоритного беления эффективно удаляются нецеллюлозные компоненты клеящего комплекса срединных пластинок льняных волокон – пектиновые вещества и белки.

Таким образом, процесс химического облагораживания льняных волокон с целью подготовки их к мокрому прядению происходит при действии хлорита натрия в кислой среде и последующей щелочной варке наиболее оптимальным образом: нецеллюлозные компоненты, образующие поперечные химические связи в срединных пластинках – лигнин, пектины и белки – эффективно разрушаются, а целлюлоза и гемицеллюлозы не подвергаются деструкции.

Изменение показателей физико-химических свойств льняных волокон после химической обработки ровницы приведено в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Показатели	Исходная суровая ровница	Обработанная ровница	
		хлоритное беление и щелочная варка	сульфитно-щелочная варка
Целлюлоза, %	75,0	84,1	84,0
Гемицеллюлозы, %	8,7	7,5	7,4
Пектины, %	1,10	0,11	0,10
Лигнин, %	3,55	1,98	1,90
Белки, %	1,5	0,30	0,25
Степень одревеснения срединных пластинок, %	30	14...15	14...15
Удельная вязкость 0,1%-ного медно-аммиачного раствора	3,01	2,51	2,91

При действии других окислителей в кислой среде наблюдается повышенная деструкция целлюлозы и гемицеллюлоз, поэтому они не могут быть использованы для замены хлорита натрия при интенсивной химической обработке ровницы перед прядением.

Альтернативным направлением эффективной делигнификации льняных волокон с сохранением их высокого природного качества является, на наш взгляд, применение восстановителей в щелочной среде. Наиболее подходящим химическим реагентом для этих целей является сульфит натрия (Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>).

Сульфитная варка в кислой и нейтральной среде широко используется для делигнификации древесины в производстве бумаги [5]. Химические закономерности сульфитной делигнификации хорошо изучены [3]. Основной реакцией здесь является сульфитирование лигнина – введение сульфогрупп –SO<sub>3</sub>H в боковую цепь фенолпропановых структурных единиц С<sub>6</sub>С<sub>3</sub>– под действием нуклеофильных реагентов SO<sub>3</sub>H<sup>-</sup> и SO<sub>2</sub><sup>2-</sup>.

Введение сульфогруппы придает лигнину гидрофильные свойства. Сульфит-ион SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> в щелочной среде обладает наибольшей способностью реагировать с ак-

тивными группами лигнина и вводить сульфогруппы. Однако сульфитная варка древесины проводится в кислой или нейтральной среде в жестких условиях при температуре 120...140°C. Это обусловлено тем, что растворение лигносульфокислот сдерживается разрывом связей лигнина с углеводами и эфирных связей внутри сетки лигнина. Эти связи значительно легче разрушаются в кислой среде, но при этом гидролизу подвергаются целлюлоза и гемицеллюлозы.

Содержание лигнина в древесине достигает 40%. Лигнин представляет собой часто сшитую сетку, соединенную большим количеством связей с гемицеллюлозами, разрыв которых лимитирует процесс растворения лигнина при сульфитной варке.

В льняных волокнах содержание лигнина не превышает 5...6%, он характеризуется меньшей плотностью сшивки и большей реакционной способностью при действии сульфита натрия в щелочной среде.

Нами были изучены закономерности процесса делигнификации стланцевых льняных волокон при сульфитной варке в щелочной среде. При этом был обнаружен эффект значительного увеличения растворимости лигнина при введении в варочный раствор наряду со щелочными агентами – кальцинированной содой и щелочью – сульфита натрия в соотношении г/л:



Установлено, что указанный эффект наблюдается только в узком интервале температур варки 93...94°C. При повышении температуры > 95°C степень удаления лигнина из срединных пластинок технических комплексов волокон в процессе сульфитно-щелочной варки резко уменьшается. Это объясняется тем, что растворение лигнина в щелочной среде при повышенных температурах сопровождается конденсацией лигнина, приводящей к увеличению плотности сшивки макромолекул и снижению реакционной способности лигнина при сульфитной варке.

Эффект растворения лигнина наблюдается только в указанном узком интервале соотношения компонентов и температур варки. Обнаружение данного эффекта оказалось возможным только с применением нами точного количественного контроля степени одревеснения срединных пластинок технических комплексов волокон фотометрическим методом с помощью реакции Мейле [6].

Сульфитно-щелочная варка стланцевой льняной ровницы в течение 60 мин при температуре 94°C позволяет понизить степень одревеснения льняных волокон с 30 до 15%. При этом гемицеллюлозы и целлюлоза практически полностью предохраняются от деструкции (табл. 1). Следует отметить, что при увеличении степени одревеснения льняных волокон выше 30% делигнификация в процессе сульфитно-щелочной варки значительно затрудняется.

Варка грубых льняных волокон в течение 120 мин при 94°C позволяет снизить степень одревеснения с 40 до 25...30%, что недостаточно для обеспечения нормального дробления технических комплексов волокон в процессе прядения.

Для увеличения растворимости лигнина в процессе сульфитно-щелочной варки грубых льняных волокон необходимо предварительно разрушить связи лигноуглеводного комплекса и эфирные связи внутри самого лигнина. Проведение предварительной окислительной варки льняной ровницы пероксидом водорода в щелочной среде при температуре 98...99°C в течение 60 мин позволяет достигать требуемого уровня делигнификации в последующей сульфитно-щелочной варке для льняных волокон с высокой степенью одревеснения. Совместное последовательное проведение окислительной и сульфитно-перекисной варок позволяет снизить интенсивность режимов обеих стадий и в наиболее полной степени сохранить высокое природное качество льняных волокон.

Таким образом, при перекисно-сульфитной обработке льняной ровницы наблюдается аналогичный характер химического облагораживания льняных волокон, как и при хлоритно-перекисном спо-

собе. В результате сульфитно-щелочная варка может успешно заменить хлоритное беление в кислой среде и стать основной операцией по эффективной делигнификации льняных волокон с сохранением их высокого природного качества.

Высокая эффективность предлагаемого перекисно-сульфитного способа обработки ровницы была доказана в производственных условиях льнокомбината им. И.Д. Зворыкина (г. Кострома). Для сравнения льняная ровница линейной плотностью 714 текс (средний номер смеси стланце-

вых волокон – 16, степень одревеснения – 40%) была обработана по перекисно-сульфитному способу и известному способу хлоритно-перекисного беления.

Прядение обработанной ровницы осуществлялось на прядильной машине ПМ-88-Л5. Была выработана чистольняная пряжа линейной плотностью 46 текс (№21.7). Показатели качества отбеленной ровницы, пряжи и уровня обрывности в прядении приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование показателей	Хлоритно-перекисный способ	Перекисно-сульфитный способ
Отбеленная ровница		
Степень одревеснения срединных пластинок, %	14	15
Содержание гемицеллюлоз, %	7,8	8,0
Удельная вязкость 0,1%-ного медно-аммиачного раствора	1,97	2,21
Степень белизны, %	67,0	61,0
Потеря массы, %	15,4	16,2
Пряжа		
Линейная плотность пряжи, текс	46,0	46,1
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	22,1	23,2
Коэффициент вариации по линейной плотности, %	3,1	2,9
Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %	16,8	17,1
Удлинение, %	1,50	1,67
Сорт пряжи	СЛ I сорт	СЛ I сорт
Неровнота с КЛА-2:		
параметр неровноты пряжи $C_v^2 [12-400]$		
параметры структуры волокон в пряже:		
средняя линейная плотность $\bar{T}$ , мтекс	870	861
средняя длина, мм	2800	2800
коэффициент вариации по длине $C_l$ , %	20,0	19,0
Уровень обрывности на 100 веретен/ч	40,0	40,0
	20,0	20,0

Как следует из табл. 2, перекисно-сульфитный способ химической обработки грубой ровницы обеспечивает практически одинаковый уровень обрывности и качество пряжи, как и при использовании хлоритно-перекисного способа обработки. Полученная пряжа относится к группе СЛ I сорта и имеет оптимальные параметры прочности и структурной неровноты.

Технологический режим перекисно-сульфитного способа обработки чистольняной ровницы был успешно освоен в прядильном производстве льнокомбината им. И.Д. Зворыкина, позволил полностью отказаться от использования хлорита натрия,

вырабатывать высококачественную льняную пряжу линейной плотности 56...33 текс и на ее основе разработать новый конкурентоспособный на мировом рынке ассортимент чистольняных тканей. В настоящее время разработанный нами перекисно-сульфитный способ обработки льняной ровницы используется на всех действующих прядильных производствах страны.

## ВЫВОДЫ

1. В результате проведенного анализа различных способов делигнификации рас-

тительных целлюлозных материалов предложено для эффективного удаления лигнина из льняной ровницы перед прядением использовать сульфитную варку в щелочной среде вместо экологически опасного беления хлорсодержащими окислителями в кислой среде.

2. Экспериментально найдена узкая оптимальная область концентраций реагентов сульфитной варки ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ) и температуры, в которой удаление лигнина и химическое облагораживание льняной ровницы протекает аналогично хлоритному белению в кислой среде.

3. Предварительная мягкая окислительная варка в присутствии пероксида водорода в щелочной среде значительно усиливает эффект делигнификации льняных волокон в процессе сульфитно-щелочной варки, что позволяет достигать требуемого уровня подготовки к прядению грубой льняной ровницы с высокой степенью одревеснения (40...50%).

4. Разработан и освоен в производстве высокоэффективный экологически безопасный перекисно-сульфитный способ химической обработки льняной ровницы, позволяющий сохранить уникальное природ-

ное качество льняных волокон и значительно повысить их прядильную способность.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Технология переработки льна с применением интенсивной химической обработки ровницы и прядильных машин ПМ-88-Л5. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1982.

2. *Иванов А.Н.* Физико-химические основы технологии приготовления льнотресты: Дис...докт. техн. наук. – Кострома, 1989.

3. *Шорыгина Н.Н., Резников В.М., Елкин В.В.* Реакционная способность лигнина. – М.: Наука, 1976.

4. *Коновалова Л.Д., Никитков В.А., Кантер М.Я., Королева Н.Д.* Разработка и внедрение технологии прядения ровницы из чесаного льна на новых машинах ПМ-88-Л5 и ее интенсивное беление// Сб. научн. тр. ЦНИИЛВ. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1980. С.3...7.

5. *Сеньер Н., Чидейстер Г.Х.* Химия древесины. – М.: Лесная промышленность, 1967.

6. *Иванов А.Н., Иванова Т.В., Лазарева Н.П.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1988, №1. С.16...19.

Рекомендована кафедрой прядения и химических волокон КГТУ. Поступила 14.05.07.

УДК 677.08:53

**ПОТЕНЦИАЛ ОБЪЕМНО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МАСС  
ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ  
ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ИЗ НИХ  
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВОЛОКОН**

*В.Д. ФРОЛОВ, А.П. БАШКОВ, И.В. ФРОЛОВА*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

Связь между волокнами в текстильной структуре – пряже или ткани – определяется их сцепляемостью, то есть поверхностными силами трения, упругостью и извитостью. Эти свойства волокон являются определяющими при обеспечении качественного разволокнения текстильных структур.

Более точно состояние изотропной волокнистой массы в поле векторов действующих на нее сил можно описать, применяя теорию потенциалов, в частности, используя более тонкие их свойства в виде непрерывности потенциала объемно-распределенных масс и его частных производных первого порядка.

Используя известную формулу Остроградского, запишем ее для векторного поля  $u(P) \text{ grad}_p v$  [1]:

$$\iiint_{(V)} \text{div}_p (u \text{ grad}_p v) dV_p = \iint_S (u(P) \text{ grad}_p V_n) dS_p,$$

где  $(V)$  – некоторая конечная область пространства, ограниченная гладкой поверхностью  $(S)$  или несколькими поверхностями, а  $n$  – единичный вектор внешней нормали к  $(S)$ ;  $u$  и  $v$  – две произвольные функции.

Так как

$$(u(P) \text{ grad}_p V_n) = u(P) \left( \frac{\partial v}{\partial n} \right)_p,$$

$$\text{div}_p (u \text{ grad}_p v) = (\text{grad}_p u, \text{grad}_p v) + u(P) \Delta_p v.$$

Отсюда

$$\iiint_{(V)} (\text{grad}_p u, \text{grad}_p v) dV_p + \iiint_{(V)} u(P) \Delta_p v dV_p = \iint_S u(P) \left( \frac{\partial v}{\partial n} \right)_p dS_p. \quad (1)$$

После преобразования формулы (1) имеем

$$\iiint_{(V)} \{u(P) \Delta_p v - v(P) \Delta_p u\} dV_p = \iint_S \left\{ u(P) \left( \frac{\partial v}{\partial n} \right)_p - v(P) \left( \frac{\partial u}{\partial n} \right)_p \right\} dS_p. \quad (2)$$

Если граница области  $(S)$  состоит из нескольких замкнутых поверхностей, то каждая из них даст в правой части выражения

(2) слагаемое того же вида, что и  $(S)$ .

Возьмем любую точку  $A$ , лежащую внутри  $(V)$ , и опишем вокруг нее сферу

( $S_\delta$ ) малого радиуса  $\delta$ , чтобы она помещалась внутри области ( $V$ ), и обозначим через ( $W_\delta$ ) часть области ( $V$ ), состоящую из точек, лежащих вне ( $S_\delta$ ).

Применим формулу (2) к области ( $W_\delta$ ) и функции  $v(A, P) = \frac{1}{r_{AP}}$  при произволь-

$$\Delta v = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r_{AP}} \left( r^2 \frac{\partial v}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \vartheta} \frac{\partial}{\partial \vartheta} \left( \sin \vartheta \frac{\partial v}{\partial \vartheta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \vartheta} \frac{\partial^2 v}{\partial \varphi^2}. \quad (3)$$

Далее по формуле (3), выраженной через сферические координаты  $r_{AP}$ ,  $\vartheta$ ,  $\varphi$  с

$$\Delta_p v = \frac{1}{r_{AP}^2} \frac{\partial}{\partial r_{AP}} \left( r_{AP}^2 \frac{\partial v}{\partial r_{AP}} \right) + \frac{1}{r_{AP}^2 \sin \vartheta} \frac{\partial}{\partial \vartheta} \left( \sin \vartheta \frac{\partial v}{\partial \vartheta} \right) + \frac{1}{r_{AP}^2 \sin^2 \vartheta} \frac{\partial^2 v}{\partial \varphi^2}. \quad (4)$$

В связи с тем, что  $v$  зависит только от  $r_{AP}$ , то

$$\Delta_p v = \Delta_p \left( \frac{1}{r_{AP}} \right) = \frac{1}{r_{AP}^2} \frac{\partial}{\partial r_{AP}} \left( r_{AP}^2 \frac{\partial}{\partial r_{AP}} \left( \frac{1}{r_{AP}} \right) \right) = 0. \quad (5)$$

Выделим из равенства (5) функцию  $\frac{c}{r_{AP}}$ , где  $c$  – постоянная величина. Эта функция переменных  $A$  и  $P$  является решением уравнения Лапласа  $\Delta_p u = 0$ .

$$\text{Очевидно, что } \Delta_A \left( \frac{1}{r_{AP}} \right) = \Delta_P \left( \frac{1}{r_{AP}} \right) = 0.$$

Физически функция  $\frac{c}{r_{AP}}$  представляет

собой ньютонов потенциал материальной точки с массой  $C$ .

Если ( $V$ ) – некоторая конечная область пространства, ограниченная кусочно-гладкой замкнутой поверхностью ( $S$ ), а в области ( $V$ ) задана функция  $\rho(P)$ , которая предполагается непрерывной и ограниченной пределами ( $V$ ), тогда пространственный интеграл

$$u(A) = \iiint_V \frac{\rho(P)}{r_{AP}} dV_P \quad (6)$$

ной функции  $u$ .

Найдем оператор Лапласа в сферических координатах  $r$ ,  $\vartheta$ ,  $\varphi$ ; при этом  $L = 1$ ,  $L_\vartheta = r$ ,  $L_\varphi = r \sin \vartheta$

Тогда

началом в точке  $A$ , получаем

является результатом непрерывного наложения, когда принцип наложения остается справедливым, и в том случае, если частных решений  $u_k$  имеется бесконечно много, а функция  $u$  представляется как ряд по  $u_k$ :

$$u = \sum_{k=1}^{\infty} c_k u_k. \quad (7)$$

Или даже когда частные решения  $u_x$  зависят от непрерывно изменяющегося параметра  $x$ , а  $u$  представляется как интеграл по этому параметру:

$$u = \int c_x u_x dx, \quad (8)$$

где  $c_x$  – произвольная функция от  $x$ .

Однако в этих случаях функция  $u$  и будет решением однородного линейного уравнения

$$L[u] = 0, \quad (9)$$

только, если ряд (7) или интеграл (8) сходятся.

Решение  $\frac{1}{r_{AP}}$  уравнения Лапласа, зависящего от параметров  $\zeta, \eta, \xi, \rho(P)$ , играет роль коэффициентов, зависящих от тех же непрерывно изменяющихся параметров  $\zeta, \eta, \xi$ .

В случае кусочно-непрерывной плотности  $\rho(P)$  объем (V) распадается на конечное число объемов, внутри каждого из которых величина  $\rho(P)$  непрерывна и ограничена. В этом случае соответствующий потенциал представляется в виде конечной суммы потенциалов типа (6).

Если (S) конечная гладкая поверхность, на которой задана непрерывная ограниченная функция  $\rho(P)$ , тогда интеграл (6) является результатом непрерывного наложения решения  $\frac{1}{r_{AP}}$  уравнения Лапласа.

Вследствие этого функция  $\rho(P)$  зада-

$$\begin{cases} \text{grad}_A u = \iint_{(S)} \rho(P) \Delta_A \left( \frac{1}{r_{AP}} \right) dS_p = - \iint_{(S)} \rho(P) \Delta_A \left( \frac{r_{AP}}{r_{AP}^3} \right) dS_p, \\ \Delta_A u = \iint_{(S)} \rho(P) \Delta_A \left( \frac{1}{r_{AP}} \right) dS_p, \end{cases} \quad (11)$$

то есть потенциал простого слоя удовлетворяет уравнению Лапласа во всех точках пространства, не лежащих на несущей поверхности слоя.

Исследуем поведение потенциала простого слоя на бесконечности так же, как и в случае объемно-распределенных масс:

$$r^2 |\text{grad}_A u| < \left( \frac{r}{r - r_0} \right)^2 \iint_{(S)} |\rho(P)| dS_p < 4 \iint_{(S)} |\rho(P)| dS_p,$$

где  $r_0$  – радиус сферы с центром в начале координат, содержащей всю несущую поверхность внутри себя, и в то же время  $r > 2 r_0$ .

на выражением

$$u(A) = \iint_{(S)} \frac{\rho(P)}{r_{AP}} dS_p, \quad (10)$$

и является ньютоновым потенциалом масс, распределенных на (S) с поверхностной плотностью  $\rho$ .

Потенциал  $u(A)$  называется потенциалом простого слоя, а поверхность (S) – несущей поверхностью слоя. Потенциал простого слоя с кусочно-гладкой несущей поверхностью и кусочно-непрерывной плотностью представим в виде суммы конечного числа потенциалов с гладкими несущими поверхностями и непрерывными плотностями. Если несущая поверхность незамкнута, то мы вправе предположить, что она ограничена кусочно-гладкой кривой.

В точках A, не лежащих на (S), потенциал (10) является, очевидно, непрерывной функцией от A, любое число раз дифференцируемой по x, y, z под знаком интеграла.

В частности:

$$\lim_{r \rightarrow \infty} ru(A) = \iint_{(S)} \rho(P) dS_p = M, \quad (12)$$

то есть по всей массе, распределенной по (S), соблюдается неравенство

Таким образом, на бесконечности потенциал простого слоя ведет себя как потенциал материальной точки, расположенной в начале координат, причем сосредото-

точная там масса равна всей массе, распределенной по (S).

Для частных производных первого порядка потенциала простого слоя имеют место (как и для потенциала объемно-распределенных масс) следующие неравенства:

$$\left| \frac{\partial u}{\partial x} \right| < \frac{C}{r^2}, \quad \left| \frac{\partial u}{\partial y} \right| < \frac{C}{r^2}, \quad \left| \frac{\partial u}{\partial z} \right| < \frac{C}{r^2}, \quad (13)$$

где C – некоторая постоянная.

Если несущая поверхность является поверхностью ограниченной кривизны, то она соответствует поверхности Ляпунова и потенциал существует в точках самого слоя, то есть сходится интеграл (10), когда точка A лежит на (S) и является непрерывной функцией во всем пространстве.

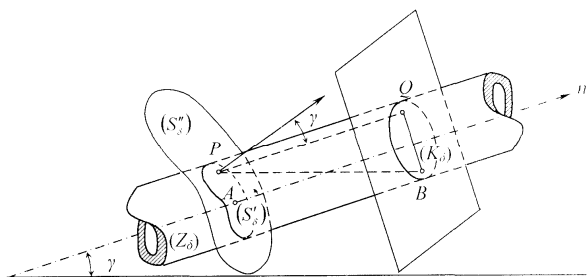


Рис. 1

Пусть точка A лежит на несущей поверхности или на ее границе (рис. 1). Проведем в A нормаль к (S) и опишем вокруг этой нормали, как оси, круговой цилиндр (Z\_delta) достаточно малого радиуса delta. Цилиндр (Z\_delta) вырежет на поверхности (S) некоторую часть (S'\_delta), а оставшуюся часть обозначим (S''\_delta).

В силу одного из условий Ляпунова delta можно выбрать настолько малым, чтобы (S'\_delta) пересекалась с любой прямой, параллельной нормали к (S) в точке A, не более чем в одной точке. В силу другого условия выбором delta можно добиться и того, чтобы для угла gamma между нормалью к (S) в точке A и в любой точке P на (S'\_delta) выполнялось неравенство  $\cos \gamma \geq \frac{1}{2}$ .

Выберем любую точку B внутри (Z\_delta) и оценим интеграл:

$$\iint_{(S'_\delta)} \frac{dS_P}{r_{BP}}. \quad (14)$$

Для оценки интеграла проведем через B плоскость D, перпендикулярную оси (Z\_delta), и ортогонально спроектируем точку P с (S'\_delta) на эту плоскость. Проекцией точки P является точка Q.

Тогда

$$r_{BP} \geq r_{BQ} \quad \text{и} \quad dS_P = \frac{dS_Q}{\cos \gamma} \leq 2dS_Q.$$

Следовательно,

$$\iint_{(S'_\delta)} \frac{dS_P}{r_{BP}} \leq 2 \iint_{(K_\delta)} \frac{dS_Q}{r_{BQ}},$$

где (K\_delta) – поверхность, получающаяся в сечении плоскостью D цилиндра (Z\_delta).

Тогда

$$\iint_{(K_\delta)} \frac{dS_Q}{r_{BQ}} < \int_0^{2\delta} \int_0^{2\pi} dr d\varphi = 4\pi\delta.$$

Этот интеграл не превышает 2pi\*delta, так как при смещении точки B на (K\_delta) его наибольшее значение достигается, когда она совпадает с центром сечения (K\_delta).

Следовательно,  $\iint_{(S'_\delta)} \frac{dS_P}{r_{BP}} \leq 8\pi\delta$  незави-

симо от положения точки B внутри цилиндра (Z\_delta).

Отсюда следует, что несобственный интеграл  $\iint_{(S'_\delta)} \frac{\rho(P)}{r_{AP}} dS_P$  сходится абсолютно, а так как rho\_m – наибольшее значение |rho(P)| на (S), то по предыдущей оценке имеем

$$\iint_{(S'_\delta)} \frac{|\rho(P)|}{r_{AP}} dS_P \leq \rho_m \iint_{(S'_\delta)} \frac{dS_P}{r_{AP}} \leq 8\pi\rho_m \delta. \quad (15)$$



Значение потенциала простого слоя в точке  $A$  имеет вид:

$$u(A) = u'_\delta(A) + u''_\delta(A), \quad (16)$$

$$\text{где } u'_\delta(A) = \iint_{(S'_\delta)} \frac{\rho(P)}{r_{AP}} dS_P; \quad u''_\delta(A) = \iint_{(S''_\delta)} \frac{\rho(P)}{r_{AP}} dS_P.$$

Таким образом, прямое значение потенциала простого слоя существует во всех точках слоя, так как последнее выражение

$$u(A_1) - u(A) = \{u'_\delta(A_1) - u'_\delta(A)\} + \{u''_\delta(A_1) - u''_\delta(A)\}. \quad (17)$$

По приведенной оценке  $|u'_\delta(A)| < 8\pi\rho_m\delta$  и  $|u''_\delta(A)| < 8\pi r\delta$ , что означает

$$|u'_\delta(A_1) - u'_\delta(A)| < 16\pi\rho_m\delta < \frac{1}{2}\varepsilon, \quad (18)$$

если выбрать  $\delta < \frac{\varepsilon}{32\pi\rho_m}$ , где  $\varepsilon > 0$  – любое заданное число.

Выбрав  $\delta$ , заметим, что потенциал  $u''_\delta(A)$  заведомо непрерывен в точке  $A$  –

$$|u(A_1) - u(A)| \leq |u'_\delta(A_1) - u'_\delta(A)| + |u''_\delta(A_1) - u''_\delta(A)| < \varepsilon, \quad (19)$$

то есть потенциал простого слоя непрерывен во всех точках слоя, а следовательно, и во всем пространстве.

## ВЫВОДЫ

Доказана гипотеза о непрерывности потенциала объемно-распределенных масс текстильных отходов, что дает возможность рассматривать массу текстильного материала в процессе разволокнения как кусочно-непрерывную среду и применять к ней свойства изотропной среды, рассматривая поле векторов объемных и по-

является собственным интегралом, а первое – сходящимся несобственным.

Для доказательства непрерывности функции  $u(A)$  во всем пространстве достаточно убедительно показать его непрерывность во всех точках слоя. Если  $A$  точка на  $(S)$  и  $A_1$  точка в  $(Z_\delta)$ , тогда образуем разность

как не лежащей на несущей поверхности слоя  $(S''_\delta)$ . Тогда для всех точек  $A_1$ , достаточно близких к  $A$ , должно выполняться неравенство

$$|u''_\delta(A_1) - u''_\delta(A)| < \frac{1}{2}\varepsilon.$$

Таким образом, находим, что для всех точек  $A_1$  из достаточно малой окрестности точки  $A$ :

верхностных сил как функцию (в виде полного дифференциала) координат и времени.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Фихтенгель Г.М.* Курс дифференциального и интегрального исчисления. – Т. II. – М.: Гостехиздат, 1949.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 12.02.07.

## АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЛОКОН ХОЛСТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ХОЛСТОПРОШИВНЫХ ПОЛОТЕН

А.П.СЕРГЕЕНКОВ

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)

Волокна холста являются одной из двух составляющих холстопршивного полотна и определяют многие его физико-механические и эксплуатационные свойства. Решающее влияние волокнистый состав холста и его поверхностная плотность оказывают, в частности, на фильтрующие, гигроскопические, тепло- и звукоизоляционные свойства. Правильный выбор вида, длины и линейной плотности волокон холста позволяет также существенно повысить разрывную нагрузку полотна.

Поскольку полотно состоит из двух структурных элементов (пршивных нитей и волокон холста), его суммарную разрывную нагрузку можно выразить как сумму двух составляющих:

$$P_{\text{п}} = P_{\text{н}} + P_{\text{х}}, \quad (1)$$

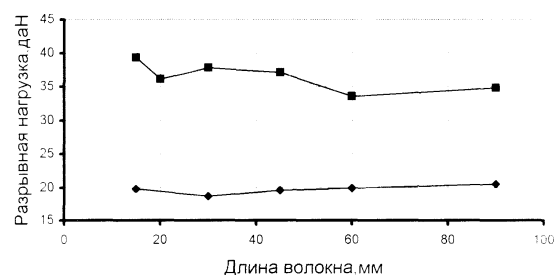
где  $P_{\text{п}}$  – разрывная нагрузка холстопршивного полотна, даН;  $P_{\text{н}}$  – разрывная нагрузка, обеспечиваемая пршивными нитями, даН;  $P_{\text{х}}$  – разрывная нагрузка, обеспечиваемая волокнами холста, даН.

Настоящая работа посвящена анализу второй составляющей –  $P_{\text{х}}$ .

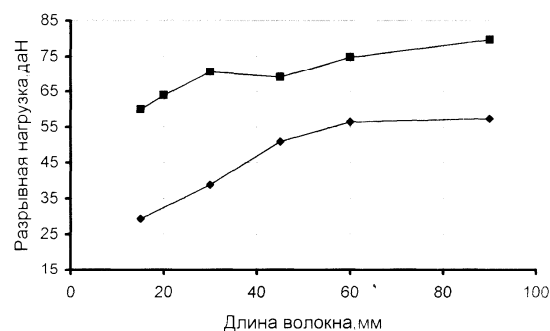
На рис.1 приведены результаты испытаний холстопршивных полотен, изготовленных путем провязывания сформированных из поливинилхлоридных волокон холстов капроновыми пршивными нитями различной линейной плотности. Волокнистые холсты были получены из волокон различной длины: от 20 до 90 мм.

Из представленных на рис.1 графических зависимостей следует, что прочность полотна в продольном направлении практически не зависит от длины волокон холста. В этом нет ничего неожиданного: сформированный на механическом преобразователе прочеса холст имеет характер-

ную для этого оборудования структуру, а именно ориентированные преимущественно в поперечном направлении волокна. В направлении своей преимущественной ориентации волокна и воспринимают растягивающую нагрузку. С учетом этого в дальнейшем будем анализировать только влияние длины волокон холста на разрывную нагрузку полотна в поперечном направлении.



а) в продольном направлении



б) в поперечном направлении

—●— капроновая пршивная нить 15,6 текс  
—■— капроновая пршивная нить 29,4 текс

Рис. 1

Как следует из того же рис.1, увеличение длины волокон в 6 раз сопровождается существенным – хотя и не пропорциональным – повышением разрывной нагрузки полотна в поперечном направлении на 23...33%.

Кроме того, приведенные графические зависимости позволяют сделать вывод о том, что наиболее существенное влияние на прочностные свойства холстопршивного полотна длина волокон холста оказывает при ее увеличении примерно до 60 мм. Дальнейшее увеличение длины волокон значительного прироста прочности не дает.

Проанализируем этот результат более внимательно. Повышение прочности полотна при использовании более длинных волокон объясняется тем, что каждое волокно в этом случае проходит через большее число образованных прошивными нитями петель и более прочно закреплено в структуре изделия. Полученные результаты позволяют предположить, что длина волокон, равная 60 мм, является критической. При этой длине количество точек закрепления каждого волокна петлями прошивных нитей достигает значения, при котором суммарная прочность закрепления волокна становится примерно равной его абсолютной разрывной нагрузке. Вследствие этого более короткие волокна при растяжении полотна растаскиваются без разрыва, а более длинные – обрываются.

Для проверки этого предположения необходимо определить нагрузку, воспринимаемую отдельным волокном. Решение этого вопроса связано с определенными сложностями, так как методов для непосредственного измерения нагрузки, воспринимаемой волокнами растягиваемого холстопршивного полотна, в настоящее время не существует. Однако выполненные в разное время исследовательские работы позволяют упростить эту задачу.

В частности, в работе [1] были изучены холстопршивные полотна с переплетением цепочка, то есть такие, в которых соседние петельные столбики не связаны протяжками и, следовательно, разрывная нагрузка в поперечном направлении воспринимается исключительно волокнами холста.

Результаты испытаний многочисленных образцов показали, что коэффициент использования прочности волокон не превышает 5,4%. Если бы все волокна в пре-

делах каждой петли были закреплены одинаково прочно, то с учетом результатов этого эксперимента можно было бы сделать заключение о том, что при растяжении полотна они должны не обрываться, а только растаскиваться.

Проведенные в свое время другими исследователями (в частности, [2]) эксперименты дают противоположный результат: средняя длина волокон холста при разрыве холстопршивного полотна уменьшается, то есть несомненно происходит обрыв части волокон.

Сопоставляя эти данные, приходим к выводу: волокна в каждой петле закреплены неодинаково прочно. По всей вероятности, непосредственно контактирующие с прошивными нитями волокна зафиксированы гораздо более прочно, чем волокна, не соприкасающиеся с нитями. При растяжении полотна, прижатые к нитям волокна, как обладающие наименьшей подвижностью, разрываются. В то же время волокна, находящиеся внутри петель и не взаимодействующие с нитями, скользят друг относительно друга и растаскиваются без разрыва.

Возвращаясь к рис.1, теперь можно сделать вывод: чем больше длина волокон, тем больше в петле доля волокон, прочность закрепления которых достигает величины их разрывной нагрузки. Однако при определенной (критической) длине практически все соприкасающиеся с прошивными нитями волокна окажутся зафиксированными настолько прочно, что при растяжении полотна будут разрываться, а не растаскиваться. После этого дальнейшее увеличение длины волокон уже не будет сопровождаться значительным повышением разрывной нагрузки полотна. Незначительное увеличение прочности объясняется увеличением силы трения при растаскивании внутренних волокон в каждой петле.

Все вышеизложенное позволяет получить аналитические выражения для теоретического расчета прочности  $P_x$  (даН) холстопршивного полотна в поперечном направлении, обеспечиваемой волокнами холста:

$$P_x = 10^{-5} P_b K_n P_d N_b, \quad (2)$$

где  $P_b$  – разрывная нагрузка одиночного волокна, сН;  $P_d$  – плотность прошива по длине, петель/50 мм;  $P_{ш}$  – плотность прошива по ширине, петель/50 мм;  $N_b$  – число волокон в одной петле, шт.;  $K_n$  – коэффициент использования прочности волокна, %.

Число  $N_b$  волокон в одной петле, в свою очередь, можно подсчитать по формуле:

$$N_b = 50 Q_x / (T P_d), \quad (3)$$

где  $Q_x$  – поверхностная плотность холста, г/м<sup>2</sup>;  $T$  – линейная плотность волокон холста, текс.

Подставляя выражение (3) в формулу (2), получаем:

$$P_x = 5 \cdot 10^{-4} P_b K_n Q_x / T. \quad (4)$$

Наибольшие затруднения при использовании этой формулы представляет определение коэффициента использования прочности волокна, который зависит от большого количества факторов. В частности, коэффициент использования прочности волокон существенно снижается с увеличением поверхностной плотности холста. Чем больше поверхностная плотность холста, тем больше и доля в каждой петле таких волокон, которые не взаимодействуют непосредственно с прошивными нитями и потому зафиксированы в структуре полотна менее прочно.

*поверхностная плотность холста, г/м<sup>2</sup>:*

100  
140  
200  
270

Коэффициент использования прочности волокон возрастает с увеличением длины волокон, что обусловлено увеличением числа петель, через которые проходит каждое волокно, то есть числа точек закрепления волокна. Для того, чтобы устранить влияние этого фактора, в формуле (4) вместо  $K_n$  можно воспользоваться относительным коэффициентом использования прочности волокна, обеспечиваемым каждой точкой его закрепления:

$$K_{н.отн} = K_n / N_3 = K_n L P_{ш} / 50, \quad (5)$$

где  $N_3$  – число точек закрепления каждого волокна, шт.,  $L$  – длина волокна, мм;  $P_{ш}$  – плотность прошива по ширине, петель/50 мм.

С учетом (5) уравнение (4) будет иметь вид:

$$P_x = 25 \cdot 10^{-3} P_b K_{н.отн} Q_x / (T L P_{ш}). \quad (6)$$

Результаты специально проведенных экспериментальных исследований позволили установить, что на величину коэффициента  $K_{н.отн}$  не оказывает существенного влияния вид и линейная плотность волокна. В то же время этот коэффициент в значительной степени зависит от поверхностной плотности холста.

Для разных значений поверхностной плотности холста величина коэффициента использования прочности волокна  $K_{н.отн}$ , обеспечиваемого каждой точкой его закрепления, приведена ниже:

*коэффициент использования прочности одного волокна  $K_{н.отн}$ , %:*

0,21...0,25  
0,21...0,23  
0,19...0,24  
0,16...0,21

Полученные формулы позволяют теоретически оценить вклад волокон холста в прочностные свойства холстопрошивного полотна. Это дает возможность без проведения экспериментальных исследований выбрать волокна для получения холсто-

прошивного полотна с требуемой разрывной нагрузкой.

## В Ы В О Д Ы

1. Установлено, что волокна холста оказывают существенное влияние на прочностные свойства холстопрошивного по-

лотна в поперечном направлении и почти не влияют на его прочность в продольном направлении.

2. Выведены расчетные формулы для теоретического определения разрывной нагрузки холстопробивного полотна в поперечном направлении, создаваемой волокнами холста.

1. *Перепелкина М.Д.* Исследование процесса получения нетканых материалов вязально-пробивным способом: Дис...канд. техн. наук. – М., 1964.

2. *Морозова М.Н.* Разработка метода расчета прочности нетканых вязально-пробивных полотен: Дис...канд. техн. наук. – М., 1967.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 12.02.07.

УДК [677.026.4:687.076]:629.113

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ИГЛОПРОБИВНЫХ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ТЕРМОСТОЙКИХ ВОЛОКОН

*В. Е. МУРАШОВА, И. А. КУРОЧКИН, Т. Е. ВОЛОЩИК*

(Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина)

С целью определения влияния технологических параметров на теплопроводность иглопробивных нетканых материалов был поставлен эксперимент, в ходе которого на отечественном оборудовании вырабатывали иглопробивные нетканые материалы из смеси термостойкого волокна номекс (фирма Du Pont, США) линейной плотно-

сти 0,17 текс и полиэфирное волокно пониженной горючести той же линейной плотности (ОАО "Могилевхимволокно", Республика Беларусь).

Эксперимент проводили с использованием плана Бокс-3, матрица которого представлена в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ образца	Толщина, мм	Объемная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Пористость, %	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
1	4,50	183	86,71	+	+	+
2	5,80	148	89,27	-	+	+
3	5,90	129	90,68	+	-	+
4	9,10	131	90,48	-	-	+
5	7,60	180	86,96	+	+	-
6	8,60	156	88,70	-	+	-
7	8,70	154	88,82	+	-	-
8	7,20	128	90,75	-	-	-
9	6,80	163	88,21	+	0	0
10	6,90	159	88,48	-	0	0
11	7,10	145	89,49	0	+	0
12	4,60	156	88,72	0	-	0
13	4,20	141	89,78	0	0	+
14	4,40	164	88,14	0	0	-

Уровни варьирования факторов следующие: плотность прокалывания X<sub>1</sub>, 1/см<sup>2</sup>: 100-150-200; содержание полиэфирных во-

локон X<sub>2</sub>, %: 10-30-50; глубина прокалывания X<sub>3</sub>, мм: 2-4-6. Полученные образцы

подвергались испытаниям с целью определения коэффициента теплопроводности.

Для экспериментального исследования теплопроводности пористых материалов на примере нетканых иглопробивных полотен использовалась экспериментальная установка, конструкция которой представлена на рис. 1.



Рис. 1

Исследуемый образец – иглопробивное нетканое полотно в виде пластин размерами  $100 \times 100$  мм и толщиной  $\delta = 3 \dots 8$  мм. Характеристики выбранных в качестве экспериментальных иглопробивных нетканых полотен приведены в табл. 1.

Теплопроводность определялась при помощи тепловизионной системы ThermoCAM SC 3000, которая включает в себя: прочную и надежную ИК-камеру (в корпусе исполнения I P54) со встроенным 20-кратным объективом, пульт дистанционного управления, кабели и разъемы, а также набор дополнительного оборудования и программного обеспечения.

В результате проведенных на лабораторной установке исследований получен набор термографических изображений (рис. 2) процесса охлаждения группы исследуемых образцов нетканых иглопробивных материалов.

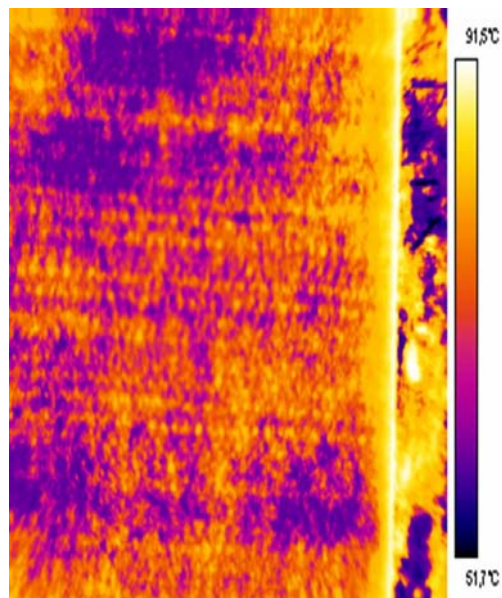


Рис. 2

На основании анализа полученных в ходе эксперимента термограмм построены полулогарифмические графики охлаждения образцов различной поверхностной плотности, при помощи которых найдены значения темпа охлаждения  $m$  исследуемых нетканых иглопробивных полотен, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ образца	Темп охлаждения $m, c^{-1}$
1	$1,421 \cdot 10^{-2}$
2	$1,986 \cdot 10^{-2}$
3	$2,043 \cdot 10^{-2}$
4	$2,161 \cdot 10^{-2}$
5	$1,521 \cdot 10^{-2}$
6	$1,487 \cdot 10^{-2}$
7	$1,652 \cdot 10^{-2}$
8	$2,057 \cdot 10^{-2}$
9	$1,508 \cdot 10^{-2}$
10	$1,521 \cdot 10^{-2}$
11	$1,743 \cdot 10^{-2}$
12	$1,682 \cdot 10^{-2}$
13	$1,836 \cdot 10^{-2}$
14	$1,687 \cdot 10^{-2}$

Исследуемые в ходе эксперимента образцы нетканых полотен имели рыхлую поверхностную структуру, поэтому для определения их коэффициента формы  $K$  было использовано моделирование: из "эталонного" вещества, обладающего стабильными и известными температуропроводностью  $a$ , коэффициентом теплопро-

водности  $\lambda$  и теплоемкостью  $C$  был изготовлен образец, копирующий в заданном масштабе исследуемые нетканые полотна, коэффициент формы  $K$  которых требовалось определить. В качестве эталонного вещества был выбран полипропилен, теплопроводность которого равна

$$\lambda_{\text{ПП}} = 0,082 \text{ Вт/(м·К)}.$$

Экспериментальным путем определено значение темпа регулярного охлаждения  $m$  и по формуле  $a = Km_{\infty}$ , где  $a$  – известно (так как материал – нормальный), вычислен коэффициент формы модели  $K_{\text{мод}} = 3,867 \text{ мм}^2$ . Коэффициент формы  $K$  экспериментальных полотен найден с помощью равенства

$$K = n^2 K_{\text{мод}}, \quad (1)$$

где  $n$  – отношение линейных размеров полотен и эталонного образца.

По известным величинам темпа охлаждения  $m$  и коэффициента формы  $K$  для  $m = m_{\infty}$  по формуле

$$a = Km_{\infty} \quad (2)$$

вычислена температуропроводность исследованных образцов  $a$ , а также средние

$$Y = 0,0586 - 0,0071 x_1 - 0,0163 x_2 + 0,0048 x_3 + 0,0031 x_1 x_2 - 0,0022 x_1 x_3 - 0,0048 x_2 x_3 - 0,0059 x_1^2 + 0,0029 x_2^2 + 0,0004 x_3^2. \quad (4)$$

Анализ графика показал, что с увеличением содержания полиэфирных волокон пониженной горючести и плотности прокалывания коэффициент теплопроводности уменьшается. При минимальных значениях указанных факторов увеличение глубины прокалывания ведет к росту коэффициента теплопроводности, при максимальных значениях – к его снижению.

## ВЫВОДЫ

1. Исследована теплопроводность иглопробивных нетканых материалов из смеси

значения коэффициента теплопроводности:

$$\lambda = C\rho a \quad (3)$$

при известной плотности  $\rho$  и теплоемкости  $C$  рассматриваемых материалов.

Результаты испытаний обрабатывали на ПК. В результате было получено уравнение регрессии и построена графическая зависимость коэффициента теплопроводности от технологических параметров (рис. 3). После исключения незначимых коэффициентов регрессии уравнение приняло следующий вид:

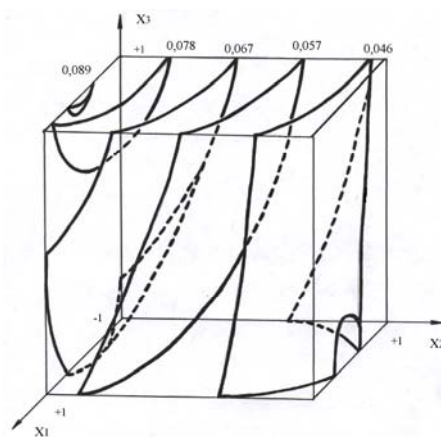


Рис. 3

термостойких волокон при помощи тепло-визионной системы ThermoCAM SC 3000.

2. Определено влияние плотности прокалывания, содержания полиэфирных волокон пониженной горючести и глубины прокалывания на коэффициент теплопроводности нетканого материала.

Рекомендована кафедрой технологии нетканых материалов. Поступила 03.07.06.

УДК 677.025.6:004.9

**РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРИКОТАЖА  
ОСНОВОВЯЗАННЫХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЙ,  
ВЫРАБАТЫВАЕМОГО НА МАШИНАХ  
С ПЬЕЗОЭЛЕКТРОННЫМ СПОСОБОМ ОТБОРА  
РАБОЧИХ ОРГАНОВ УЗОРООБРАЗОВАНИЯ\***

*Л.А. КУДРЯВИН, К.Н. КОМОВ, В.А. ЗАВАРУЕВ, А.Ф. АНДРЕЕВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Следующей задачей является определение числа элементов структуры трико-

тажа с учетом его лицевой стороны.

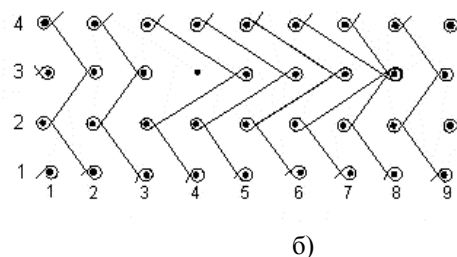
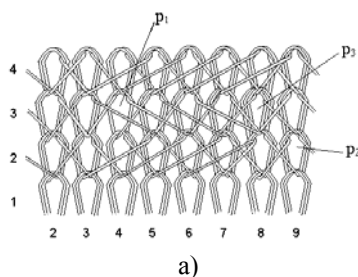


Рис. 1

Фрагмент структуры трикотажа, полученного за счет индивидуального отбора ушковин пьезогребенки, и его графическая запись приведены на рис.1-а,б, который соответствует матрице патрона рисунка  $M(I,J)$  [1, рис. 2-а].

Из-за изменения кладки нитей за счет индивидуального отбора ушковин пьезогребенки остовы петель получают из разного числа нитей, как показано на

рис.1-а. Так, в ряду 3 петельного столбика 4 при переходе кладки нитей с переплетения трико на переплетение сукно образуется петля  $p_1$ , состоящая из одной нити. В то же время в ряду 3 петельного столбика 8 из-за изменения кладки образуется остов петли  $p_3$ , состоящий из трех нитей. Все остовы петель  $p_2$  базового переплетения образованы из двух нитей.

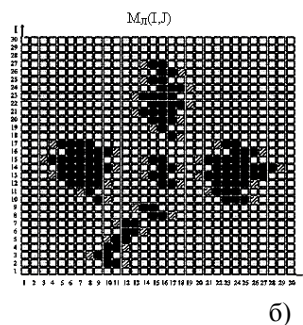
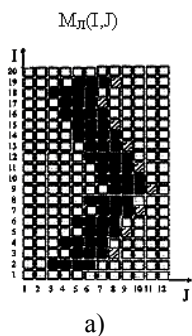


Рис. 2

\* Окончание. Начало см. в №6 за 2006 г.



С учетом этих особенностей вводится матрица  $M_{л}(I,J)$ , отображающая расположение элементов структуры трикотажа, полученного за счет индивидуального отбора ушковин пьезогребенки на лицевой стороне патрона рисунка (рис.2-а,б). Матрицы  $M_{л}(I,J)$  (рис.2-а,б) соответствуют матрицам патрона рисунка  $M(I,J)$  [1, рис. 2-а, 4-а].

Клетки матрицы  $M_{л}(I,J)$  заполняются следующими элементами кода:  $\square$  – остов петли  $p_1$ , образованный из одной нити грунта, нить пьезогребенки на иглу не прокладывается;  $\blacksquare$ ,  $\blacksquare$  – двойной остов петли  $p_2$  образуется при вязании базового переплетения (то есть пьезогребенка не изменяет направление вязания) и соответственно при вязании переплетения, полученного за счет индивидуального отбора ушковин пьезогребенки (то есть пьезогребенка изменяет направление вязания);  $\boxtimes$  – строенный остов петли  $p_3$  – получен за счет наложения петли переплетения грунта, петли базового переплетения и петли переплетения, получаемого за счет индивидуального отбора ушковин пьезогребенки.

В результате исследования структуры такого трикотажа выявлены следующие закономерности:

– если дополнительный сдвиг узорной

гребенки (PJB)  $\overleftrightarrow{3C} = \pm 1$ , то есть переход вязания с переплетения цепочка на переплетение трико, переход вязания с переплетения трико на переплетение сукно и т.д., то строенные и одиночные петли по краям заданного рисунка будут образовываться через ряд;

– если дополнительный сдвиг узорной

гребенки (PJB)  $\overleftrightarrow{3C} = \pm 2$ , то есть переход вязания с переплетения цепочка на переплетение сукно, переход вязания с переплетения трико на переплетение шарме и т.д., то строенные и одиночные петли по краям заданного рисунка будут образовываться в каждом ряду.

Однако данные эффекты практически не влияют на внешний вид трикотажного полотна из-за малой линейной плотности используемых нитей.

Рассмотрим принципы расчета материалоёмкости основных параметров трикотажа, вырабатываемого узорными нитями пьезогребенки PJB [2], [3]. Расчет грунта трикотажа определяется по стандартным формулам [4], [5].

Рассчитаем количество протяжек разной длины в раппорте патрона рисунка  $M(I,J)$ . Расчет ведется по результирующей матрице  $M_p(I,J)$  сдвигов за иглами ушковин пьезогребенки [1, рис.2-в, 4-в]:

$$F_1 = \sum_{i=1}^{R_H} \sum_{j=1}^{R_B} (\pm 1), F_2 = \sum_{i=1}^{R_H} \sum_{j=1}^{R_B} (\pm 2), \quad (1)$$

где  $F_1, F_2$  – количество протяжек переплетения трико и сукно соответственно.

В общем виде расчет числа протяжек любого переплетения, вырабатываемого пьезогребенкой, определяется по формуле:

$$F_N = \sum_{i=1}^{R_H} \sum_{j=1}^{R_B} (\pm N), \quad (2)$$

где  $(\pm N) = \pm(1,2,\dots,R)$ ,  $R$  – величина сдвига за иглами ушковин пьезогребенки, выраженная в игольных шагах.

Длина нити протяжек разной длины в раппорте патрона рисунка  $M(I,J)$ :

$$\ell_N = \sqrt{B^2 + (A \times N)^2}, \text{ мм}, \quad (3)$$

где  $A$  – петельный шаг, мм;  $B$  – высота петельного ряда, мм;  $N$  – величина сдвига за иглами ушковин пьезогребенки, выраженная в игольных шагах.

Общая длина нити в протяжках раппорта патрона рисунка  $M(I,J)$  равна:

$$L_F = \sum_{N=1}^R F_N \ell_N, \text{ мм}. \quad (4)$$

Рассчитаем количество петель разных видов в раппорте патрона рисунка  $M(I,J)$ . Расчет ведется по матрице  $M_{л}(I,J)$ , отображающей расположение элементов

структуры трикотажа на лицевой стороне патрона рисунка:

$$P_1 = \sum_{i=1}^{R_H} \sum_{j=1}^{R_B} p_1, \quad P_2 = \sum_{i=1}^{R_H} \sum_{j=1}^{R_B} p_2, \\ P_3 = \sum_{i=1}^{R_H} \sum_{j=1}^{R_B} p_3, \quad (5)$$

где  $p_1, p_2, p_3$  – одинарный, двойной, строенный остов петли соответственно.

В общем виде количество петель разных видов в раппорте патрона рисунка  $M(I,J)$  равно:

$$P_k = \sum_{i=1}^{R_H} \sum_{j=1}^{R_B} p_k, \quad (6)$$

где  $k = 1,2,3$ ;  $k$  – индекс, равный количеству остовов в петле.

При определении длины нити в остовах петель матрицы патрона рисунка  $M(I,J)$  надо учитывать, что расчет ведется только для переплетения, вырабатываемого пьезогребенкой, остовы переплетения грунта не рассматриваются.

Таким образом, не учитываются петли типа  $p_1$  – петли переплетения грунта.

Длина нитей петель типа  $p_2$  без учета остовов переплетения грунта равна  $\ell_0 P_2$ , а соответственно длина нитей петель типа  $p_3$  без учета остовов переплетения грунта равна  $2\ell_0 P_3$ , то есть общая длина нитей в остовах петель матрицы патрона рисунка  $M(I,J)$  определяется по формуле:

$$L_P = \ell_0 P_2 + 2\ell_0 P_3, \text{ мм} \quad (7)$$

где  $\ell_0$  – длина нити в остове петли, мм.

Расход нитей на раппорт патрона рисунка  $M(I,J)$  пьезогребенкой  $PJB$  составляет:

$$L_{PJB} = L_F + L_P, \text{ мм}, \quad (8)$$

где  $L_F, L_P$  – длина нити в протяжках и в остовах петель патрона рисунка  $M(I,J)$  соответственно.

Масса узорных нитей пьезогребенки  $PJB$  в раппорте патрона рисунка  $M(I,J)$ :

$$M_{PJB} = L_{PJB} T \cdot 10^{-6}, \text{ г}, \quad (9)$$

где  $T$  – линейная плотность нити, текс.

Общая масса раппорта патрона рисунка  $M(I,J)$ :

$$M_o = M_{PJB} + M_{GB}, \text{ г}, \quad (10)$$

где  $M_{GB}$  – масса грунтовых нитей в раппорте патрона рисунка  $M(I,J)$ .

Поверхностная плотность трикотажного полотна:

$$\rho = \frac{M_o \cdot 10^6}{ABR_H R_B}, \text{ г/м}^2, \quad (11)$$

где  $A$  – петельный шаг, мм;  $B$  – высота петельного ряда, мм;  $R_H$  – высота раппорта патрона рисунка, мм;  $R_B$  – ширина раппорта патрона рисунка, мм.

## ВЫВОДЫ

Разработан программный продукт, который позволяет:

- преобразовывать информацию о рисунке в матрицу управления ушковинами пьезогребенки;
- получить обобщенную матрицу структуры изнаночной стороны трикотажа;
- автоматически строить на базе обобщенной матрицы систему визуализации структуры изнаночной стороны трикотажа с учетом масштабирования изображений и возможностью колорирования применяемых цветов используемых нитей;
- автоматически определять разные типы лицевых петель и с учетом этого проектировать материалоемкость трикотажа.

Исследования показали, что расчет трикотажа по предлагаемому алгоритму не отличается от экспериментальных данных. Среднее отклонение вычисляемых значений от экспериментальных данных не превышает 5 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрявин Л.А. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №6. С.85...89.
2. Kettenwirk-Praxis 4/2005. The CAD/CAM Generation for the Karl Mayer, Procad ALC, Dessignscope(R) Raschel EAT.
3. Kettenwirk-Praxis 4/2005. CADT and SAPO(R) is an authorized system software for Karl Mayer machines.

4. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы технологии трикотажного производства. – М.: Легпромбытиздат, 1991.

5. Кудрявин Л.А. Автоматизированное проектирование основных параметров трикотажа. – М.: Легпромбытиздат, 1992

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства. Поступила 03.07.06.

УДК 677.025.3

### ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ТРИКОТАЖА НА ЕГО ПОВЕРХНОСТНУЮ ПЛОТНОСТЬ И СВОЙСТВА

Д.А. ГАДЖИЕВ

(Азербайджанский технологический университет)

Экономное использование сырья при выработке трикотажных полотен является одной из важнейших задач, стоящих перед производителями трикотажных изделий. Сырье можно экономить различными способами: путем применения одинарных переплетений взамен двойных, использования пряжи пониженной линейной плотности и получения полотен с неполными переплетениями [1].

В каждом из этих направлений имеются ресурсы снижения поверхностной плотности трикотажа (ППТ), базирующиеся на оптимальном выборе параметров структуры. Кроме прочих параметров ППТ зависит также и от условий формирования структурного эффекта.

В научных работах еще до конца не исследованы условия, способствующие изменению формы петель и связанные с ними параметры структуры трикотажа.

Трикотаж из конкретного сырья и сами переплетения можно вырабатывать в различных условиях режима вязания. Нужно установить, при каких обстоятельствах, какая петля примет ту или иную конфигурацию, как она будет расположена относительно поверхности полотна и как будет себя вести в структуре трикотажа. Только после этого можно дать необходимые ре-

комендации для выработки и использования разработанных структур трикотажа, в которых прогнозируются его основные характеристики, внешний вид и ППТ. При этом форма и размеры петель, а также характер расположения их в структуре трикотажа будут являться определяющими факторами при образовании структурного эффекта.

Для получения структурных эффектов имеются различные способы. Структурные эффекты могут быть получены как за счет наклона петель в плоскости полотна, так и во внутрь его.

В структуре трикотажа прессовых переплетений с узорами и комбинированных переплетений типа пике имеются различные элементы, такие как петли разных размеров, протяжки, наброски, различные по величине ячейки и т.д. [2].

Тем не менее, структурные – рисунчатые – эффекты можно получить за счет особенности процесса вязания и формирования структуры трикотажа, характеризующейся кроме прочего, например, перетягиванием нити из одной петли в другую.

В процессе петлеобразования имеет место перетягивание нити различного характера [3], [4]. Характер перетягивания нити в зависимости от условия его выполнения

меняется. При выполнении операции "кулирование" нить, например, может поступать от соседней предыдущей петли в новую, а нанесение осуществляется перетягиванием нити между старой петлей, находящейся на язычке, и петлями, связанными с нею. Такие необходимые перетягивания присущи образованию всех видов петель.

Трикотаж может иметь простую и сложную структуру. При этом нужно учитывать, что в петельных структурах, например, глади, ластика и т.п., какие-либо перетягивания отсутствуют; их можно называть структурами, сформированными без перетягивания нити из петли в петлю. Подобные переплетения являются простыми, полученными в несложных условиях, и при сравнении с другими переплетениями их можно отнести к базовым (контрольным).

Будем считать, что структура трикотажа, сформированная по:

– игольному (прямому)  $C_1$  перетягиванию нити относится к структуре сложности первого типа с индексом  $K$  (например, переплетение репс,  $K=1$  – прессовые, жаккардовые различных индексов и т.д.),  $C_1=C_{1к}$  или  $C_1=C_{1п}$ . Игольное прямое (первичное) перетягивание выполняется, когда нить из сброшенной петли (наброска) переходит в петлю (наброску), висящую на игле;

– игольно-структурному (обратному, первичному)  $C_{210}$  перетягиванию нити, осуществляемому после сбрасывания удлиненных петель с игл, относится к структуре сложности второго типа с индексом  $n$  (например, переплетение миланский ластик с индексом  $n=1$ ),  $C_2=nC_{210}$ ;

– структурному (дополнительному прямому  $C_{3п}$  и обратному  $C_{30}$ ) перетягиванию нити, осуществляемому после вышеупомянутых видов перетягиваний, относится к структуре сложности третьего типа (например, переплетения типа пике),  $C_3=C_{3п} + C_{30}$ . Структурное прямое (дополнительное) перетягивание нити происходит в петлях ластика, висящих на петлях, подвергающихся изменению размера. Структурное обратное перетягивание нити осуществляется в элементах трикотажа, вы-

полнявших прямое перетягивание, после сбрасывания с игл связанных ими петель.

Рассмотрим роль особенности вязания и видов перетягивания нити в установлении структуры трикотажа переплетения французское и швейцарское пике. Проведенные исследования показали, что при формировании структуры трикотажа особую роль играет расположение протяжки производной глади над ластичной протяжкой во французском пике и под ластичной протяжкой в швейцарском, зависящее от последовательности вязания соответствующих рядов, а также перетягивание нити из одной петли в другую, из петли в протяжку и наоборот [5]. Для обоих видов переплетений характерны все виды перетягиваний: как игольные, так и структурные. Потому формирование структуры трикотажа переплетения французское и швейцарское пике осуществляется в более сложных условиях, чем базовые переплетения.

В переплетениях пике при игольном прямом перетягивании нити из петли в петлю, висящую на игле, имеются определенные трудности из-за повышенного коэффициента трения в точках их контакта. Перетягиваемая нить получает дополнительный излом по линии контакта.

В зависимости от значений коэффициента трения нити в точках контакта и усилия оттяжки петель, наличия первичного обратного, а также дополнительных перетягиваний полученный излом усиливается.

В процессе вязания трикотажа переплетения швейцарское пике во время игольного прямого перетягивания нить изламывается в точках контакта нитей, где их число в два раза меньше, чем во французском пике. В связи с этим менее напряженные лицевые петли занимают наименьшую площадь и палочки лицевых петель в местах контакта с ластичными протяжками утапливаются во внутрь полотна в большей степени. Во французском же пике более напряженные нити петли, стремящиеся к выпрямлению, займут наибольшую площадь, и степень утопления палочек лицевых петель во внутрь полотна уменьшится,

то есть палочки петель приподнимутся на поверхность полотна.

Рассматривая особенности формирования структуры трикотажа переплетений французское и швейцарское пике, можно отметить, что увеличение длины нити в петле (ДНП) в рядах, входящих в раппорт, в определенный момент способствует заполнению объема ячейки в связи с поворотом лицевых петель как в плоскости полотна, так и в перпендикулярной к нему плоскости. Рассмотренные пике можно отнести к структуре сложности третьего типа.

Характер перетягивания нити, имеющий место при формировании структуры трикотажа, предопределяет также и выбор сырья, требуемого для его выработки. С одной стороны, структура переплетения типа пике пригодна для применения самокрученной пряжи [2], а с другой, из-за различного характера перетягивания нити применение ее нежелательно.

При выработке трикотажа переплетения французское и швейцарское пике из ПАН самокрученной пряжи увеличение дефектных участков на полотне до 8,5...12% объясняется наличием перетягиваний нити различного характера, в результате которых происходит "расползание" волокон в петлях, образованных из слабого некрученого участка пряжи. Тем более, что с разрушением отдельных волокон в процессе вязания вероятность их "расползания" увеличивается, следовательно, использование некачественных, залежалых нитей, пряжи с низкой прочностью (типа самокрученной) и др. при выработке сложного трикотажа нецелесообразно.

Особенности формирования структуры трикотажа переплетений рассмотренных пике диктуют выбор условий, влияющих на значения ППТ. Таковыми являются соотношения ДНП по системам машины, в которых вяжутся те или иные ряды переплетения [6], [7], усилия оттяжки петель, коэффициент трения нити о нить, от которых во многом зависит степень полученной деформации петель, участвующих в формировании структуры.

Для определения условий снижения ППТ переплетений французское и швейцарское пике были выработаны полотна из шерстяной пряжи линейной плотности 22,2текс×2 на кругловязальной машине ОДЗИ 16 класса. Определены оптимальные значения ДНП в рядах пике, влияющих на ППТ, при одинаковых прочих параметрах процесса вязания, в частности, фиксированном значении усилия оттяжки петель, равной 10 сН/петлю, и коэффициента трения нити 0,18.

При определении оптимальных значений ДНП ластика 2+1 и производной глади в раппортах пике использована методика [8], [9], по которой в первую очередь определялось оптимальное значение ДНП ластика 2+1 при фиксированных значениях ДНП производной глади. Оптимальное значение производной глади определялось при установленных оптимальных значениях ДНП ластика 2+1.

Образцы полотен исследованы после отлежки и отделки.

В результате анализа полученных данных установлено, что минимальное значение ППТ переплетения французское пике до отделки составляет 300 г/м<sup>2</sup>, а после обработки на каландре 320 г/м<sup>2</sup>. При этом соотношение ДНП между ластиком и производной глади составляет 1,3:1. Однако этот показатель для трикотажа переплетения швейцарское пике составляет соответственно 310 и 335 г/м<sup>2</sup>, где соотношение ДНП ластика и производной глади равно 1,15:1.

Кроме того установлено, что при изменении значений усилия оттяжки петель в пределах от 7,5 до 12,5 сН/петлю обеспечивается получение ППТ переплетений рассмотренных видов пике минимальной, где показатели основных характеристик полотен сохраняются в пределах допустимых нормативных значений.

Уравнение регрессии, характеризующее ППТ переплетения французское и швейцарское пике из ПАН пряжи 19,2 текс×2 в зависимости от входного натяжения  $x_1$ , усилия оттяжки петель  $x_2$  и коэффициента трения нити  $x_3$  при оптимальном соотношении ДНП ластика и производной глади, имеет вид:

$$m_{sf} = 320,28 + 6,22x_1 + 4,1x_2 + 7,54x_3 + 5x_1x_2 - 7,55x_1x_3,$$

$$m_{sh} = 328,4 + 7,1x_1 + 5,4x_2 + 7,9x_3 + 6,6x_1x_2 - 5,9x_1x_3.$$

При одинаковых параметрах режима вязания плотность петель трикотажа в швейцарском пике, соответственно и его поверхностная плотность, значительно больше, чем у французского пике.

Увеличение ППТ переплетения швейцарское пике по сравнению с переплетением французское пике объясняется характером заполнения объема структурного эффекта в виде ячейки, а также малым соотношением ДНП в рядах раппорта переплетения.

Путем различной комбинации элементов трикотажа можно разрабатывать многочисленные виды переплетений. Из раз-

работанных структур трикотажных полотен приемлемым будет считаться то полотно, которое способствует расширению ассортимента трикотажа и обеспечивает предъявляемые к нему требования.

Разработанный кулирный двойной прессовый трикотаж имеет ластичные протяжки и наброски, соединяющие лицевые прессовые петли с изнаночными прессовыми петлями; при этом каждая ластичная протяжка и каждый набросок расположены на соответствующей прессовой петле в смежных петельных столбиках одного и того же ряда [10].

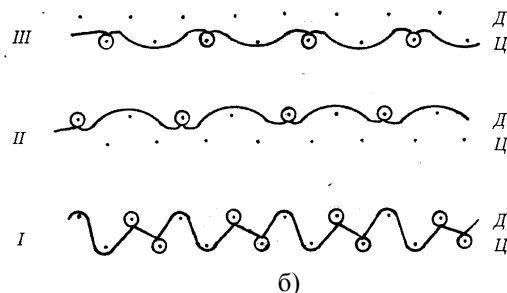
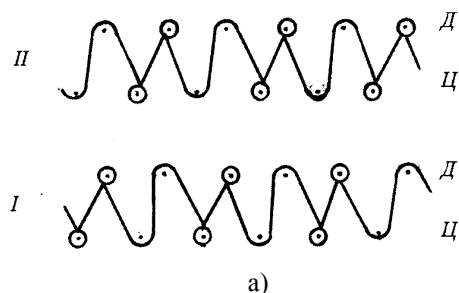


Рис. 1

На рис.1-а представлена графическая запись для кулирного двойного прессового трикотажа.

Поскольку все петли в структуре трикотажа являются прессовыми, такой трикотаж назван двойным шахматным фангом [11].

Выполнение игольного прямого и структурного обратного первичного перетягивания нити, наличие ластичных петель с ластичными набросками являются определяющими факторами при формировании структуры, установления параметров и свойств шахматного фанга. Рассмотренный фанг, как и его классический вариант, относится к структуре сложности второго типа.

Кулирный двойной трикотаж прессового переплетения может быть получен на двухфонтурных вязальных машинах.

Анализ структурных показателей полотен показывает, что материалоемкость и усадка в шахматном фанге значительно ниже по сравнению с классическим фангом. Классический фанг по эластичности также уступает ему.

Если обычный фанг по сравнению с ластиком 1+1, полученным на том же количестве игл с одинаковыми параметрами, имеет ширину больше чем 20...30%, то у шахматного фанга этот показатель составляет всего 5...8% [11]. Наличие в его структуре элементов ластика 1+1 и ластичной наброски определяют условия релаксации трикотажа шахматный фанг.

На рис. 1-б показана графическая запись другого кулирного двойного прессового трикотажа.

В кулирном двойном трикотаже прессового переплетения [12] все петли ластич-

ка и глади являются прессовыми; при этом прессовые петли глади соединены ластичными набросками, расположенными на смежных петельных столбиках. Наброски же прессовых петель ластика находятся во взаимосвязи с петлями глади, находящимися на одной стороне трикотажа.

Наличие петель ластика и глади с соответствующими ластичными набросками и набросками глади является отличительной особенностью его от шахматного фанга, хотя виды перетягиваний соответствуют. Рассмотренный трикотаж назван сложным шахматным фангом и также относится к структуре сложности второго типа.

По рассматриваемым вариантам выработан кулирный двойной прессовый трикотаж из ПАН пряжи линейной плотности 19,2текс×2 на кругловязальной машине ОДЗИ 16 класса и купоны из ПАН пряжи линейной плотности 19,2текс×2×2 на плосковязальной машине типа Универсал МС-611 7 класса.

Структурные показатели полотен и результаты испытаний показывают, что в полотнах, выработанных на машине 16 класса, разница между граничными значениями ППТ одинакова и составляет 30 г. Однако разница между граничными значениями ППТ для полотен, выработанных на машине 7 класса, составляет 45 г. Хотя в полотнах сложного шахматного фанга значения границы ППТ ниже 10 г, при этом основные характеристики сравниваемых полотен совпадают.

Раппорт двойного прессового кулирного трикотажа, состоящий из двенадцати рядов, также образован комбинациями двух элементов – петель и набросков [13].

Формирование структуры двойного прессового кулирного трикотажа, осуществляемое за счет игольного прямого и структурного обратного перетягивания нити и наличия прессовых петель с одним наброском на изнаночной стороне во взаимосвязи с петлями ластика 1+2, способствует образованию эффекта джинсового материала. Данная структура характеризуется сложностью второго типа.

В результате исследования купонов, выработанных на плосковязальной машине

типа Универсал-611 7 класса, установлено, что если при вязании прессовых рядов, то есть в нечетных системах, заправлять толстую, рыхлую пряжу фанни 71,4 текс, а при вязании ряда ластика 1+2, то есть в четных системах, – крученую ПАН пряжу 19,2х2 в два сложения, то ППТ уменьшится на 15 г по сравнению с вариантом, если заправку в системах осуществляют наоборот [13].

Расход пряжи фанни на вязание одного прессового ряда меньше, чем на вязание его из ПАН пряжи. Разница в линейной плотности применяемых видов сырья в различных рядах переплетения трикотажа и расположение петель, отличающихся по структуре, размеру и характеру наклона, являются основными причинами отличия как параметров структуры и разрывных характеристик полотна, так и износостойкости и его усадки.

## ВЫВОДЫ

В результате выполненных исследований установлено, что особенности процесса вязания и формирования структуры трикотажного полотна являются определяющими при установлении ППТ. При этом наиболее деформированные части элементов трикотажа склонны к заполнению его объема и росту ППТ. Характер перетягивания нити, имеющий место при формировании структуры трикотажа, предопределяет также выбор сырья, требуемого для его выработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шалов И.И. Комбинированные трикотажные переплетения. – М.: МТИ, 1971.
2. Гаджиев Д.А., Зиновьева В.А. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1983, № 5. С.110...113.
3. Шалов И.И., Далидович А.С., Кудрявин Л.А. Технология трикотажного производства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
4. Лазаренко В.М. Процессы петлеобразования: Монография. – М.: Легпромбытиздат, 1986.
5. Гаджиев Д.А. Теоретические основы разработки поверхностей с пониженной материалоемкостью // Ученые записки Азерб. арх.-строит. ун-та. – Баку, 2006, № 1. С.82...87.

6. Варламов А.Р., Цитович И.Г. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1991, № 5. С.119...122.

7. Knapton J. Parameters affecting double knit character and structural versatility // Knitting Times. – V.44, 1975, № 20. P.28...30.

8. Гаджиев Д.А. Разработка технологии вязания трикотажа из самокрученной пряжи: Дис.... канд.техн.наук. – М., 1984.

9. Зиновьева В.А., Гаджиев Д.А. Повышение качества трикотажа из самокрученной пряжи // ОИ. Вып. 3. – М.: ЦНИИТЭИлегпром, 1987.

10. А.с. 1320282(СССР). Кулирный двойной прессовый трикотаж / Гаджиев Д.А., Сулейманов И.И. – Оpubл. 1987. Бюл. № 24.

11. Гаджиев Д.А. Особенности структуры и свойств трикотажа переплетения шахматный фанг // Научн. альманах. Спец. вып. журн. "Текстильная промышленность". – 2006, № 1-2. С.27...28.

12. А.с. 1781341 (СССР). Кулирный двойной прессовый трикотаж / Гаджиев Д.А.– Оpubл. 1992. Бюл. № 46.

13. Гаджиев Д.А. Расширение ассортимента двойного прессового кулирного трикотажа // Научн. альманах. Спец. вып. журн. "Текстильная промышленность". – 2005, №1-2. С.53...55.

Рекомендована кафедрой технологии ткачества и оборудования отрасли. Поступила 30.5.06.

---



УДК 687.023:621.891/.792:541.64.

## УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ ЖИДКОФАЗНОГО ПОЛИМЕРА НА СРЕЗЫ ДЕТАЛЕЙ КРОЯ

*В.В. ВЕСЕЛОВ, И.Д. ГОРБУНОВ, И.В. МОЛЬКОВА, И.А. БОРОДИНА*

**(Ивановская государственная текстильная академия, Управление Федеральной службы исполнения наказаний России по Чувашской Республике, Ивановский филиал ФГУ НИИ информационных и производственных технологий ФСИН России)**

Процессы подготовки деталей кроя к сборке и соединению, то есть монтаж швейных изделий, занимают наибольший объем по трудоемкости изготовления, и именно в этих процессах заложены максимальные резервы роста производительности труда и улучшения качества изготавливаемой одежды.

Нанесение химических композиций на срезы деталей кроя широко применяется в текстильном и швейном производствах при обработке поверхности текстильных материалов [1] для достижения различных технологических эффектов в готовых изделиях (дискретная вытравная и пигментная печать, гидрофобизация мест ниточных соединений на тканях с водоотталкивающей отделкой и т.д.).

Существует много видов устройств по обработке срезов отечественного и зарубежного производства.

Например, установки для обработки срезов фирмы *Lainiere de Pieardie* (Англия), где обработка связующим осуществляется с помощью пульверизатора под небольшим давлением, надежно закрепляет нити и не дает возможности спускаться им на крое по направлениям основы и утка, стабилизирует длину и геометрию срезов, обеспечивает экономию ниток, однако многоэтапность технологии, большое количество вспомогательных ручных опера-

ций, отсутствие фиксации структуры ткани на срезе, длительный процесс термообработки сдерживают ее широкое применение.

Из отечественных вариантов необходимо отметить устройство, состоящее из ролика и трубки для подачи жидкофазного раствора на ролик. Здесь жидкофазный полимер наносится на срезы деталей контактным способом с помощью встречных вращающихся роликов, один из которых имеет специальную геометрию на ободке, а другой, гладкий, является носителем химической композиции.

При промышленных испытаниях было установлено, что наряду с положительным эффектом наблюдаются и отрицательные моменты. Зубчатая рейка и ролик, передающий на поверхность ткани жидкофазный полимер, с одной стороны, не обеспечивают глубокого проникновения в структуру ткани, с другой – в углубления на ролике с текстильного материала залетают ворсинки, мусор, пыль и т.д., образуя сплошную поверхность. Рисунок с ободка ролика не передается на срез ткани, при малом радиусе кривизны происходит сбавление кромки, увеличивается жесткость срезов, а, вступив в механическую связь, нанесенный химический продукт склонен спадать с поверхности ободка из-за слабой адгезии.

Имеющийся в настоящее время широкий ассортимент текстильных материалов по волокнистому составу, видам заключительной отделки, используемым отечественным и зарубежным химическим препаратам, значительно усложняет процессы ниточного соединения, дублирования, придания деталям швейных изделий улучшенных потребительских свойств.

Разработанное нами устройство, обеспечивая глубокое проникновение жидкофазного полимера и стабильность рисунка на всех видах переплетения текстильных материалов, решает многие из поставленных задач и является актуальным для технологических операций по предохранению срезов от осыпания.

Предлагаемое новое устройство устанавливается на игловодителе машины 1022 кл. ОЗЛМ (Республика Беларусь) и полностью согласуется с другими органами машины. В машине отсутствует игла, нитепротягиватель, направляющие игольной нити и т.д. Данное устройство можно представить агрегатом, включающим узел дозирования полимера, узел нанесения его на деталь, пластину с отверстиями в виде заданного геометрического рисунка и емкость с жидкофазным полимером.

Важным фактором в разработанном устройстве является то, что удельное давление печатающего элемента создает все предпосылки для преодоления сил сопротивления ворсованных тканей и нанесения химической композиции непосредственно на структуру ткани.

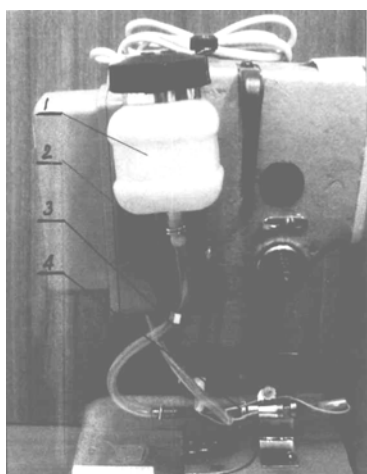


Рис. 1

На рис. 1 представлена головка безыгольной машины, где отсутствуют игла и нитепротягиватель; присутствие регулятора натяжения нити свидетельствует о том, что это базовая швейная машина и поэтому новое устройство ориентировано на те же скорости. Из рисунка видно, что дополнительными узлами являются резервуар 1 с плотно закрывающейся пробкой, смонтированной на головке швейной машины и трубопровод 2, по которому поступает жидкофазная полимерная композиция. Исполнительные операции осуществляют узел дозирования величины жидкофазного полимера 3 и исполнительный узел 4, регулирующий подачу в зону нанесения полимера на срез поверхности ткани. Величина удельного давления и дозирования производится с учетом геометрического рисунка и соответственно расхода жидкофазной массы.

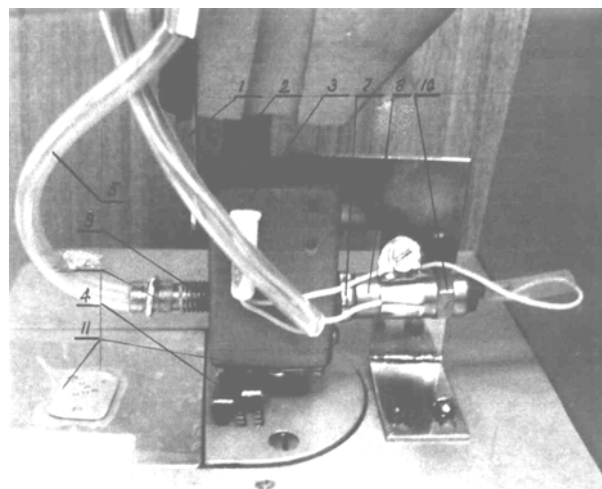


Рис. 2

Устройство для обработки срезов текстильных материалов (рис. 2) включает держатель 1, с помощью которого устройство крепится на игловодителе 2 универсальной стачивающей машины, блок управления 3 и механизм зубчатой рейки 4. Между игловодителем 2 и механизмом зубчатой рейки 4 расположена дозирующая трубка 5 и средство подачи жидкофазного полимера, выполненное в виде поршня 6 с конической головкой (находится в блоке 7) и поперечной канавкой.

Средство подачи 8 установлено с возможностью возвратно-поступательного перемещения вдоль горизонтального канала. Средство подачи через пружину 9 связано с электромагнитом 10, а перед средством подачи жидкофазного полимера расположена дозирующая трубка. Узел нанесения выполнен в виде подающих каналов, заканчивающихся пластиной с отверстиями 11, которые будут соответствовать рисункам, наносимым на около кромочную площадь среза ткани. Смена контуроформирующего геометрического рисунка на ткани осуществляется на подошве управляющего узла машины.

Устройство работает следующим образом. Под пластину 11, выполняющую роль лапки, подкладывается срез детали швейного изделия. Включается швейная машина и главный вал начинает вращаться. Игловодитель опускается в крайнее нижнее положение. Электромагнит срабатывает, реле притягивает поршень с конической головкой и поперечной канавкой, далее игловодитель поднимается в крайнее верхнее положение, электромагнит отталкивает поршень и дозирующая трубка направляет жидкофазную композицию определенной дозы по каналам, после чего раствор продавливается через отверстия в пластине. Механизм зубчатой рейки перемещает деталь кроя на величину стежка. Длина стежка регулируется устройством,

УДК 687.03

## **ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ СЖАТИЯ ОБЪЕМНОГО НЕСВЯЗНОГО УТЕПЛИТЕЛЯ**

*И.Ю. БРИНК, С.Н. СЕРГЕЕНКО, А.С. РУКАВИШНИКОВА*

**(Ростовский институт сервиса (филиал)  
Южно-Российского государственного университета экономики и сервиса)**

В последнее десятилетие большое распространение в качестве утеплителя при изготовлении теплозащитной одежды получили натуральные (перо-пуховая смесь водоплавающей птицы) и синтетические (hollowfiber, fibertech и др.) несвязные объемные утеплители. Использование перо-пуховой смеси обусловлено ее высокими теплоизоляционными и гигиеническими

расположенным на головке швейной машины. Далее процесс повторяется.

При перерывах в работе или длительном отсутствии работы машины под пластину с отверстиями подставляется гидрофобная фторопластовая 40 или 42-миллиметровая пленка, которая перекрывает доступ воздуха к жидкофазному полимеру и тем самым предотвращает его высыхание.

## **В Ы В О Д Ы**

1. Разработано устройство для обработки и стабилизации срезов текстильных материалов и швейных изделий, которое крепится непосредственно на игловодителе машины 1022 кл., согласуется с другими механизмами, позволяет работать на любых скоростях швейной машины, обеспечивая при этом проникновение жидкофазного полимера в глубь структуры ткани.

## **Л И Т Е Р А Т У Р А**

1. *Веселов В.В., Колотилова Г.В.* Химизация технологических процессов швейных предприятий: Учебник / Под ред. В.В. Веселова. – Иваново: ИГТА, 1999.

Рекомендована кафедрой технологии швейных изделий. Поступила 27.01.07.

действию ветровой нагрузки, приводящим к сжатию материалов и уменьшению толщины утепляющего материала, его перераспределению, снижению теплоизолирующей способности одежды.

Изменение объемной плотности утеплителя зависит от его реологических свойств, напряженно-деформированного состояния и времени действия нагрузки. В общем случае величина напряжения  $\sigma$  определяет значение не только деформации  $\varepsilon$ , но и скорости деформации  $\dot{\varepsilon}_v$  [1...3].

Увеличение  $\sigma$  приводит к повышению объемной массы. При давлениях менее 200 Па и времени 5..180 с несвязный объемный утеплитель можно рассматривать как упругое тело [4]. Закономерности сжатия несвязного утеплителя существенно зависят от вида материала. При этом наблюдаются не только упругая деформация, но и пластичная [3].

Цель настоящей работы заключается в установлении зависимости влияния времени нагружения и давления на изменение объема и определение реологических свойств объемных несвязных утепляющих материалов.

В процессе эксперимента в качестве исследуемого объемного утеплителя использовали гусиный пух (96% – пух, 4% –

мелкое перо, показатель F.P.=800), обеспечивающий высокое качество изделия [1...3].

Выбор массы образца проводили на основании предварительных экспериментальных исследований плотности перо-пуховой смеси при различных  $\sigma_{сж}$ .

Давление одностороннего сжатия  $\sigma_{сж}$  может быть определено с учетом потерь, связанных с неоднородностью распределения плотности  $\sigma_i$ , потерь на трение  $\sigma_f$  и давления уплотнения  $\sigma_v$ :

$$\sigma_{сж} = \sigma_i + \sigma_f + \sigma_v = \sigma_{пот} + \sigma_v, \quad (1)$$

где  $\sigma_{пот} = \sigma_i + \sigma_f$ .

При оптимальных значениях массы  $m=1,5$  г (объем – 1,43 л) исследуемого образца, представленных в табл. 1, наблюдаются максимальные значения плотности  $\rho_{max}$ , а потери, связанные с неоднородностью распределения плотности и трения, принимают минимальное значение. Увеличение абсолютных значений напряжения увеличивают абсолютные значения деформации восстановления  $\varepsilon_{вос}$ . Для оптимального значения массы исследуемого образца, можно принять  $\sigma_{сж} \approx \sigma_v$ .

Таблица 1

Масса образца, г	Показатель	Плотность $\rho_{max}$ , потери $\sigma_{пот}$ и деформация восстановления $\varepsilon_{вос}$ при различных давлениях сжатия $\sigma_{сж}$ , Па						
		-41	-83	-124	-165	-248	-330	-413
0,5	$\rho_{max}$	4,68	7,01	10,52	11,08	12,03	14,03	16,84
	$\sigma_{пот}$	0,07	0,10	0,20	0,35	0,56	0,52	0,39
	$\varepsilon_{вос}$	-0,06	-0,22	-0,20	-0,20	-0,29	-0,42	-0,53
1,0	$\rho_{max}$	3,24	4,68	7,01	8,42	12,03	16,84	21,04
	$\sigma_{пот}$	0,13	0,20	0,30	0,35	0,60	0,53	0,49
	$\varepsilon_{вос}$	-0,04	-0,12	-0,20	-0,24	-0,26	-0,30	-0,31
1,5	$\rho_{max}$	<b>3,37</b>	<b>4,95</b>	<b>8,15</b>	<b>11,48</b>	<b>14,85</b>	<b>18,04</b>	<b>22,15</b>
	$\sigma_{пот}$	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>	<b>0,18</b>	<b>0,28</b>	<b>0,53</b>	<b>0,47</b>	<b>0,38</b>
	$\varepsilon_{вос}$	<b>-0,05</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,25</b>	<b>-0,29</b>	<b>-0,37</b>	<b>-0,41</b>	<b>-0,45</b>
2,0	$\rho_{max}$	2,51	6,01	8,02	10,86	12,95	16,84	21,31
	$\sigma_{пот}$	0,16	0,36	0,40	0,48	0,70	0,66	0,61
	$\varepsilon_{вос}$	-0,02	-0,38	-0,38	-0,45	-0,51	-0,51	-0,51
2,5	$\rho_{max}$	2,60	5,13	6,58	8,77	13,15	17,54	19,31
	$\sigma_{пот}$	0,17	0,32	0,41	0,60	1,00	0,93	0,84
	$\varepsilon_{вос}$	-0,02	-0,34	-0,41	-0,43	-0,48	-0,51	-0,53

Методика проведения исследования включала построение экспериментальных зависимостей  $\varepsilon_v(t, \sigma_{сж})$  и  $\rho(t, \sigma_{сж})$ ; определение предельных значений времени  $t_{пред}$ , объемной деформации  $\varepsilon_v_{пред}$ , плотности  $\rho_{пред}$ , сигмоидальной зависимости и ее параметров для предельных значений; логистического уравнения  $\varepsilon_v = f(t)$ ; зависимости параметров логистического уравнения  $\varepsilon_v = f(t)$  от сжимающего напряжения  $\sigma_{сж}$ ; параметров зависимости  $\varepsilon_v = f(\sigma, t)$ ; скорости деформации  $\dot{\varepsilon}_v$  путем дифференцирования зависимости  $\varepsilon_v = f(\sigma, t)$ ; построение 3D моделей  $\dot{\varepsilon}_v(\sigma_{сж}, t)$  и  $\sigma_{сж}(\dot{\varepsilon}_v, \varepsilon_v)$ ; определение коэффициента кажущейся объемной вязкости  $\eta_v^*$ ; вывод уравнения описания ползучести объемного утеплителя и установление его коэффициентов.

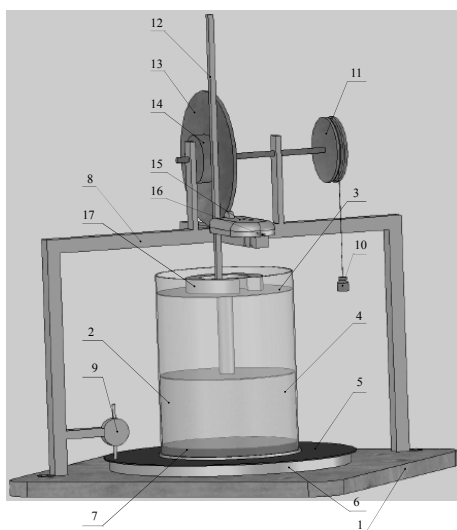


Рис. 1

Для проведения испытаний была разработана и изготовлена экспериментальная установка, реализующая метод одноосного сжатия. Разработанное устройство (рис. 1) состоит из основания 1; подвижного цилиндра 2 с рабочим объемом  $0,0014\text{м}^3$  (1,43л); подвижного нагружающего поршня 3; основания цилиндра 5; измерительной шайбы 6 из связного утеплителя типа "синтепон"; опорной площадки 7, жестко закрепленной на основании рамы 8; измерительного прибора в виде микрометра; противовеса 10 и его ролика 11; измерительного устройства, включающего в себя измерительную планку 12, жестко закреп-

ленную на поршне 3; роликов 13 и 14; датчика перемещения 15, соединенного с компьютером 16.

Технология проведения исследований включала: тарировку синтепоновой шайбы для определения потерь в процессе испытаний; загрузку пуха в цилиндр, нагруженные заданными усилиями (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 10; 20; 25 Н) путем установки груза 17, определение времени при фиксированных перемещениях (2 мм).

Результаты экспериментальных исследований сводили в таблицу, содержащую значения времени  $\Delta t$  через фиксированную высоту  $\Delta h$ .

Расчет текущей высоты образца, высотной логарифмической (истинной) деформации  $\varepsilon_h$  и значений плотности материала  $\rho_i$  осуществляли с помощью разработанной компьютерной программы с учетом насыпной высоты  $h_0$ , массы образца  $m_{обр}$  и груза  $M_{гр}$ :

$$h_i = h_0 - \Delta h, \quad (2)$$

$$\varepsilon_h = \ln\left(\frac{h_i}{h_0}\right), \quad (3)$$

при этом  $\varepsilon_h = \varepsilon_v$ ,

$$\rho_i = \frac{4m_{обр}}{\pi D^2 h_i}. \quad (4)$$

На основании проведенных экспериментов были установлены основные закономерности деформации при сжатии объемного утеплителя.

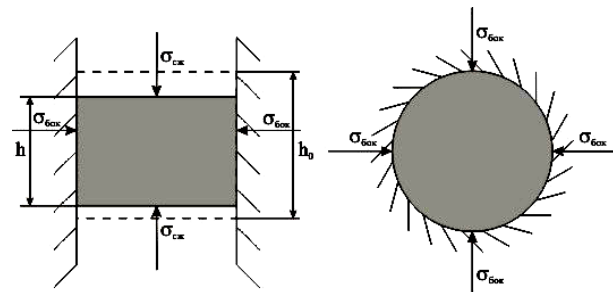


Рис. 2

Напряженно-деформационное состояние объемного утеплителя (рис. 2 – схема

сжатия несвязного объемного утеплителя) в процессе сжатия в жестком цилиндре при отсутствии радиальной деформации и без учета сил трения описывается тензорами

$$T_{\sigma} = \begin{vmatrix} -\sigma_{\text{бок}} & 0 & 0 \\ 0 & -\sigma_{\text{бок}} & 0 \\ 0 & 0 & -\sigma_{\text{сж}} \end{vmatrix} = -\sigma_{\text{сж}} \begin{vmatrix} k_{\text{бок}} & 0 & 0 \\ 0 & k_{\text{бок}} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad (5)$$

где  $k_{\text{бок}} = \frac{\sigma_{\text{бок}}}{\sigma_{\text{сж}}}$  – коэффициент бокового давления;  $\sigma_{\text{бок}} = k_{\text{бок}} \sigma_{\text{сж}}$  – боковое давление.

$$T_{\varepsilon} = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_h \end{vmatrix}, \quad (6)$$

где  $\varepsilon_h = \ln\left(\frac{h_i}{h_0}\right) \leq 0$  – высотная деформация;  $h_0, h_i$  – исходная и текущая высота образца соответственно.

Объемная деформация определяется как сумма диагональных членов тензора деформаций  $T_{\varepsilon}$ :

$$\varepsilon_v = 0 + 0 + \varepsilon_h = \varepsilon_h, \quad (7)$$

$$\varepsilon_{\text{ср}} = \frac{1}{3} \varepsilon_v. \quad (8)$$

Изотропные части тензоров напряжения  $T_{\sigma}$  и деформации  $T_{\varepsilon}$  записываем в виде:

$$T_{\sigma}^v = \begin{vmatrix} \sigma_{\text{ср}} & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{\text{ср}} & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_{\text{ср}} \end{vmatrix}, \quad (9)$$

$$T_{\varepsilon}^v = \begin{vmatrix} \varepsilon_{\text{ср}} & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_{\text{ср}} & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{\text{ср}} \end{vmatrix}, \quad (10)$$

где  $\sigma_{\text{ср}} = -\frac{1}{3} \sigma_{\text{сж}} (2k_{\text{бок}} + 1)$  – среднее напряжение  $\sigma_{\text{ср}}$  (при  $k_{\text{бок}} \cong 1, \sigma_{\text{ср}} \cong \sigma_{\text{сж}}$ ).

напряжений  $T_{\sigma}$  и деформаций  $T_{\varepsilon}$ , средней деформации  $\varepsilon_{\text{ср}}$ , девиаторами тензоров напряжения  $D_{\sigma}$  и деформации  $D_{\varepsilon}$ :

$$D_{\sigma} = (T_{\sigma} - T_{\sigma}^v), \quad (11)$$

$$D_{\varepsilon} = (T_{\varepsilon} - T_{\varepsilon}^v). \quad (12)$$

Для линейно-упругого тела реологические уравнения записываются в виде [5]:

$$D_{\sigma} = 2GD_{\varepsilon}, \quad (13)$$

$$T_{\sigma}^v = 3kT_{\varepsilon}^v, \quad (14)$$

$$\sigma_{\text{ср}} = k\varepsilon_v, \quad (15)$$

где  $G$  – модуль сдвига;  $k$  – коэффициент сжимаемости.

Для линейного вязкого тела [5]:

$$D_{\sigma} = 3\eta D_{\dot{\varepsilon}}, \quad (16)$$

$$T_{\sigma}^v = 3kT_{\varepsilon}^v + 3\eta_v T_{\dot{\varepsilon}}^v, \quad (17)$$

$$\sigma_{\text{ср}} = k\varepsilon_v + \eta_v \dot{\varepsilon}_v, \quad (18)$$

где  $\eta$  – коэффициент сдвиговой вязкости;  $\eta_v$  – коэффициент объемной вязкости;  $\dot{\varepsilon}_v = \frac{d(\varepsilon_v)}{dt}$  – скорость объемной деформации;  $D_{\dot{\varepsilon}}, T_{\dot{\varepsilon}}$  – девиатор и изотропная часть тензора скорости деформации.

Сжатие объемного несвязного утеплителя характеризуется упругими и пластическими деформациями, зависящими от времени. В общем случае закономерности деформации могут носить нелинейный характер.

Описание результатов исследования влияния скорости объемной деформации  $\dot{\varepsilon}_v$  на напряжение  $\sigma_{\text{сж}}$  осуществляли с помощью коэффициента кажущейся объемной вязкости  $\eta_v^*$ :

$$\eta_v^* = \frac{\sigma_{\text{сж}}}{\dot{\varepsilon}_v}. \quad (19)$$

## ВЫВОДЫ

Разработана методика и экспериментальная установка для исследования кинетики процессов сжатия несвязного объемного утеплителя, позволяющая определить время при фиксированных значениях объемной деформации и нагрузки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бринк И.Ю., Лебедева Е.О. Исследование воздействия ветра на пакеты теплозащитной одежды при ветровой нагрузке // Швейная промышленность. – 2005, №3. С.34...36.

2. Бекмурзаев Л.А. Проектирование изделий с объемными материалами: Монография. – Шахты: ЮРГУЭС, 2001.

3. Балясов П.Д. Сжатие текстильных волокон в массе и технология текстильного производства: Монография. – М.: Легкая индустрия, 1975.

4. Сергеенко С.Н. и др. Исследование одноосного сжатия // Материаловедение. – 2003, №1. С.16...21.

5. Рейнер М. Деформация и течения. Введение в реологию. – М.: Гос. науч.-техн. изд. нефтяной и горно-топливной литературы, 1963.

Рекомендована кафедрой моделирования, конструирования и технологии швейных изделий. Поступила 30.05.07.

УДК 677.051

**ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ РАВНОМЕРНОГО ШИРЕНИЯ ТКАНИ  
В МАШИНАХ ОТДЕЛОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Г. К. КУЗНЕЦОВ**, С. Н. ТИТОВ, А. Ю. СМЕРНОВ

(Костромской государственный технологический университет)

При обработке тканей расправленным полотном на ее поверхности не должно образовываться складок, загнутых кромок. Последние приводят к браку в виде прорезания, раздавливания при дальнейшей обработке в валковых механизмах и к потере прочности.

В целях предупреждения и устранения этих дефектов в отделочных машинах применяют различные ширители ткани – дуговые, винтовые, планочные [1], [2]. Не менее важной функцией этих устройств является достижение равномерной поверхностной плотности тканей, что должно обеспечить равномерную пропитку, промывку, прокраску ткани при ее жидкостной обработке.

Для ширения к поверхности ткани со стороны рабочих элементов ширителя прикладываются силы, направленные вдоль уточных нитей [3]. Распределение этих сил по ширине ткани должно обеспечить равномерную в направлении утка поверхностную плотность ткани. В дальнейшем это должно привести к равномерному распределению агента жидкостной обработки по ширине полотна.

Для того, чтобы решить эту задачу, надо обеспечить такое распределение по ширине полотна ткани, при котором она при ширении получила бы одинаковую деформацию растяжения в направлении уточных нитей.

В свете решения поставленной проблемы примем модель обрабатываемого по-

лотна в виде ленты, закрепленной одним концом и находящейся под действием системы распределенных сил (рис 1). Начало координат расположим на кромке ленты, а силы направим противоположно принятому направлению оси  $x$ .

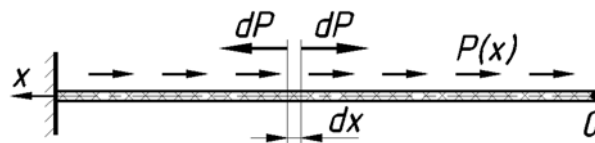


Рис. 1

Обозначим:  $P(x)$  – сила, действующая на единицу длины ленты, Н/м ;  $c = EF$  – жесткость ленты на растяжение, Н;  $E$  – модуль упругости ленты, Н/м<sup>2</sup>;  $F$  – площадь поперечного сечения ленты, м<sup>2</sup>.

На элемент ленты длиной  $dx$  (рис. 1) действуют силы:  $dP = p(dx)$  – элементарная сила растяжения ленты;  $dR = cd\varepsilon$  – сила сопротивления деформированию ленты.

Приравнивая эти силы, получим равенство:

$$cd\varepsilon = P(x)dx \text{ или } d\varepsilon = \frac{1}{c}P(x)dx. \quad (1)$$

Удлинение ленты в ее произвольном сечении будет:

$$\varepsilon = \frac{1}{c} \int P(x)dx. \quad (2)$$



Интегрирование можно проводить по параметру  $x$  в пределах от 0 до  $x$  или брать неопределенный интеграл.

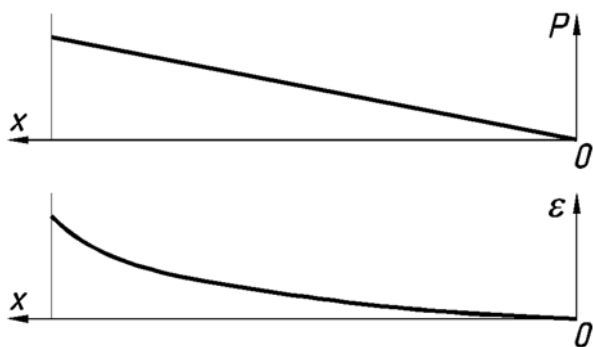


Рис. 2

Рассмотрим некоторые вероятные виды нагружения ленты. При нагрузке, линейно возрастающей от конца ленты до закрепления (рис. 2) – аналог задаче нагружения вертикальной балки действием сил тяжести [4], – примем  $P(x) = ax$ .

Тогда

$$\varepsilon = \frac{a}{2c} x^2. \quad (3)$$

Удлинение распределяется по кривой второго порядка.

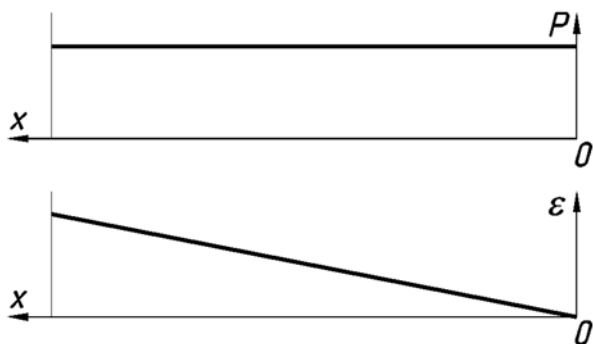


Рис. 3

Если на полосу действует равномерно распределенная нагрузка (рис.3):  $P(x) = \text{const}$ , то удлинение будет

$$\varepsilon = \frac{a}{c} x. \quad (4)$$

Удлинение падает по линейной зависимости.

Если поставить задачу получения распределения нагрузки для постоянного удлинения полосы, то (по той же методике) получим:

$$\varepsilon = \frac{1}{c} \int P(x) dx = \text{const};$$

$$\frac{d\varepsilon}{dx} = 0 \text{ и } P(x) = 0. \quad (5)$$

Это говорит о том, что равномерной деформации при распределенной нагрузке получить нельзя. Равномерное ширение можно получить, если нагружать полосу сосредоточенными силами, приложенными в ее концах. На практике такое растяжение осуществляется при помощи цепных ширителей (в сушильно-ширильной машине [5]), шпартук в ткацких станках, в роликовых тканенаправителях [6].

Однако при ширении ткани перед жидкостной обработкой желательно осуществить воздействие на нее с помощью распределенной нагрузки. Исходя из предыдущих рассуждений можно предположить, что удлинение, близкое к равномерному, можно получить путем нагружения, падающего от кромки к середине ткани.

Закономерность такого распределения нагрузки может быть описана, например, линейной функцией:  $P(x) = a - bx$  или показательной функцией:  $P(x) = e^{-ax}$ .

В первом случае  $a$  – величина усилия на кромке полосы;  $b$  – степень уменьшения усилия в направлении от кромки к середине ткани. Тогда запишем:

$$\varepsilon = \frac{1}{c} \int (a - bx) dx. \quad (6)$$

После интегрирования получим:

$$\varepsilon = \frac{1}{c} [ax - bx^2 + B],$$

или, заменив буквенные обозначения:

$$\varepsilon = D + Mx - bx^2. \quad (7)$$

Таким образом, удлинение представляется функцией двух переменных  $x$  и  $b$  ( $\varepsilon = \varepsilon(x, b)$ ).

Здесь следует подобрать такую величину  $b$ , при которой удлинение максимально приближено к равномерному. Изменяя величину  $b$ , подбираем параболу, у которой участок вблизи максимума будет приближаться к горизонтальной прямой.

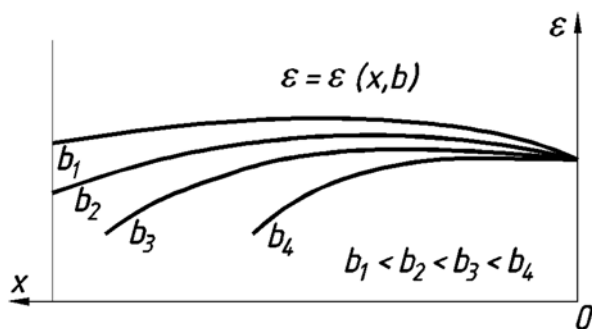


Рис. 4

Результаты анализа в виде графика представлены на рис.4 – распределение деформаций по ширине полотна при различных распределениях нагрузки.

Из построения видно, что ширение, близкое к равномерному, можно получить при распределении нагрузки, убывающей от кромки к середине ткани.

Распределение нагрузки рассмотренного вида получается у всех дуговых, а также и винтовых ширителей с переменным шагом винтовой линии. В планчатых ширителях такой закономерности распределенного усилия можно добиться с помощью

изменения нагрузки на планку по ее длине или различной шероховатости планки.

При воздействии на ткань в дуговых и винтовых ширителях кроме усилия, направленного вдоль утка, возникают силы, направленные вдоль основных нитей [3], [6]. Наличие таких сил может привести к смещению уточных нитей, то есть к дефекту, который впоследствии придется исправлять. Это надо учитывать при проектировании и эксплуатации ширителей.

Проведенный анализ может быть полезен как для проектировщиков оборудования, так и для эксплуатационников.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Коньков А.И. и др.* Оборудование отделочного производства текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1964.
2. *Фомин Ю.Г. и др.* Основы теории, конструкция и расчет валковых машин. – Ч. 1 и 2. – Иваново: ИГТА, 1999.
3. *Городиский Л.Г., Кузнецов Г.К., Титов С.Н.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – №5, 2006.
4. *Степин П.А.* Сопротивление материалов. – М.: Высшая школа, 1983.
5. *Машиностроение. Энциклопедия. Том IV – 13. Машины и агрегаты текстильной и легкой промышленности.* – М.: Машиностроение, 1997.
6. *Кузнецов Г.К., Саввин О.А., Титов С.Н.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – №2, 2002.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 29.01.07.

УДК 677.054.823-52

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА  
РЕГУЛЯТОРА НАТЯЖЕНИЯ ОСНОВЫ  
ДЛЯ ТКАЦКИХ СТАНКОВ**

*В.В. ГУБИН, А.А. МАКАРОВ*

**(ОАО "ВНИИЛТЕКМАШ",  
Московский государственный текстильный университет им А.Н. Косыгина)**

Выпускаемые ведущими фирмами в мире ткацкие станки оснащены современными электромеханическими системами автоматического регулирования (САР) натяжения основы, позволяющими с достаточно высокой точностью стабилизировать натяжение. Ткацкие станки, выпускаемые отечественной промышленностью, до настоящего времени оснащаются устаревшими механическими САР.

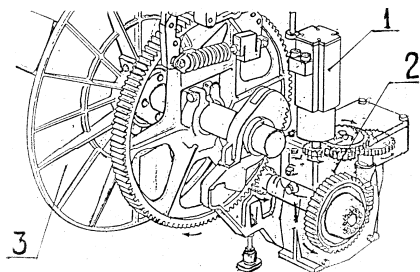


Рис. 1

При создании современных САР натяжения основы необходимо разработать исполнительный механизм, динамические характеристики которого позволяли бы обеспечить качественное регулирование натяжения основы. Для современных САР натяжения основы на ткацких станках характерно использование исполнительного механизма (рис.1), состоящего из приводного электродвигателя постоянного тока 1 с независимым возбуждением, соединенного с помощью редуктора 2 с регулирующим органом-навоем 3 [1].

С целью определения возможности использования данного исполнительного механизма в САР натяжения основы для скоростных ткацких станков необходимо исследовать его основные динамические характеристики.

Широкий диапазон изменения частоты вращения для регулируемых электродвигателей постоянного тока приводит к значительному снижению мощности двигателя при работе его на низких частотах вращения. Для устранения этого исполнительный механизм имеет редуктор с возможностью изменения передаточного отношения в зависимости от скорости работы ткацкого станка, плотности уточных нитей на единицу длины ткани и уработки основных нитей.

Исходя из выбранного диапазона передаточного отношения редуктора и предъявляемых выше требований минимальная частота вращения вала электродвигателя должна быть не более  $10,46 \text{ с}^{-1}$ , а диапазон регулирования при этом должен составлять 1:5,4 при мощности 0,5 кВт. Этим требованиям отвечает электродвигатель постоянного тока типа ДПУ127-450-1-57-Д09 с независимым возбуждением при применении якорной схемы управления, обеспечивающей весьма жесткие механические характеристики.

Структурная схема и передаточная функция такого электродвигателя приведены в [1] и [2] и могут быть использованы

при анализе данного исполнительного механизма.

Из рис.1 видно, что электромеханическая постоянная времени  $T_M$  данного исполнительного механизма зависит от моментов инерции ткацкого навоя и редуктора, приведенных к валу электродвигателя. Поскольку момент инерции навоя изменяется в процессе сматывания основы, то постоянная времени  $T_M$  будет величиной переменной.

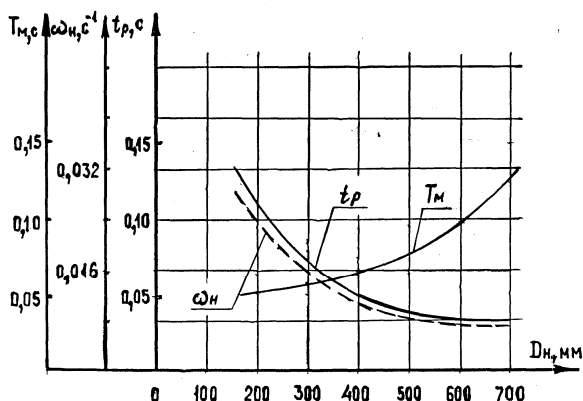


Рис. 2

Зависимость электромеханической постоянной времени от радиуса сматывания основы на навое  $R_H$  исполнительного механизма регулятора натяжения основы с навоем приведена на рис.2.

Исследования передаточной функции данного исполнительного механизма с регулирующим органом (навоем) и численный анализ показывают, что исследуемое звено является колебательным; при этом относительный коэффициент затухания данного звена меньше единицы, а характеристическое уравнение имеет пару сопряженных комплексных корней с отрицательной вещественной частью, что соответствует устойчивости данного звена.

Собственная частота колебаний данного звена определяется согласно выражению

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{T_J T_M}}, \quad (1)$$

где  $T_J = L_J / R_J$  – электромагнитная постоянная времени якорной цепи, с; при этом она является величиной переменной, изменяющейся в зависимости от радиуса сматывания основы с навоя.

Исследования показывают, что для колебательных звеньев с относительным коэффициентом затухания  $\xi > 0,8$  переходный процесс протекает сравнительно медленно, и колебания относительно предельного установившегося значения отсутствуют. В этом случае величина перерегулирования, как правило, не превышает 1,5%.

Следует отметить, что при изменении радиуса сматывания основы с навоя от 0,35 до 0,075м относительный коэффициент затухания удовлетворяет условию

$$1 > \xi > 0,45. \quad (2)$$

В этих пределах резонансное усиление колебаний невелико и, следовательно, у электропривода постоянного тока переходный процесс будет протекать с весьма небольшими амплитудами колебания отпуса основы.

Это обстоятельство при рассмотрении электроприводов постоянного тока, как объекта автоматического регулирования, позволяет прибегать к упрощенному представлению их передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{K_{ДВ}}{(\sqrt{T_J T_M} p + 1)^2}, \quad (3)$$

где  $K_{ДВ}$  – коэффициент передачи электродвигателя,  $(В \cdot с)^{-1}$ , то есть позволяет заменить колебательное звено двумя аperiodическими звеньями с постоянной времени  $T_1 = \sqrt{T_J T_M}$ .

Время переходного процесса, когда скорость вращения электродвигателя достигает значения, отличающегося от установившегося не более чем на 5%, изменяется в зависимости от радиуса сматывания ткацкого навоя ориентировочно от 0,117 до 0,147с и определяется из соотношения

$$t_v = \frac{3}{\xi \omega_0}. \quad (4)$$

Основной причиной изменения натяжения основы в процессе выработки тканей является уменьшение радиуса сматывания основы и удлинение ее в процессах прибоа и зевобразования. Качественное регулирование натяжения основы возможно при условии, что исполнительный механизм позволяет обрабатывать управляющий сигнал САР натяжения основы, вызванный возмущающими воздействиями – изменением радиуса сматывания основы с навоа и удлинением ее в процессе зевобразования.

Вследствие этого при скорости прокладки уточной нити на ткацком станке 4,5 уточ/с период циклического изменения натяжения основы, связанный с зевобразованием, составляет 0,222 с, а переходный процесс отпуска основы практически заканчивается в 1,5...1,89 раза быстрее, чем данный период циклического изменения натяжения основы.

К динамическим показателям исполнительного механизма также относится время разгона навоа; при этом обеспечение кратчайшего времени разгона выходного вала электропривода с редукторной передачей может быть достигнуто выбором оптимального передаточного числа редуктора.

При пренебрежении потерями в редукторе минимальное время разгона достигается выбором оптимального передаточного числа редуктора при заданных значениях моментов инерции ротора электродвигателя  $J_d$ , производственного механизма (навоа)  $J_H$  и момента сопротивления  $M_H$ .

Оптимальное передаточное отношение  $i_0$  исходя из правила определения максимума  $d\omega_H/dt$  и полагая  $M_H = \text{const}$ , а также  $M_d = \text{const}$  (средним за период переходного режима), определяется из следующего выражения:

$$i_0 = \frac{M_H}{M_d} + \sqrt{\left(\frac{M_H}{M_d}\right)^2 + \frac{J_H}{kJ_d}}, \quad (5)$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий момент инерции передач;  $\omega_H$  – частота вращения навоа,  $\text{с}^{-1}$ ;  $M_d$  – момент, развиваемый двигателем,  $\text{Н}\cdot\text{м}$ .

Подстановка цифровых значений параметров данного исполнительного механизма в (5) показывает, что оптимальное передаточное отношение редуктора не полностью удовлетворяет требованиям технологического режима ткацкого станка СТБ, а следовательно, фактическое время разгона будет несколько отличаться от оптимального.

В нашем случае  $iM_d \gg M_H$  и  $J_H \ll ki^2J_d$ , поэтому

$$\frac{d\omega_H}{dt} \approx \frac{M_d}{ikJ_d}, \quad (6)$$

откуда время разгона навоа определяется согласно выражению

$$t_p = ik \frac{\omega_H J_d}{M_d}, \quad (7)$$

где  $\omega_H$  – частота вращения навоа, зависящая от диаметра навивки основы,  $\text{с}^{-1}$ .

При условии что  $d\omega_H/dt = \text{const}$ , время разгона является величиной переменной. Зависимости электромеханической постоянной времени, частоты вращения и времени разгона навоа от диаметра навивки основы приведены на рис.2. Изменение инерционных сил навоа в широком диапазоне, обусловленное изменением его радиуса сматывания, сказывается на времени разгона; при этом с уменьшением радиуса момент инерции уменьшается, и время разгона также должно было бы уменьшаться. Однако, ввиду того, что уменьшение радиуса сматывания сопровождается возрастанием частоты вращения навоа, время разгона также возрастает.

Для ткацкого навоя с плотностью намотки основы  $0,7 \text{ г/см}^3$  максимальное время разгона составляет  $0,15 \text{ с}$ . Хотя это превышает оптимальное значение времени разгона примерно в три раза, тем не менее, оно не является лимитирующим фактором при оценке общих динамических свойств как звена исполнительного механизма, так и регулятора в целом.

Для исполнительного механизма входным параметром является напряжение якоря электродвигателя, а выходным – отпуск основы. С учетом передаточного числа редуктора и связи между частотой вращения навоя и величиной отпуска основы передаточная функция имеет следующий вид:

$$W_p(p) = \frac{K_{\text{ИМ}}}{(\sqrt{T_y T_M} p + 1)^2}, \quad (8)$$

где  $K_{\text{ИМ}} = \frac{K_{\text{ДВ}} R_H}{i}$ .

Коэффициент передачи исполнительного механизма  $K_{\text{ИМ}}$  в зависимости от передаточного отношения редуктора при  $R_H = 0,4 \text{ м}$  лежит в пределах от  $1,08 \cdot 10^{-4}$  до  $3,47 \cdot 10^{-3} \text{ В}^{-1} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ , а при  $R = 0,1 \text{ м}$  – от  $2,7 \cdot 10^{-5}$  до  $8,67 \cdot 10^{-4} \text{ В}^{-1} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$ .

Логарифмическая амплитудно-частотная характеристика, соответствующая (8), при  $\omega < 1/\sqrt{T_y T_M}$  имеет вид горизонтальной прямой, проведенной на высоте  $20 \lg K_{\text{ИМ}}$ , а при  $\omega > 1/\sqrt{T_y T_M}$  представляет собой прямую линию с наклоном –  $40 \text{ дБ/дек}$ .

Так, для выбранного исполнительного механизма с передаточным отношением редуктора 954 и плотностью намотки основы на навое  $0,7 \text{ г/см}^3$ , при радиусе навивки основы на навое  $R_H = 0,4 \text{ м}$  и  $R_H = 0,1 \text{ м}$  логарифмические амплитудно-частотные характеристики имеют вид, приведенный на рис.3.

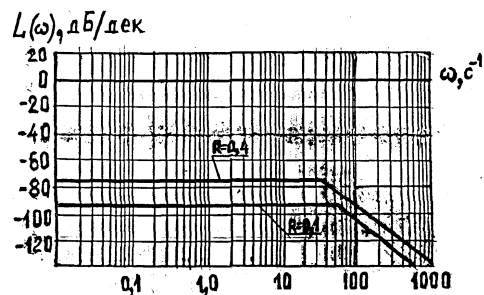


Рис. 3

Полоса пропускания разработанного нами исполнительного механизма лежит в пределах от 0 до  $48,75 \text{ с}^{-1}$ . Данный исполнительный механизм позволил разработать САР натяжения, которая имеет более высокие показатели качества регулирования натяжения основы. Ткацкие станки, оснащенные такой САР, могут работать со скоростью до  $465 \text{ об/мин}$  и выше при высоком качестве регулирования натяжения основы. Исходя из ЛАЧХ видно, что ввиду изменения диаметра навивки основы на навое в 4 раза значение частоты сопряжения изменяется всего на 31%. Кроме того, в обоих случаях коэффициент относительного затухания остается большим ( $\xi = 0,85$  и  $0,98$ ).

## ВЫВОДЫ

Разработанный исполнительный механизм дает возможность создать современную САР натяжения основы для ткацких станков СТБ, позволяющую значительно повысить качество регулирования натяжения и одновременно делает возможным применение этой САР на вновь разрабатываемых скоростных ткацких станках.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Петров Б.И. и др. Динамика следящих приводов. – М.: Машиностроение, 1982.
2. Иванов В.А. и др. Математические основы теории автоматического регулирования. – М.: Высшая школа, 1971.

Рекомендована кафедрой автоматики и промышленной электроники МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 05.12.06.

УДК 66.047

**ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ  
ДИСПЕРСНЫХ ВОЛОКНООБРАЗУЮЩИХ ПОЛИМЕРОВ  
КАК ОБЪЕКТОВ СУШКИ***Б.С. САЖИН, М.Б. САЖИНА, А.С. БЕЛОУСОВ, М.В. ЧУНАЕВ, Ю.В. МОРДОВИНА, А.В. ЛОПАКОВ**(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)*

Во многих отраслях промышленного комплекса сушка является одним из самых распространенных, важных, сложных и энергоемких технологических процессов, во многом определяющих качество готовой продукции. Однако решение такой актуальной задачи, как повышение эффективности процесса сушки, невозможно без классификации высушиваемых материалов, осуществляемой на основе комплексного анализа материалов как объектов сушки [1], [2].

Среди основных характеристик, необходимых для комплексного анализа подвергаемых сушке влажных материалов, можно выделить пять групп: 1) сорбционно-структурные (изотермы сорбции-десорбции, кривые распределения пор по радиусам), ответственные за внутреннее диффузионное сопротивление в процессе сушки; 2) тепловые (теплопроводность, температуропроводность, теплоемкость), ответственные за термическое сопротивление в процессе сушки; 3) гигротермические (термограммы сушки, теплоты смачивания), определяющие виды и энергию связи влаги с материалами; 4) структурно-механические (адгезионно-аутогезионные свойства, размер и форма частиц), влияющие на выбор гидродинамического режима и конструкции грузочно-разгрузочных устройств; 5) технологические характери-

стики (допустимая температура нагрева материала, пожаро-взрывоопасные свойства), часто играющие роль ограничивающих параметров при выборе методов сушки и конструкции аппарата.

На базе комплексного анализа влажных материалов существует несколько методов классификации материалов как объектов сушки. В частности, влажные дисперсные материалы можно характеризовать по технологическим свойствам (допустимая температура нагрева, токсичность, взрывоопасность), по агрегатному состоянию (твердые, пастообразные, суспензии, растворы) и по химическому составу. В связи с тем, что указанных признаков для выбора рационального типа сушильного агрегата мало, выделяют классификацию материалов по типу теплофизических задач (посредством характеристических чисел  $Bi$ ,  $Bi'$ ,  $Fo$ ,  $Fo'$ , рекомендуя для каждого класса продуктов соответствующие сушильные аппараты) [1], [3].

Аналогичным образом можно разделить задачи межфазного тепло- и массообмена на внешние, внутренние и балансовые, разграничивая при этом по значениям числа  $Bi$  (теплового и диффузионного), соответственно при  $Bi$ ,  $Bi' > 20$  – задача считается внутренней, при  $Bi$ ,  $Bi' < 0,1$  – внешней.

Недостаток указанной классификации заключается в том, что определяющие параметры (температуропроводность, коэффициенты термодиффузии, тепло- и массообмена) зависят не только от природы материала, но и от конкретного метода и режима обработки [4], [5].

Существует классификация по формам и энергиям связи влаги с материалом [4],

[5], но она не позволяет определить целесообразный тип аппарата и время сушки.

Наиболее полно отразить свойства влажных материалов как объектов сушки позволяет классификация по сорбционно-структурным характеристикам с учетом видов и энергии связи влаги с материалом и его адгезионно-аутогезионных свойств [4], [5].

Т а б л и ц а 1

Класс материалов	Критический диаметр пор $d_{кр}$ , нм	Группа пор	$K_a$	Характеристика пористой структуры материала и вида связи влаги	Продолжительность сушки во взвешенном слое
I	более 100	0	2 – 3	Непористые материалы со свободной влагой	0,5 – 2,0 с
II	100 – 8	1	2 – 4	Широкопористые материалы со слабо связанной влагой (испарение из жидкой пленки)	3,0 – 10 с
III	8 – 6	2	2 – 3	Высоковлажные материалы с переходными порами со свободной и связанной влагой (кнудсеновская диффузия)	10 – 40 с
IV	6 – 4	3	2 – 3	Тонкие поры со свободной и связанной влагой (кнудсеновская и поверхностная диффузия)	0,5 – 2 мин
V	4 – 2	4	до 2	Микропоры со связанной влагой (поверхностная диффузия)	2 – 20 мин
VI	менее 2	5	до 2	Ультрамикропоры, соизмеримые с размером молекул (твердотельная диффузия)	20 – 40 мин

Нами предлагается новая классификация дисперсных материалов по сорбционно-структурным характеристикам, представленная в табл. 1, в соответствии с которой материалы делятся на шесть групп.

*Первую группу* составляют макропористые и непористые материалы, а последующие 5 групп соответствуют классификации пор по диаметрам. Примеры материалов первой группы – сополимер стирола с дивинилбензолом, полистирол ПС-СУ<sub>2</sub>.

*Вторую группу* составляют материалы с порами диаметром от 100 до 8 нм. В порах такого диаметра основным механизмом переноса является испарение жидкости пленки со стенок капилляров; перенос пара осуществляется под действием кнудсеновской диффузии. Поверхностная диффузия не вносит ощутимого вклада в процесс переноса и составляет не более 4% от

общего потока влаги при  $d=10$  нм, а при  $d=5$  нм составляет примерно 13,5%. Примеры материалов второй группы – сополимер стирола МС, сополимер формальдегида.

*К третьей группе* относятся материалы, имеющие поры диаметром от 8 до 6 нм. Основным механизмом переноса в этой группе является кнудсеновская диффузия, доля которой существенно зависит от диаметра пор, и поверхностная диффузия, вклад которой в общий поток жидкости становится все более ощутим. Примеры материалов третьей группы – поливинилхлорид, сополимер А-15.

*Четвертую группу* составляют материалы с порами диаметром от 6 до 4 нм; в этой группе основным механизмом переноса являются также кнудсеновская и поверхностная диффузии. Примеры материа-



лов четвертой группы – сополимер стирола МСН, сополимер ВХВД-40.

В материалах *пятой группы*, содержащих микропоры ( $d=4-2$  нм), вклад поверхностной диффузии весьма существенный и при  $d=2$  нм может составлять 80% от общего потока массы. Скорость сушки падает вследствие меньшей скорости передвижения жидкости в жидкой пленке по сравнению с переносом ее по поровым каналам в виде пара. Примеры материалов пятой группы – полиолефины (полиэтилен, полипропилен).

Наконец, *шестую группу* составляют материалы, содержащие ультрамикропоры, то есть поры, диаметр которых соизмерим с размером молекул удаляемой жидкости. В ультрамикропорах диффузия пара весьма затруднена и не является уже ни кнудсеновской, ни поверхностной (это уже твердотельная диффузия). Примеры материалов шестой группы – катионитная смола КУ-2, анионитная смола ЭДЭ-10П, полиамидные смолы, полиэтилентерефталат (ПЭТФ).

Учет адгезионно-когезионных свойств материалов в табл. 1 осуществляется через величину адгезионно-аутогезионного коэффициента  $K_a$ , который может изменяться от 1 (идеально сыпучие материалы, например, песок в песочных часах) до 5 (практически несипучие, часто пастообразные материалы, например, мокрая глина).

УДК 677.057.135.2

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СУШКИ ПАКОВОК ЛЬНЯНОЙ ПРЯЖИ НА СТЕРЖНЯХ РАЗЛИЧНОЙ ГЕОМЕТРИИ С УЧЕТОМ РАЗБРОСА ПО ПРОНИЦАЕМОСТИ

*Н.В.КИСЕЛЕВ*

(Костромской государственной технологической университет)

Экспериментальные [1] и теоретические [2] исследования показывают, что конструктивные параметры стержня носителя материала аппаратов серий АКДС, АКДН оказывают существенное влияние

на равномерность распределения рабочих сред по высоте столба паковок при жидкостной обработке и сушке, а следовательно, на качество и эффективность этих технологических операций. В большей степени

## ВЫВОДЫ

1. Рассмотрены основные характеристики дисперсных волокнообразующих полимеров как объектов сушки во взвешенном слое. Отмечена решающая роль сорбционно-структурных характеристик.

2. Предложена новая классификация влажных дисперсных волокнообразующих полимеров по сорбционно-структурным характеристикам с учетом адгезионных свойств высушиваемых материалов, позволяющая по месту материала в классификационной таблице определить требуемое время сушки во взвешенном слое.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Лыков А.В.* Теория сушки. – М.: Энергия, 1968.
2. *Сажин Б.С., Сажин В.Б.* Научные основы техники сушки. – М.: Наука, 1997.
3. *Романков П.Г., Рашковская Н.Б.* Сушка во взвешенном состоянии. – Л.: Химия, 1979.
4. *Сажин В.Б., Сажина М.Б.* Выбор и расчет аппаратов с взвешенным слоем. – М., 2001.
5. *Сажин В.Б., Сажина М.Б.* Сушка в закрученных потоках: теория, расчет, технические решения. – М., 2001.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 30.03.07.

это относится к паковкам текстильных материалов, обладающих высокой проницаемостью (льняная пряжа, синтетические нити).

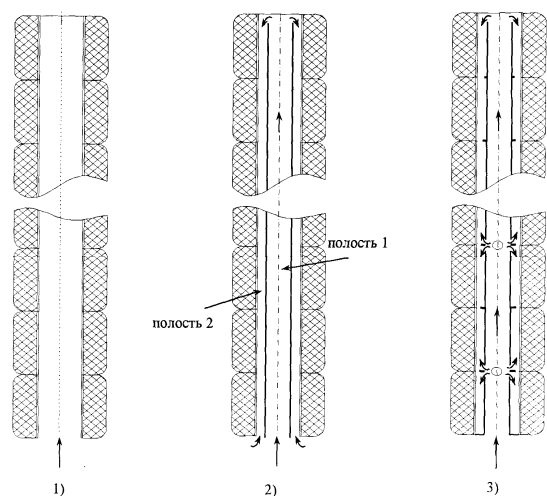


Рис. 1

В настоящее время для формирования столбов паковок используется два типа стержней (рис. 2). При одностороннем движении среды направление течения среды в любой точке поперечного сечения совпадает с направлением подачи ее в столб (рис. 1, поз. 1); при этом конструкция стержня влияет лишь на площадь проходного сечения столба и коэффициент его гидравлического сопротивления. К данному типу относится, в частности, стержень носителей материала аппаратов серии АКДС.

При двуполостном движении среды центральная труба, которая может иметь перфорацию, обеспечивает подвод среды из полости 1 в полость 2 минимум в двух сечениях, и в полости 2 уже не существует единственного направления течения. К данному типу относятся стержень аппаратов АКДН (модификации с трубой круглого и треугольного сечения) и предложенный ранее стержень [3], предназначенный для проведения жидкостных обработок при неполном заполнении аппарата рабочим раствором с низким модулем ванны.

Произведем сравнительный анализ указанных вариантов конструкции стержней при сушке льняной пряжи с учетом разброса проницаемости отдельных паковок.

Ранее в [2] было показано, что для снижения неравномерности распределения

расхода через паковки по высоте столба необходимо повышать число Эйлера:

$$Eu = \frac{a S^2}{\rho h Q_0^2},$$

где  $a$  – коэффициент сопротивления паковки;  $S$  – площадь проходного сечения столба;  $\rho$  – плотность среды;  $Q_0$  – расход среды, подаваемой в столб паковок;  $h$  – высота столба паковок.

Для стержней первого и второго типов (рис. 1) значение данного критерия практически одинаково, так как при двусторонней подаче среды в полость 2 расход  $Q_0$  и высота столба  $h$  делятся пополам, а площадь сечения при использовании трубы 57 мм и патронов ММ-150-1,3-12А также уменьшается в 2 раза.

Для стержня низко модульного исполнения третьего типа расположение второго снизу клапана между четвертой и пятой паковкой равносильно снижению высоты столба с десяти до трех паковок, расход при этом также уменьшается в той же пропорции, а площадь становится меньше в два раза. При этом число Эйлера должно возрасти в 2,77 раза. Однако такая упрощенная оценка не учитывает влияния распределенных и местных сопротивлений в полости столба на перераспределение расходов, особенно для стержня, имеющего дроссельные шайбы.

Рассмотрим результаты расчетов времени сушки столба паковок на стержнях указанных типов с использованием математической модели процесса [2] при равномерной начальной влажности паковок, что позволяет оценить неравномерность распределения расхода сушильного агента по высоте столба, вносимую исключительно конструктивными особенностями стержня. При этом для лучшей сопоставимости результатов коэффициенты местных сопротивлений (для второго типа) и проходные сечения подводящих клапанов (для третьего типа) оптимизированы для получения минимального времени сушки. Использован метод сопряженных направлений для поиска минимума функции многих переменных [4].

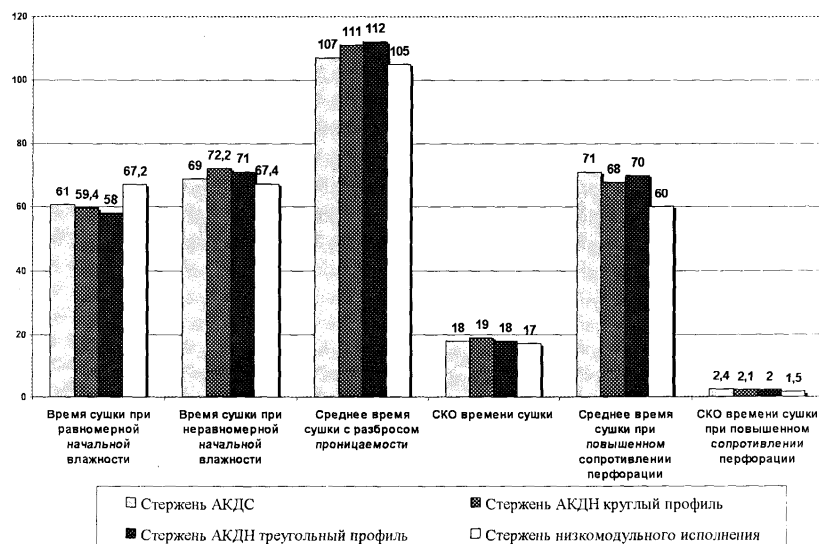


Рис. 2

Как следует из диаграммы рис.2, в идеальных условиях стержни второго типа имеют некоторое преимущество, особенно модификация треугольного сечения, что обусловлено большей площадью проходного сечения ( $0,34 \text{ дм}^2$  вместо  $0,31 \text{ дм}^2$ ). Стержень низко модульного исполнения показывает худшие результаты за счет влияния дроссельных шайб.

Следует отметить, что расчетные значения времени сушки более чем в два раза отличаются от реальных значений для аппарата СКД-6, так как по данным экспериментов [1] проходящий через паковку льняной пряжи воздух насыщается влагой лишь до относительной влажности 20...40%.

Для реальных условий сушки более характерно неравномерное начальное распределение влажности по паковкам столба, появляющееся в межоперационный период под действием силы тяжести и усиливающееся в начальной фазе сушки при вытеснении воздухом структурно связанной влаги [1]. В этих условиях для стержня первого типа можно частично ослабить затягивание сушки нижних паковок выбором оптимального периода смены циркуляции (20...24 мин) при начальном направлении ее от центра к периферии паковок.

Для стержней второго типа обеспечить усиленный подвод сушильного агента к более влажным паковкам можно за счет повышения коэффициента сопротивления

поворота потока в верхней части столба, а для стержня третьего типа – изменением площадей проходного сечения подводных клапанов.

Минимальное время сушки при оптимальных для каждого типа значениях указанных параметров обеспечивает стержень низко модульного исполнения, так как подвод воздуха в трех сечениях позволяет полнее учесть заданное распределение влажности, а дроссельные шайбы затрудняют неконтролируемое перераспределение потоков между паковками с различной влажностью (и проницаемостью).

Важнейшим фактором, влияющим на продолжительность сушки паковок, является разброс их по проницаемости, обусловленный несовершенством процесса формирования на существующих машинах М-150-1. Совместно с неравномерностью по влажности разброс сопротивления паковок может увеличить время процесса в 2...3 раза [1]. В связи с этим в программу DRYING1 заложена возможность формирования коэффициентов сопротивления паковок столба по закону нормального распределения с заданным математическим ожиданием и дисперсией с последующим повторением расчета 50...100 раз и определением математического ожидания времени сушки и его среднеквадратического отклонения (СКО). Расчеты выполнялись при СКО коэффициентов сопротивления на уровне 20% от среднего.

Результаты (рис.2) показывают, что независимо от конструкции стержня время сушки возрастает в среднем на 55% с СКО 17...19%. Преимущество стержня типа 3 сохраняется, но не является статистически значимым.

Единственным способом снижения зависимости расхода воздуха через паковку от ее проницаемости является установка на пути потока дополнительного сопротивления, превышающего собственное сопротивление паковки, что может быть достигнуто, например, повышением сопротивления перфорации патронов. Так, при коэффициенте сопротивления перфорации 50000 сопротивление столба на стержне составит ~1600 Па для первого и ~5000 Па для третьего типа, что практически не сказывается на положении рабочей точки турбокомпрессора ТВ-125-5,5 с развиваемым давлением более 50000 Па.

Расчеты показывают, что среднее время сушки снижается при этом на 50...75%, а его СКО не превышает 1,4...2,5 мин, что можно считать существенным резервом повышения эффективности процесса.

Преимущество стержня низко модульного исполнения по времени сушки в этих условиях достигает 13...18% и становится статистически значимым.

## ВЫВОДЫ

1. Уточнена математическая модель сушки столба паковок в отношении учета разброса паковок по проницаемости. Программная реализация модели дополнена возможностью оптимизации параметров

стержня, отвечающих за распределение потоков при двуполостном движении среды.

2. Рассмотренные типы стержней носителя материала при использовании серийных патронов имеют близкие показатели времени сушки.

3. Повышение сопротивления перфорации патронов позволит компенсировать разброс проницаемости паковок для материалов с низким гидравлическим сопротивлением и существенно уменьшить время сушки.

4. При повышенном сопротивлении перфорации патронов стержень низко модульного исполнения снижает расчетное время сушки на 13...18% по сравнению с существующими его модификациями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Исследование факторов повышения производительности сушильных установок СКД-6. Отчет КТИ ГРН№01850011152. – Кострома, 1985.

2. *Киселев Н.В.* Оптимизация процессов фильтрации рабочих сред через столб паковок в аппаратах с неполным заполнением жидкостью: Дис...канд. техн. наук. – Кострома: КТИ, 1986.

3. А.с. №1313924 СССР. D06B, 5/12. Паковкодержатель устройства для жидкостной обработки и сушки текстильного материала / Н.В. Киселев, В.Г. Уханков, А.В. Максимов и др. – Оpubл. 1987. Бюл. №34.

4. *Калиткин Н.Н.* Численные методы. – М.: Наука, 1978.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин и проектирования текстильных машин. Поступила 29.01.07.

УДК 677.027

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВКИ ТКАНИ С ОПТИМАЛЬНЫМ НАТЯЖЕНИЕМ

*Е.С. КОНСТАНТИНОВ, Е.Н. КАЛИНИН, В.Г. ЛАПШИН*

(Ивановская государственная текстильная академия)

Для определения адекватности синтезированных нами имитационных моделей системы транспортировки ткани с оптимальным натяжением [1], [2] были использованы средства пакета System Identification Toolbox системы Matlab [3], предназначенного для создания математических моделей линейных динамических объектов на основе входных/выходных данных.

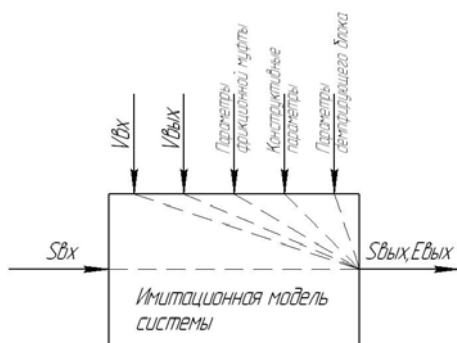


Рис. 1

В системе транспортировки ткани наибольший интерес представляют закономерности, характеризующие взаимосвязь между натяжением  $S_{вх}$  транспортируемого полотна на входе системы и полной (абсолютной) деформацией  $E_{вых}$  транспортируемого материала на выходе системы (рис. 1 – модель оптимальной системы транспортировки ткани).

Построенная нами модель с использованием пакета SimMechanics (SM) [1] позволила решить задачи синтеза и реализации полноразмерной физической модели, используемой в процессе транспортировки полотна через рабочие зоны технологиче-

ского оборудования. Модель, построенная путем решения дифференциального уравнения Лагранжа (SimK) [2], дала возможность провести классический анализ системы на устойчивость и получить динамические характеристики системы. Оценка адекватности имитационных моделей SM и SimK была проведена по разработанному нами алгоритму, представленному на рис. 2.

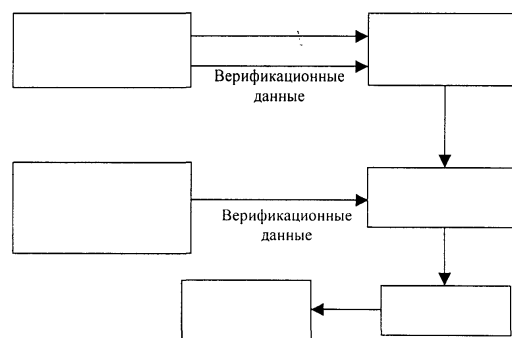


Рис. 2

Для этого в модели SM были сформированы массивы входных и выходных сигналов, характеризующие взаимосвязи между натяжением  $S_{вх}$  материала на входе и его полной (абсолютной) деформацией  $E_{вых}$  на выходе системы транспортировки. Эти массивы были загружены в пакет System Identification Toolbox, после чего была проведена процедура их предварительной обработки. Для этого они были разделены на верификационную часть и часть используемую для построения моделей.

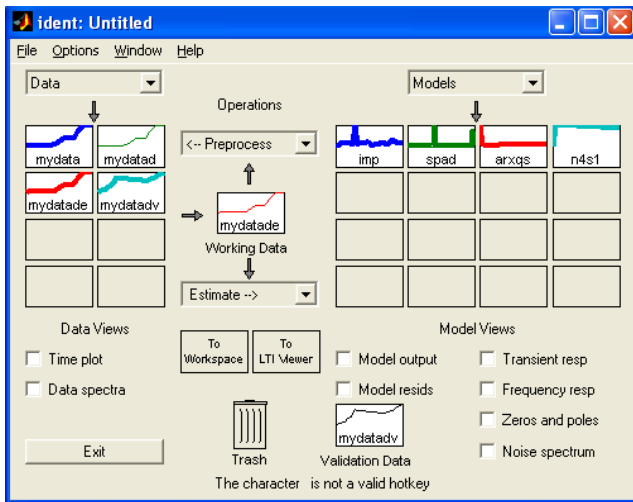


Рис. 3

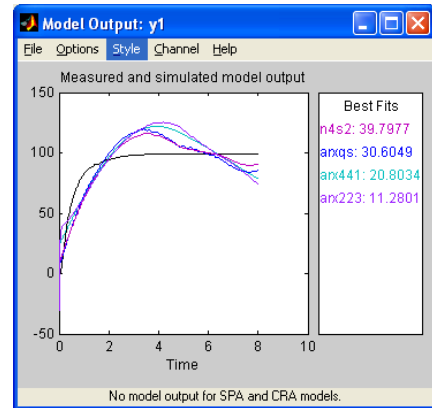


Рис. 4

На рис. 3 представлен графический интерфейс System Identification Toolbox с загруженными и предварительно обработанными данными.

Средствами пакета System Identification Toolbox были синтезированы параметрические модели и получены графоаналитические зависимости, представленные на рис. 4, предназначенные для определения параметрической модели, наиболее точно описывающей модель SM.

В левой части окна рис. 4 приведены выходные верификационные характеристики указанных моделей, а в правой – величины, отражающие их среднеквадратическое рассогласование.

В результате сравнительного анализа графоаналитических зависимостей (рис. 4) установлено, что наиболее точной и, при прочих равных условиях, более экономичной является авторегрессионная модель с экспериментальными выходами – arx223 (рис. 5) [3] – как обеспечивающая минимальное среднеквадратическое рассогласование.

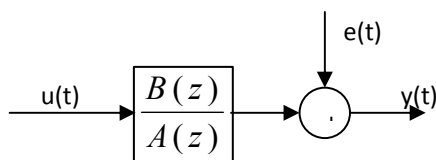


Рис. 5

На рис. 5:  $u(t)$  – входной сигнал;  $e(t)$  – аддитивная случайная помеха;  $y(t)$  – вы-

ходной сигнал;  $A(z)$  – коэффициенты при входном сигнале;  $B(z)$  – коэффициенты при выходном сигнале.

Проверка адекватности полученной параметрической модели arx223 проведена аналогично описанному выше способу. В качестве верификационных данных при массивах значений  $S_{\text{BX}}$  и  $E_{\text{ВЫХ}}$  были использованы массивы  $S_{\text{BX}}$  и  $E_{\text{ВЫХ}}$ , полученные из модели SimK.

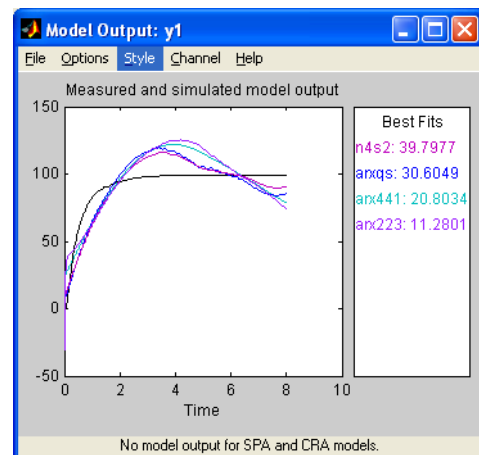


Рис. 6

В результате сравнительного анализа графических зависимостей параметрических моделей arx223 и SimK по каналу  $S_{\text{BX}}$  и  $E_{\text{ВЫХ}}$  (рис. 6) установлено 85%-ное совпадение этих моделей. Полученный результат показывает адекватность исследуемых моделей SM и SimK.

В результате проведенного нами исследования разработан алгоритм оценки адекватности моделей, на основе реализации которого была выполнена процедура верификации, которая показала 85%-ное совпадение параметрической модели  $agx223$ , описывающей модель SM, и модели SimK по каналу  $S_{вх}$  и  $E_{вых}$ . Полученный результат означает адекватность синтезированных моделей SM и SimK.

1. Константинов Е.С., Калинин Е.Н. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №2.

2. Константинов Е.С., Калинин Е.Н. Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №6С.

3. Дьяконов В., Круглов В. Matlab. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002.

Рекомендована кафедрой теплотехники. Поступила 12.03.07.

УДК 004.896

## СИНТЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ И НАСТРОЙКИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

*И.Ф.ЯСИНСКИЙ*

(Ивановская государственная текстильная академия)

В современных наукоемких технологиях, включая текстильные, все более широкое распространение находят нейросетевые технологии. Быстрота обучения и реагирования таких систем при этом имеют определяющее значение.

Задача настройки нейронной сети является задачей многоэкстремального поиска. При этом одним из самых распространенных методов настройки является метод обратного распространения ошибки, полученный в результате применения метода градиента для минимизации целевой функции ошибки распознавания. При использовании этого метода часто возникают ситуации, когда процесс обучения, достигнув некоторого уровня, останавливается. Происходит это из-за того, что поисковая точка попадает в один из локальных минимумов целевой функции, из которого выйти уже не может.

Для решения этой проблемы нами разработан синтетический алгоритм, включающий следующие составляющие его алгоритмы: усовершенствованный случай-

ный поиск, случайный поиск с памятью, метод инерционной минимизации и две разновидности генетического поиска.

Численные эксперименты позволили убедиться в существенном увеличении быстродействия синтетического алгоритма по сравнению с традиционным подходом при поиске глобального минимума на множестве локальных, что принципиально важно для решения задачи обучения нейронной сети.

Рассмотрим подробнее предложенные нами модификации составляющих алгоритмов поиска, включенных в синтетический.

*Усовершенствованный случайный поиск.* Множество весов нейронной сети можно рассматривать как вектор  $\vec{W}$  в N-мерном пространстве. Очевидно, целевая функция Q ошибки распознавания зависит от значений весов  $\vec{W}$ . Пусть  $\vec{W}^0 = (W_1^0, \dots, W_N^0)$  – исходная точка в пространстве поиска. Последовательность  $(W_1^k, \dots, W_N^k)$ ;  $k = 0, 1, \dots, M$  назовем после-

довательностью удачных точек, если в каждой следующей точке целевая функция  $Q(\vec{W})$  меньше, чем в предыдущей.

Последовательность удачных точек получается так. Около очередной удачной точки строится окрестность в виде  $N$ -мерного прямоугольного "ящика" с полуразмерами  $DW_m^k$ . Из этой окрестности выбирается пробная случайная точка  $\vec{W}$  с координатами

$$W_m = W_m^k + \zeta DW_m^k; m = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

где  $\zeta$  – случайные числа, равномерно распределенные в интервале  $(-1, +1)$ .

В этой точке вычисляется значение целевой функции  $Q(\vec{W})$ , которое сравнивается с ее значением в последней удачной точке  $Q(\vec{W}^k)$ .

Если  $Q(\vec{W}) < Q(\vec{W}^k)$ , то такая точка объявляется новой удачной

$$Q^{k+1} = Q(\vec{W}), W_m^{k+1} = W_m; m=1, 2, \dots, N, \quad (2)$$

и она становится центром новой окрестности с полуразмерами  $DW_m^{k+1}$ .

Следующая пробная точка будет взята из этой новой окрестности. Последовательность удачных точек  $\vec{W}^k$ , очевидно, сходится к точке минимума целевой функции  $Q(\vec{W})$ .

Случайный поиск эффективен, если удачно выбраны размеры окрестности  $DW_m^k$ , из которой берутся случайные пробы, и они оптимально изменяются по мере приближения этой окрестности к точке минимума.

Мы использовали следующий способ выбора начальных размеров окрестности поиска:

$$DW_m^0 = 0,28h_m / \sqrt{\varepsilon^2 + |Q_m^+ - 2Q^0 + Q_m^-|} / N, \quad (3)$$

где  $Q^0 = Q(W_1^0, \dots, W_N^0)$ ;  $Q_m^+ = Q(W_1^0, \dots, W_m + h_m, \dots, W_N^0)$ ;  $Q_m^- = Q(W_1^0, \dots, W_m - h_m, \dots, W_N^0)$ ;  $h_m$  – малые пробные приращения аргумен-

тов  $W_m^0$ ;  $\varepsilon$  – малое положительное число (защита от нуля в знаменателе).

В процессе поиска размеры окрестности  $DW_m^k$  мы изменяли следующим образом. Выполнена серия из  $M_s$  проб. Из них  $\nu$  проб оказались удачными. Вычисляем эмпирически полученный множитель:

$$\mu = 1 + 2,8(\nu / M_s - 1/4). \quad (4)$$

По окончании указанной серии проб все размеры окрестности  $DW_m^k$  умножаем на множитель  $\mu$ . Согласно такому алгоритму пробная окрестность по мере приближения к точке минимума сжимается. Поиск прекращается, когда для всех весов начинает выполняться условие  $DW_m^k < E$ , где  $E$  – допустимая погрешность в определении координат минимума.

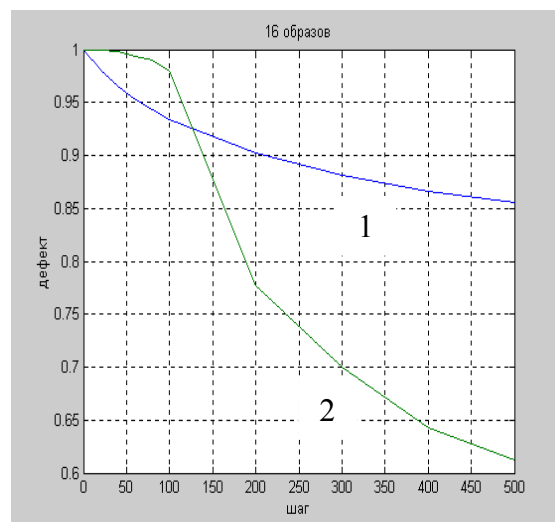


Рис. 1

На рис.1 представлены процессы обучения нейронной сети распознаванию образов по методу обратного распространения ошибки (кривая 1) и при помощи усовершенствованного случайного поиска (кривая 2). На вертикальной оси отложено отношение текущего значения суммы модулей невязок к ее начальному значению в зависимости от длины обучающей последовательности.

Преимущество усовершенствованного метода случайного поиска очевидно.

Случайный поиск с памятью содержит блок, вычисляющий значения "стохастиче-



ского градиента" от целевой функции при случайных пробах (удачных и неудачных). Окрестность, из которой берется следующая случайная проба, смещается в направлении стохастического антиградиента:

$$\vec{G} = - \sum_{i=1}^n \frac{Q(\vec{W}_i) - Q(\vec{W}^k)}{|\delta \vec{W}_i|^2} \delta \vec{W}_i, \quad (5)$$

где  $\delta \vec{W}_i = \vec{W}_i - \vec{W}^k$  – случайный сдвиг пробной точки относительно  $k$ -й удачной.

В численном эксперименте нами найдены значения коэффициентов  $\alpha_i$ , которые учитывают успешность предыдущих шагов. Эти коэффициенты используются для предварительного сдвига окрестности поиска, из которой берутся случайные пробы:

$$\vec{W}_{\text{new}}^k = \vec{W}^k + \tau(\alpha_1 \vec{G}^k + \alpha_2 \vec{G}^{k-1} + \alpha_3 \vec{G}^{k-2}), \quad (6)$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1, \quad (7)$$

где  $\vec{W}_{\text{new}}^k$  – новые координаты центра окрестности, из которой берутся случайные пробы;  $\tau$  – шаг по времени

*Алгоритм инерционной минимизации.* Численные эксперименты показали, что эффективной является также следующая методика настройки весовых коэффициентов нейронной сети. Подчиним движение поисковой точки в пространстве весовых коэффициентов следующим дифференциальным уравнениям:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dV_s}{dt} &= G_s - \mu V_s, \\ \frac{dW_s}{dt} &= V_s; \quad S = 1, 2, \dots, N, \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

где  $V_s$  – составляющие скорости поисковой точки;  $\mu V_s$  – составляющие силы трения, которая будет гасить колебания поисковой точки;  $\mu$  – "вязкость среды".

Согласно (8) поисковая точка обладает инерцией, которая позволит ей выходить из локальных минимумов и находить гло-

бальный минимум. Если через  $F(x)$  обозначить передаточную функцию нейрона и взять ее в виде  $F(x) = 1 / (1 + \exp(-x))$ , то, воспользовавшись неявной разностной схемой, можно получить следующие итерационные выражения:

$$V_{ij}^{n+1} = (V_{ij}^n - \tau E_j Y_j Y_i (1 - Y_i)) / (1 + \tau \mu), \quad (9)$$

$$W_{ij}^{n+1} = W_{ij}^n + \tau V_{ij}^{n+1}, \quad (10)$$

где  $E_i = Y_i - Y_i^*$ ,  $Y_i$ ,  $Y_i^*$  – действительная и требуемая реакция нейронной сети;  $W_{ij}$  – весовые коэффициенты;  $\tau$  – шаг по времени.

*Генетический алгоритм* брался в следующих двух видах: традиционном и модифицированном. При традиционном подходе было сформировано множество наборов хромосом, представляющих веса нейронной сети. Текущий массив весов  $W_m$  и случайно выбранный набор весов  $W_m'$  составляют "родительскую" пару.

В массив весов-"потомков" входит первая половина весовых коэффициентов текущего массива и вторая половина от выбранного набора. Далее, после предъявления сети обучающего образа и получения на выходе ответа, производится сравнение: если целевая функция ошибки после генетических операций уменьшилась  $Q'(\vec{W}) < Q(\vec{W})$ , то тестируемый массив весов становится текущим (действующим). В противном случае, то есть при  $Q'(\vec{W}) > Q(\vec{W})$ , тестируемый массив стирается.

Был использован также следующий модифицированный вариант генетического алгоритма. В пространстве  $\vec{W}$  выбирается некоторое количество исходных точек  $W_i^f$  ( $f = 1, 2, \dots$ ). Они были получены с помощью усовершенствованного случайного поиска, повторением поиска из различных начальных позиций. Это "родители", образующие пары.

Пары строились следующим образом. Целевые функции для "родителей" должны быть близки, а расстояние между ними максимально:

$$\left. \begin{aligned} |Q^f - Q^l| < \varepsilon_Q \rightarrow \min, \\ \sum_{r=1}^R (W_r^f - W_r^l)^2 = R^2 \rightarrow \max. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Пара дает "потомство". Для этого координаты точек "родителей" соединяются прямой согласно выражению:

$$W_i = W_i^f + \eta(W_i^l - W_i^f), \quad (12)$$

где  $\eta$  – одномерная координата, по которой затем осуществляется глобальный поиск. Для этого применялись методы интерполяции и Р.Г. Стронгина. Таким образом, многомерный поиск заменяется одномерным, что ускоряет вычисления.

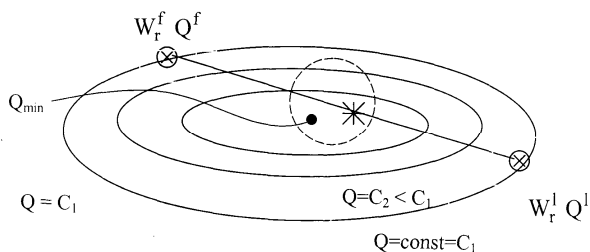


Рис. 2

Рис.2 поясняет идею такого поиска.  $\otimes$  – "родительские" точки;  $*$  – точки "потомки";  $Q = \text{const}$  – линии равного значения целевой функции;  $Q_{\min}$  – значение целевой функции в минимуме;  $W_r^f, W_r^l, Q^f, Q^l$  – координаты "родительских" точек и значение в них целевой функции.

Точки-"потомки" находятся ближе к искомому минимуму, чем "родительские" точки. "Потомков" должно быть не меньше, чем "родителей" с тем, чтобы этот процесс можно было продолжить неограниченно.

В проведенных нами численных экспериментах последовательно чередовалось обучение нейронной сети по методу случайного поиска и минимизация ошибки по генетическому алгоритму. Данный вариант показал большую эффективность по сравнению со случайным поиском и генетическим алгоритмом в отдельности.

Следует обратить внимание, что как случайный поиск, так и генетический алгоритм легко поддаются распараллеливанию и поэтому удобны для реализации на многопроцессорных вычислительных машинах.

Сравнение комбинированного алгоритма генетического и усовершенствованного случайного поиска со случайным алгоритмом на основе распознавания образов нейронной сетью представлено на графике рис.3 – обучение нейронной сети распознаванию 8 образов.

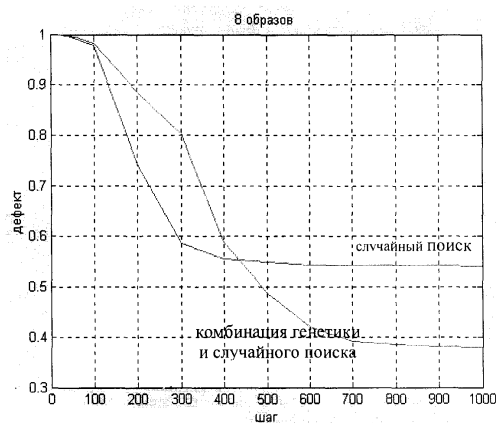


Рис. 3

Нами выполнялись численные эксперименты по определению наилучшей последовательности указанных выше составляющих алгоритмов в *синтетическом алгоритме*. Для оценки эффективности синтетического алгоритма, помимо настройки нейронных сетей, изучалась также минимизация эталонных целевых функций (функция Розенброка и специальные тестовые функции с множеством локальных минимумов).

Пусть С – усовершенствованный случайный поиск; П – случайный поиск с памятью; И – инерционный поиск; Г – генетический алгоритм. В ходе экспериментов было отмечено, что последовательность, позволяющая найти глобальный минимум с наименьшими затратами машинного времени, чаще всего имеет следующий вид:

ПГСИ ПГСИ ПГСИ .....

## ВЫВОДЫ

1. Предложен синтетический алгоритм оптимизации и настройки нейронных сетей, включающий модифицированные варианты усовершенствованного случайного поиска, случайного поиска с памятью, инерционного и генетического поисков.

2. Данный алгоритм позволяет находить глобальный минимум среди множества локальных, ускоряет обучение нейронных сетей и улучшает качество распознавания образов.

Рекомендована кафедрой прикладной математики и информационных технологий. Поступила 11.12.06.

УДК 677.024

### НЕОБХОДИМОЕ И ДОСТАТОЧНОЕ УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ ОДНОСЛОЙНОГО ТКАЦКОГО ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ

*Г.И. БОРЗУНОВ, А.В. ФИРСОВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

В памяти ЭВМ любое переплетение хранится в виде матрицы из 0 и 1, строки которой соответствуют нитям утка и нумеруются снизу вверх, а столбцы – нитям основы. При этом строки матрицы нумеруются снизу вверх (нижняя строка соответствует в раппорте переплетения первой нити утка), а столбцы – справа налево (крайний левый столбец соответствует в раппорте переплетения первой нити основы).

Каждая строка и каждый столбец такой матрицы содержит одновременно и нули (уточные перекрытия) и единицы (основные перекрытия).

Указанная матрица может быть построена с помощью компьютера или вручную. Но по виду матрицы нельзя сразу определить является ли она представлением однослойного, полутораслойного или двухслойного переплетения.

Действительно, если рассмотреть матрицы D1 и D2:

$$D1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \end{pmatrix}, \quad D2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

то окажется, что матрица D1 представляет собой два независимых переплетения, а матрица D2 — три переплетения, каждое из которых представляет собой полотняное переплетение. У матрицы D1 верхнее переплетение образуют 1,3 основные нити и 2,4 уточные нити, а второе переплетение – 2,4 основные и 1,3 уточные нити.

У матрицы D2 первое переплетение – 1, 2 основные и 1, 6 уточные нити, второе переплетение – 3,4 основные и 2,5 уточные нити, а третье переплетение – 5,6 основные и 3,4 уточные нити.

Таким образом, не все матрицы из 0 и 1, содержащие в каждом столбце и в каждой строке и нули и единицы, представляют собой однослойное ткацкое переплетение.

Задачу определения достаточного условия существования однослойного ткацкого переплетения можно сформулировать следующим образом: определить для заданной матрицы из 0 и 1, является ли она представлением однослойного ткацкого переплетения.

Задача определения числа слоев переплетения ткани и анализа сложных переплетений рассматривалась в работе [1]. Ее решение основывается на введенном ранее Дж. Р. Лурье (J.R. Lourie) понятии цепи.

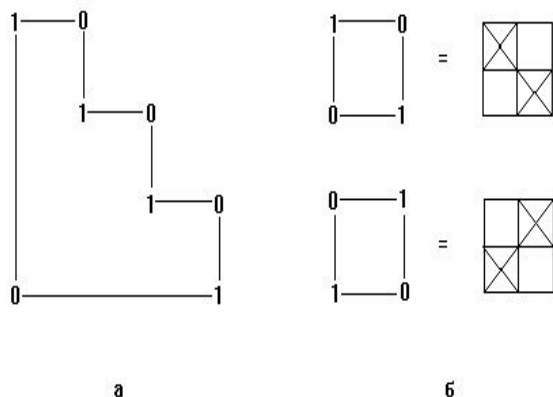


Рис. 1

Цепью называется последовательность чередующихся уточных и основных перекрытий такая, что каждая пара перекрытий противоположной системы располагается вдоль одной из нитей утка или основы. Примеры цепей приводятся на рис. 1, где а) – пример цепи; б) – элементарные цепи.

На этом рисунке 0 обозначает уточное перекрытие, а 1 обозначает основное перекрытие, отрезки вертикальных линий обозначают основные нити, наконец, уточные нити обозначаются отрезками горизонтальных линий. Ниже такая цепь в соответствии с принятой в теории графов терминологией называется циклом.

В 1979 г. А. Ньютон (A. Newton) и Б.П. Саркар (B.P. Sarcar) предложили метод определения, является ли данное переплетение однослойным. Согласно этому методу переплетение является однослойным, если существует цикл, проходящий по всем уточным нитям и нитям основы переплетения. Если такого цикла нет, то переплетение будет многослойным.

На основе этого подхода в данной работе реализован метод проверки необходимого и достаточного условия существования однослойного ткацкого переплетения. Особенность реализации состоит в том, что на первом этапе строится матрица смежности графа связности переплетения.

Граф связности переплетения представляет собой двудольный граф, первая доля которого состоит из вершин, взаимно однозначно соответствующих нитям основы, а вторая доля состоит из вершин взаимно однозначно соответствующих нитям

утка. Всего в графе число вершин равно сумме раппортов переплетения по основе и утку.

Дуги в графе связности строятся по следующему правилу: из вершины, соответствующей нити основы, проходит дуга в вершину, соответствующую нити утка тогда и только тогда, когда элементы матрицы переплетения, соответствующие данным вершинам, принадлежат одному и тому же циклу.

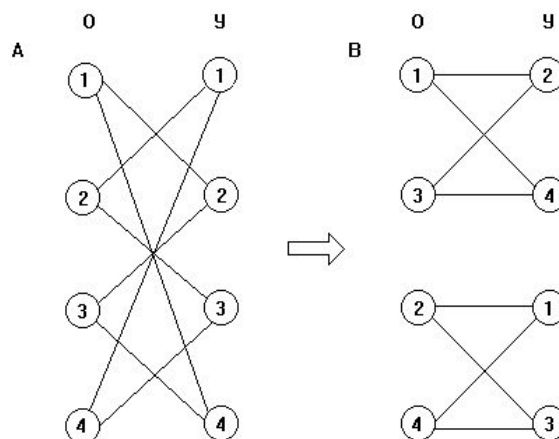


Рис. 2

Для переплетения, представленного матрицей  $D1$ , граф связности приводится на рис. 2, где А) – граф связности переплетения, заданного матрицей  $D1$ ; В) – тот же граф с выделенными компонентами сильной связности.

Проверка необходимого условия сводится к выделению компонент сильной связности в графе связности переплетения. Далее в целях сокращения текста компоненты сильной связности будут называться просто компонентами.

Компоненты выделяются из графа связности переплетения с помощью метода, основанного на применении базового алгоритма обхода графа «в глубину» и описанного в [2]. При наличии в графе связности переплетения двух и более компонент переплетение не может быть однослойным; на этом проверка прекращается.

Выделение компонент в графе связности переплетения позволяет отсеять только переплетения, имеющие два или более двух слоев, но этот подход не позволяет

различить полутораслойные переплетения и переплетения со сменой слоев.

Действительно, для полутораслойного переплетения с дополнительной основой, представленного матрицей  $D3$ , имеющей вид:

$$D3 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

граф связности переплетения будет иметь единственную компоненту, так как общий уток связывает нити верхнего и нижнего слоя основы, соответственно образуя с ними всеми циклы.

Для распознавания таких переплетений нужен второй этап анализа структуры ткацкого переплетения: этап проверки достаточного условия существования однослойного переплетения. На втором этапе по матрице переплетения строятся два вектора: вектор связи соседних нитей основы; вектор связи соседних нитей утка.

Построение векторов производится по следующему правилу: если нить  $i$  имеет с нитью  $i+1$  цикл, то элементу  $i$  вектора присваивается значение 1, в противном случае данному элементу присваивается значение 0. Проверка достаточного условия наличия однослойного переплетения в этом случае сводится к проверке отсутствия нулевых значений в каждом из векторов.

Если все координаты указанных векторов равны 1, то переплетение является однослойным. Это выполняется для полотняного переплетения, саржевых переплетений, сатинов (атласов), крепов, для большинства комбинированных переплетений и некоторых производных переплетений. Если хотя бы в одном из векторов хотя бы один элемент равен 0, то данное переплетение может оказаться неоднослойным.

Например, для полутораслойного переплетения  $D3$  эти векторы будут иметь вид:

$$S3o = (0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0);$$

$$S3y = (1\ 1\ 1\ 1).$$

Однако следует отметить, что данный метод относит к классу неоднослойных переплетений, например, целые группы репсовых и диагональных переплетений.

Но, как известно [3], диагональные переплетения используются для выработки тканей, имеющих на поверхности эффекты за счет смещения нитей друг относительно друга в объеме ткани, поэтому можно говорить о некоторых нарушениях однослойности переплетения.

Для выявления возможных перемещений нитей в таких переплетениях предлагается способ, который ниже рассматривается на примере. Пусть задано диагональное переплетение:

$$D4 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix};$$

$$S4o = (1\ 1\ 1\ 1);$$

$$S4y = (0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 1).$$

В этом переплетении в пределах раппорта переплетения вдоль второй нити утка имеется одно точное перекрытие (один нуль во второй строке матрицы  $D4$ ), а вдоль первой нити утка – два точных перекрытия (два нуля в первой строке матрицы  $D4$ ), и эти две точные нити не связаны циклом, поэтому вторая нить утка попадает в нижний слой и смещается под первую нить утка. По аналогичным причинам четвертая нить утка смещается под третью нить утка, шестая нить утка смещается под пятую нить утка, а восьмая нить утка — под седьмую нить утка.

## ВЫВОДЫ

1. Предложенная модель, представляющая структуру ткацкого переплетения в виде графа связности, обеспечивает распознавание однослойных переплетений.

2. Необходимым условием однослойности ткацкого переплетения является наличие в его графе связности одной и только одной компоненты сильной связности.

3. Достаточным условием однослойности анализируемого ткацкого переплетения является равенство 1 всех координат специальных векторов связи нитей в переплетении.

4. Параллельные нити, расположенные в переплетении рядом, могут смещаться одна под другую при отсутствии цикла, соединяющего эти нити, и при разном числе одинаковых перекрытий вдоль каждой из этих нитей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Ping G., Newton A.* The analysis and identification of interchanging double weaves // *Jornal of the Textile Institute.* – 1987, № 1. P.54...63.

2. *Ахо А., Хопкрофт Дж., Ульман Дж.* Структуры данных и алгоритмы. М.: Вильямс, 2001.

3. *Мартынова А.А., Слостина Г.Л., Власова Н.А.* Строение и проектирование тканей. – М.: РИО МГТА, 1999.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и вычислительной техники. Поступила 31.01.07.

---

УДК 667.064. 530.376

**О ВЛИЯНИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ  
ВЫСОКОЭЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ  
НА РЕЛАКСАЦИЮ НАПРЯЖЕНИЯ  
ОРИЕНТИРОВАННЫХ ВОЛОКОН  
ПРИ СЛОЖНЫХ РЕЖИМАХ НАГРУЖЕНИЯ**

*В.Ш. САРКИСОВ, А.А. БЕКИНА, И.В. МОСКИН*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Существующие теории для описания нелинейной вязкоупругости ориентированных волокон из гибкоцепных полимеров не затрагивают вопроса, связанного с влиянием предварительного уровня высокоэластической деформации на релаксацию напряжения ориентированных волокон при сложных (многостадийных) режимах нагружения [1...3].

В связи с вышесказанным в настоящей работе приводятся результаты исследования, связанные с решением данной задачи с позиции математического описания механической модели, приведенной на рис.1, учитывающей наличие упругой и высокоэластической деформации при нагружении волокон.

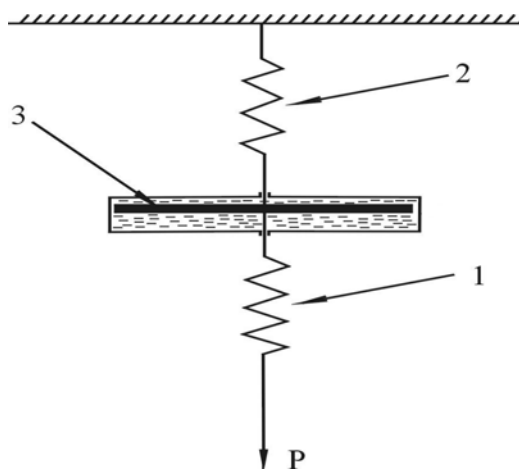


Рис.1

Упругий элемент 1 механической модели (рис.1) с модулем упругости  $E_1$  моделирует упругую деформацию. Упругий элемент 2 с модулем  $E_2$ , осложненный движением тела 3 в неньютоновской жидкой среде, моделирует высокоэластическую деформацию.

Основополагающие уравнения модели, учитывающие уровень предварительной высокоэластической деформации, представим в виде:

$$\sigma = E_1 \varepsilon_1 = E_2 \varepsilon_2 + \eta(\cdot, t) \frac{d\varepsilon_2}{dt}, \quad (1)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2, \quad (2)$$

где  $\varepsilon, \varepsilon_1, \varepsilon_2$  – относительные удлинения всей модели и ее элементов соответственно;  $\eta(\cdot, t) = \eta(\Delta U(\sigma_n), \varepsilon_b, T, t)$  – коэффициент вязкости;  $\Delta U(\sigma_n)$  – энергия активации, зависящая от напряжения  $\sigma_n$  и определяемая из экспериментов на ползучесть;  $\varepsilon_b$  – предварительная высокоэластическая деформация;  $T$  – абсолютная температура;  $t$  – текущее время.

Из (1) и (2) после проведения определенных преобразований выводится дифференциальное уравнение модели, которое при постоянных значениях  $E_1$  и  $E_2$  имеет вид:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} + \frac{E_2 \varepsilon}{\eta(\cdot, t)} = \frac{1}{E_1} \frac{d\sigma}{dt} + \frac{\sigma}{\eta(\cdot, t)} \left(1 + \frac{E_2}{E_1}\right). \quad (3)$$

Из уравнения (3) следует, что  $\varepsilon_b$ , не влияя на численные значения  $E_1$  и  $E_2$ , определяет зависимость изменения коэффициента вязкости в процессе деформации модели. Поэтому для установления зависимости  $\eta(\sigma, \varepsilon_b, t)$  от  $\varepsilon_b$  предположим, что при растяжении модели в изотермических условиях для  $\eta(\sigma, \varepsilon_b, t)$  выполняется правило логарифмической аддитивности вязкости:

$$\eta(\sigma, \varepsilon_b, t) = C \eta_1(N) \eta_2(\sigma) \eta_3(M), \quad (4)$$

где  $C$  – постоянная;  $N$  – объемная доля активационных центров;  $M$  – средняя молекулярная масса.

Из (4) следует, что зависимость  $\eta(\sigma, \varepsilon_b, t)$  при постоянных  $\sigma$  и  $M$  определяется изменением зависимости  $\eta_1(N)$ .

Для определения зависимости  $\eta_1(N)$  от  $\varepsilon_b$  предположим, что

$$\eta_1(N) \sim N^{-1}, \text{ а } N = N_0(\varepsilon_b) f(t), \quad (5)$$

где  $N_0(\varepsilon_b)$  – начальная объемная доля активационных центров при заданном уровне  $\varepsilon_b$ ;  $f(t)$  – функция, определяющая изменение  $N$  от текущего времени.

Для выражения  $N_0(\varepsilon_b)$  через параметры, определяемые из экспериментов на ползучесть, допустим, что активационные центры распределены в объеме равномерно и их распределение не изменяется в процессе деформирования исследуемого объекта, а также, что зависимость  $N_0(\varepsilon_b)$  от предельного приращения объема линейная:

$$N_0(\varepsilon_b) = B \Delta V_\infty, \quad (6)$$

где  $B$  – постоянная;  $\Delta V_\infty$  – предельное приращение объема, обусловленное высокоэластической деформацией при напряжении  $\sigma$ .

При сложных режимах нагружения, из-за реализации части высокоэластической деформации на предшествующих стадиях

растяжения, предельное приращение объема на последующих стадиях деформирования уменьшится на величину  $\Delta V_{np}$ . Вследствие этого  $N_0(\varepsilon_b) = B(\Delta V_\infty - \Delta V_{np})$ .

Из последнего равенства с учетом (6) имеем:

$$N_0(\varepsilon_b) = N_0 \left( 1 - \frac{\Delta V_{np}}{\Delta V_\infty} \right), \quad (7)$$

где  $N_0$  – начальная объемная доля активационных центров при  $\varepsilon_b = 0$ .

Разделим числитель и знаменатель дроби выражения (6) на  $V_0$  (объем волокна при  $t = 0$ ). В приближении постоянства площади поперечного сечения образца в процессе его растяжения получим, что  $\frac{\Delta V_{np}}{\Delta V_\infty} = \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_\infty}$ , где  $\varepsilon_\infty$  – уровень предельной высокоэластической деформации при напряжении  $\sigma$ .

После подстановки последнего равенства в (7) получим:

$$N(\varepsilon_b) = N_0 \left( 1 - \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_\infty} \right). \quad (8)$$

После подстановки (8) в (5) с учетом обратной пропорциональности  $\eta(N)$  от  $N$ , а затем в (4) для  $\eta(\sigma, \varepsilon_b, t)$  (при постоянных  $M$  и  $T$ ) получим зависимость для коэффициента вязкости:

$$\eta(\sigma, \varepsilon_b, t) = C \eta_1(\sigma) \left[ N_0 \left( 1 - \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_\infty} \right) f(t) \right]^{-1}. \quad (9)$$

Из (9) следует, что с увеличением уровня предварительной высокоэластической деформации  $\varepsilon_b$  и с уменьшением предельной высокоэластической деформации  $\varepsilon_\infty$  (при заданном напряжении  $\sigma$ ) коэффициент вязкости увеличивается.

Для выражения  $f(t)$  через функцию, входящую в уравнение ползучести, корректно описывающее экспериментальные



кривые, рассмотрим уравнение ползучести модели ( $\sigma = \text{const}$ ,  $T = \text{const}$ ,  $\varepsilon_b = 0$ ):

$$\varepsilon(t) = \sigma \left\{ E_1^{-1} + E_2^{-1} \left[ 1 - \exp \left( - \int_0^t \frac{E_2}{\eta(\cdot, \xi)} d\xi \right) \right] \right\}. \quad (10)$$

Уравнение ползучести, описывающее экспериментальные кривые, представим в виде:

$$\varepsilon(t) = \sigma \left\{ E_{1\sigma}^{-1} + E_{2\sigma}^{-1} \left[ \varphi \left( \frac{t}{\tau_\sigma} \right) \right] \right\}, \quad (11)$$

где  $E_{1\sigma}$  и  $E_{2\sigma}$  – упругие характеристики, определяемые из экспериментов на ползучесть;  $\varphi \left( \frac{t}{\tau_\sigma} \right)$  – функция ползучести;  $\tau_\sigma$  – время запаздывания, зависящее от напряжения  $\sigma$ .

Из (10) и (11) (при  $E_1 = E_{1\sigma}$  и  $E_2 = E_{2\sigma}$ ) вытекает равенство для установления зависимости коэффициента вязкости от функции ползучести:

$$\eta(\cdot, \xi) = -E_2 \left[ 1 - \varphi \left( \frac{\xi}{\tau_\sigma} \right) \right] \left[ \varphi' \left( \frac{\xi}{\tau_\sigma} \right) \right]^{-1}. \quad (12)$$

$$\sigma(t) = \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2} \varepsilon + \left( \sigma_0 - \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2} \varepsilon \right) \exp \left( -a \left( \frac{t}{\tau_\sigma} \right)^k \right), \quad (15)$$

где  $\tau_\sigma = \tau_{1\sigma} \left( 1 - \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_\infty} \right)^{\frac{1}{k}}$ ;  $\tau_{1\sigma} = \left[ C \eta_1(\sigma) E_2^{-1} \eta_b(M) \right]^{\frac{1}{k}} N_0^{-1}$ ;

$a = 1 + \frac{E_1}{E_2}$ ;  $\tau_{1\sigma}$  – время запаздывания при одностадийном деформировании;  $\tau_\sigma$  – время запаздывания при напряжении  $\sigma$ , учитывающее наличие  $\varepsilon_b$ .

Из (15) следует, что процесс релаксации напряжения модели описывается с непрерывно изменяющимися временами запаздывания, зависящими от напряжения, уровня предварительной высокоэластической деформации и уровня предельной высокоэластической деформации, соответ-

Из (12) следует, что если для описания ползучести ориентированных волокон применяется уравнение (11) с функцией Кольрауша:  $\varphi = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{t}{\tau_\sigma} \right)^k \right]$  ( $k$  – по-

стоянная) [1...3], то зависимость  $f(t)$ , входящая в зависимость коэффициента вязкости от текущего времени (9), согласно (12) примет вид:

$$f(t) = \frac{E_2 (\tau_\sigma)^k}{k t^{k-1}}. \quad (13)$$

После подстановки (13) в (9) окончательно получим выражение для изменения коэффициента вязкости в процессе деформации модели:

$$\eta(\sigma, \varepsilon_b, t) = C \eta_2(\sigma) \left[ N_0 \left( 1 - \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_\infty} \right) \frac{E_2 (\tau_\sigma)^k}{k t^{k-1}} \right]^{-1}. \quad (14)$$

После подстановки (14) в (2) и решения полученного дифференциального уравнения при  $T = \text{const}$  и  $\varepsilon = \text{const}$  получим уравнение для описания релаксации напряжения модели в изотермических условиях:

вующей напряжению  $\sigma_0$ .

Для анализа влияния  $\varepsilon_b$  на релаксацию напряжения в волокне положим, что в рассматриваемом временном интервале между временем запаздывания  $\tau_\sigma$  и временем релаксации  $\tau_\varepsilon$ , определяемом из экспериментов, на релаксацию напряжения при одностадийном нагружении выполняется следующее равенство:

$$\tau_{1\sigma} = \tau_{1\varepsilon}^{1-b} t^b, \quad (16)$$

где  $b$  – постоянная,  $0 < b < 1$ .

После подстановки (16) в (15) уравне-

ние (15) принимает вид:

$$\sigma(t) = \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2} \varepsilon + \left( \sigma_0 - \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2} \varepsilon \right) \exp \left( - \left( \frac{t}{\tau_\varepsilon} \right)^m \right), \quad (17)$$

где  $m = k(1-b)$ ;  $0 < m < 1$ ;  $\tau_\varepsilon = \tau_{1\varepsilon} \left[ \left( 1 - \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_\infty} \right) a \right]^{\frac{1}{m}}$ .

Из (17) следует, что увеличение значения  $\varepsilon_b$  приводит к росту времени релаксации. Отметим, что если  $\varepsilon_b = 0$ , то  $\sigma_0 = E_1 \varepsilon$ , а  $\tau_\varepsilon = \tau_{1\varepsilon}$ , где  $\tau_{1\varepsilon}$  – время релаксации при  $\varepsilon_b = 0$ . Из анализа (17) также следует, что при заданном  $\varepsilon$  скорость приближения кривой релаксации напряжения к нижней асимптоте  $\sigma(\infty) = \frac{E_1 E_2}{E_1 + E_2} \varepsilon$  будет зависеть

от  $\varepsilon_b$  и  $\sigma_0$ .

Следовательно, можно предположить, что кривые релаксации напряжения, полученные при одинаковых значениях  $\varepsilon$ , но соответствующие различным уровням предварительной высокоэластической деформации, будут иметь точку пересечения в координатах  $\sigma - t$ . На самом деле, если в (17) подставить различные значения  $\tau_{\varepsilon b1}$  и  $\tau_{\varepsilon b2}$ , то получим систему из двух уравнений,

из которой, при  $\tau_{\varepsilon b2} = \tau_{\varepsilon b1} \left( 1 - \frac{\varepsilon_b}{\varepsilon_\infty} \right)^{-1}$ ,

выводится формула для оценки времени, при котором возможно наблюдение пересечения кривых релаксации напряжения:

$$t_p = \tau_{\varepsilon b1}^k \sqrt[2k]{\frac{\varepsilon_\infty - \varepsilon_{b1}}{\varepsilon_{b1} - \varepsilon_{b2}} \ln \frac{\sigma_{02}(E_1 + E_2) - E_1 E_2}{\sigma_{01}(E_1 + E_2) - E_1 E_2}}. \quad (18)$$

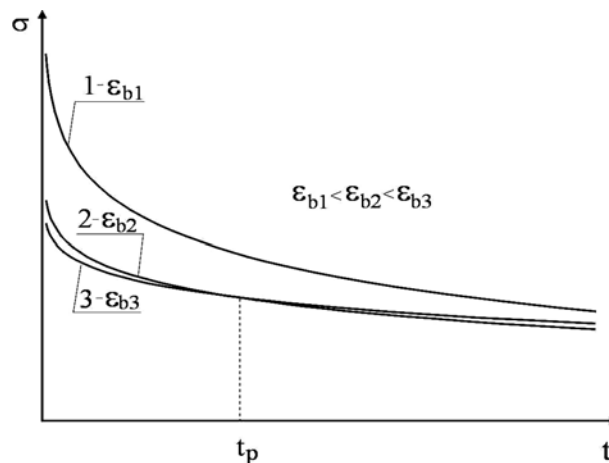


Рис. 2

На рис.2 представлены графики зависимости релаксации напряжения ( $\sigma$  от  $t$ ) при заданном уровне деформации  $\varepsilon$  и соответствующие различным значениям предварительной высокоэластической деформации (кривая 1 –  $\varepsilon_{b1} = 0$ ; 2 –  $\varepsilon_{b2} \neq 0$ ; 3 –  $\varepsilon_{b3} \neq 0$ ;  $\varepsilon_{b3} > \varepsilon_{b2} > \varepsilon_{b1}$ ), которые являются иллюстрацией влияния предварительного уровня высокоэластической деформации на процесс релаксации напряжения модели при сложных режимах нагружения.

## ВЫВОДЫ

Из анализа математического описания разрабатываемой трехэлементной механической модели установлено, что при сложном режиме нагружения волокна увеличение предварительного уровня высокоэластической деформации приводит к изменению скорости релаксационных процессов и к увеличению времени релаксации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Перепелкин К.Е.* Структура и свойства волокон. – М.: Химия, 1985.
2. *Саркисов В.Ш., Тиранов В.Г., Разумовская Е.А.* // Докл. Междунар. конф. по хим. волокнам-2000. Секция "Структура и свойства волокон", №40. – Тверь, 2000.

3. *Демидов А.В., Макаров А.Г., Сталевич А.М.* // Физико-химия полимеров. – Тверь, 2006. Вып.12. С.131.

Рекомендована кафедрой высшей математики.  
Поступила 26.02.07.

УДК 687.021.531.36

## ПЛОСКОЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛОТНА В ОКРЕСТНОСТИ РАЗРЕЗА

*Е.В. ПОЛЯКОВА, П.А. ДЯТЛОВА*

(Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна)

На основе уравнений, полученных в [1] для изучения плоской деформации полотна, образующего оболочку, изучается ее напряженно-деформированное состояние вблизи отверстия, обусловленного разрезом. Предполагается, что разрез имеет длину достаточно малую, для того чтобы можно было при расчетах пренебречь искривленностью его окрестности. Предполагается также, что полотно имеет сетчатую структуру и образующие его нити практически не растяжимы в рассматриваемом диапазоне нагрузок.

Рассмотрим основные уравнения задачи о растяжении полотна в окрестности разреза и их общее решение.

Пусть прямоугольный кусок сетчатого полотна, пока он не деформирован, располагается на декартовой координатной плоскости  $xu$  так, что оси этой плоскости являются его осями симметрии и стороны ячеек параллельны этим осям. Присвоим точкам полотна лагранжевы координаты  $\xi$  и  $\eta$ , отождествив их значения со значениями декартовых координат этих точек при недеформированном состоянии полотна.

Сказанное позволяет считать, что до и после деформации рассматриваемый кусок полотна ограничен нитями с лагранжевыми координатами  $\xi = \mp L$  и нитями с лагранжевыми координатами  $\eta = \mp H$ .

Будем также считать, что разрез этого

куска произведен по нити  $\xi = 0$  и заключен между нитями  $\eta = \mp h$ .

Предположим, что нити, которым соответствуют координаты  $\xi = \text{const}$ , растягиваются приложенными к их концам усилиями, плотность которых, рассчитанная на единицу длины кромки полотна, равна  $P$ . Аналогично относительно нитей, которым соответствуют координаты  $\eta = \text{const}$ , будем считать, что они растягиваются усилиями, плотность которых равна  $T$ .

Эти допущения позволяют считать, что положение и напряженно-деформированное состояние рассматриваемого куска полотна симметричны как относительно оси  $x$ , так и относительно оси  $y$ .

Вследствие этого ограничимся рассмотрением только того участка полотна, который расположен в первом квадранте плоскости  $xu$ .

Указанный участок состоит из двух частей. Левые кромки этих частей образуют нитью  $\xi = 0$ , а правые – нитью  $\xi = L$ . Первой будем называть ту часть, которая снизу и сверху ограничена соответственно нитями  $\eta = h$  и  $\eta = H$ . Вторая часть снизу и сверху ограничена соответственно нитями  $\eta = 0$  и  $\eta = h$ .

В [1] получены следующие уравнения равновесия рассматриваемой сетчатой ткани:

$$\frac{\partial}{\partial \xi}(\sigma_{11}(\xi, \eta)(1 + U_1'(\xi))) + \frac{\partial}{\partial \eta}(\sigma_{22}(\xi, \eta)U_2'(\eta)) = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial \xi}(\sigma_{11}(\xi, \eta)V_1'(\xi)) + \frac{\partial}{\partial \eta}(\sigma_{22}(\xi, \eta)(1 + V_2'(\eta))) = 0, \quad (2)$$

где  $U_1(\xi)$ ,  $U_2(\eta)$ ,  $V_1(\xi)$ ,  $V_2(\eta)$  – функции, определяющие перемещения точек ткани после ее деформации;  $\sigma_{11}$  и  $\sigma_{22}$  – плотности натяжения нитей  $\eta = \text{const}$  и соответственно нитей  $\xi = \text{const}$  в расчете на единицу длины контуров, пересекаемых этими нитями.

Как показано [1], горизонтальное и вертикальное перемещения точек первой части определяются равенствами:

$$u(\xi, \eta) = U_1(\xi), \quad v(\xi, \eta) = V_1(\xi). \quad (3)$$

$$\sigma_{11}^1 = \frac{s(\eta)}{1 + U_1'(\xi)}, \quad \sigma_{22}^1 = -S(\eta) \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \frac{V_1'(\xi)}{1 + U_1'(\xi)} \right) + F(\xi), \quad S'(\eta) = s(\eta), \quad (6)$$

где  $s(\eta)$  и  $F(\xi)$  – произвольные функции своих аргументов.

Согласно постановке задачи должно выполняться граничное условие:

$$\sigma_{11}^1(L, \eta) \equiv \frac{s(\eta)}{1 + U_1'(L)} = T, \quad (7)$$

из которого следует, что величина  $s(\eta)$  постоянна.

Выразив ее значение через  $A$ , из (6) будем иметь:

$$\sigma_{11}^1(\xi, \eta) = \frac{A}{1 + U_1'(\xi)},$$

$$\sigma_{22}^1(\xi, \eta) = -A\eta \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \frac{V_1'(\xi)}{1 + U_1'(\xi)} \right) + F(\xi). \quad (8)$$

Учитывая граничные условия на верхней кромке рассматриваемой части, на

Тогда уравнения (1) и (2) принимают вид:

$$\frac{\partial}{\partial \xi}(\sigma_{11}^i(\xi, \eta)(1 + U_1'(\xi))) = 0, \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial \xi}(\sigma_{11}^i(\xi, \eta)V_1'(\xi)) + \frac{\partial}{\partial \eta}(\sigma_{22}^i(\xi, \eta)) = 0. \quad (5)$$

Здесь и ниже символы  $\sigma_{11}^i$  и  $\sigma_{22}^i$  при  $i=1$  используются для обозначения напряжений в первой части ткани, а при  $i=2$  – во второй.

Из (4) и (5) получим

основе (8) получим:

$$\sigma_{22}^1(\xi, H) = -AH \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \frac{V_1'(\xi)}{1 + U_1'(\xi)} \right) + F(\xi) = P. \quad (9)$$

Из (8) и (9) имеем:

$$\sigma_{22}^1(\xi, \eta) = A(H - \eta) \frac{\partial}{\partial \xi} \left( \frac{V_1'(\xi)}{1 + U_1'(\xi)} \right) + P. \quad (10)$$

Рассмотрим теперь вторую часть ткани, то есть часть, ограниченную нитями  $\xi = 0$ ,  $\xi = L$ ,  $\eta = 0$ ,  $\eta = h$  и прилегающую нижней кромкой к оси  $x$ , а левой кромкой – к краю отверстия, образованного разрезом.

Согласно [1] перемещения точек этой части равны:

$$u(\xi, \eta) = U_2(\eta), \quad v(\xi, \eta) = V_2(\eta). \quad (11)$$

В результате из (1) и (2) получаем:

$$\frac{\partial}{\partial \xi}(\sigma_{11}^2(\xi, \eta)) + \frac{\partial}{\partial \xi}(\sigma_{22}^2(\xi, \eta)U_2'(\eta)) = 0, \quad \frac{\partial}{\partial \eta}(\sigma_{22}^2(\xi, \eta)(1 + V_2'(\eta))) = 0. \quad (12)$$

Из (12) имеем:

$$\sigma_{11}^2(\xi, \eta) = -Q(\xi) \frac{\partial}{\partial \eta} \left( \frac{U_2'(\eta)}{1 + V_2'(\eta)} \right) + G(\eta), \quad (13)$$

$$\sigma_{22}^2(\xi, \eta) = \frac{q(\xi)}{1 + V_2'(\eta)}, \quad Q'(\xi) = q(\xi),$$

где  $q(\xi)$  и  $G(\eta)$  – произвольные функции своих аргументов.

Определим напряжения в прямоугольном отрезке полотна с разрезом. Для определения произвольных функций, входящих в общие выражения для напряжений, нужно использовать граничные условия на левой и правой кромках второй части, а также геометрические и силовые условия сопряжения первой и второй частей на их общей границе.

Для того, чтобы получить эти условия, заметим, прежде всего, что кромка отверстия свободна от напряжений, а на правую кромку второй части, как и первой, действуют растягивающие напряжения  $\sigma_{11}^2 = T$ , поэтому на основе (13) получаем уравнения

$$U_1(\xi) = U_1'(\xi) = U_2(h) = 0, \quad V_1'(\xi) = 0, \quad V_1(\xi) \equiv V_2(h). \quad (17)$$

Отметим, что (17) с учетом (8) и (10) позволяет дать полное описание состояния

$$u(\xi, \eta) = 0, \quad v(\xi, \eta) = V_2(h), \quad \sigma_{11}^1(\xi, \eta) = T, \quad \sigma_{22}^1(\xi, \eta) = P, \quad (18)$$

которые означают, что первая часть при растяжении ткани смещается вертикально, не деформируясь, на величину  $V_2(h)$ . При этом ее горизонтальные и вертикальные нити всюду натянуты постоянными усилиями  $T$  и  $P$ , соответственно.

Для того, чтобы записать уравнение, выражающее условие того, что первая и

вторая части действуют друг на друга равными вертикальными усилиями, заметим,

$$\sigma_{11}^2(0, \eta) = -Q(0) \frac{\partial}{\partial \eta} \left( \frac{U_2'(\eta)}{1 + V_2'(\eta)} \right) + G(\eta) = 0, \quad (14)$$

$$\sigma_{11}^2(\xi, L) = -Q(L) \frac{\partial}{\partial \eta} \left( \frac{U_2'(\eta)}{1 + V_2'(\eta)} \right) + G(\eta) = T.$$

Из (14) и (13) получаем:

$$\sigma_{11}^2(\xi, \eta) = \frac{T(Q(0) - Q(\xi))}{Q(0) - Q(L)}. \quad (15)$$

Условия равенства перемещений, расположенных на общей границе первой и второй частей точек ткани, с учетом приведенных в [1] выражений для этих перемещений могут быть записаны в виде

$$U_1(\xi) = U_2(h), \quad V_1(\xi) = V_2(h). \quad (16)$$

Из (16), учитывая, в частности, что точки первой части, имеющие лагранжеву координату  $\xi = 0$ , не перемещаются, по условию, в горизонтальном направлении, заключаем, что

первая часть. Это состояние определяется формулами

что поперечные нити второй части на ее границе с первой частью составляют с горизонталью угол  $\gamma(\xi)$ , который с учетом нерастяжимости нитей может вычисляться на основе равенства:

$$\sin \gamma(\xi) = \frac{\partial y(\xi, \eta)}{\partial \eta} \Big|_{\eta=h} = 1 + V_2'(h), \quad (19)$$

где функция  $y = y(\xi, \eta) = \eta + v(\xi, \eta) = \eta + V_2(\eta)$  выражает зависимость ордина-

ты произвольной частицы второй части от лагранжевых координат этой частицы. Из (19) видно, что угол  $\gamma$  не зависит от  $\xi$ .

В силу (19), (18) и (13) равенство нор-

$$P = \sigma_{22}^2(\xi, h) \sin \gamma = \sigma_{22}^2(\xi, h)(1 + V_2'(h)) = q(\xi). \quad (20)$$

Согласно (20) и (13), можем положить

$$Q(\xi) = P\xi. \quad (21)$$

Теперь, учитывая (13)...(17), видим, что напряжения внутри второй части определяются выражениями

$$\sigma_{11}^2(\xi, \eta) = \frac{T}{L} \xi, \quad \sigma_{22}^2(\xi, \eta) = \frac{P}{1 + V_2'(\eta)}. \quad (22)$$

## ВЫВОДЫ

1. Получены и исследованы дифференциальные уравнения для определения

мальных напряжений на обеих сторонах границы первой и второй частей выражается следующим образом:

напряжений и деформаций ткани в окрестности разреза.

2. Определены напряжения, возникающие в прямоугольном куске ткани, имеющем разрез, при симметричном растяжении этого куска.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Полякова Е.В., Дятлова П.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2007, №2. С.133...136.

Рекомендована кафедрой теоретической и прикладной механики. Поступила 23.01.07.

УДК 677.31.021.166

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ШЕРСТЯНЫХ СМЕСЕЙ  
НА ПОКАЗАТЕЛИ УКОРАЧИВАЕМОСТИ ВОЛОКОН**

*Д.Н. МУРАШОВ, С. В. ЛАЗАРЕНКО, Б.Е. БЕЛЫШЕВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Исследование влияния составов гребенных шерстяных смесей волокон на показатели свойств полуфабрикатов и пряжи проводили на базе технологии однопроцентного кардочесания смесей и их последующей переработки [1]. Получение регрессионных математических моделей и построение графиков осуществляли в среде MathCAD 2000.

Для оценки зависимости степени укорочения  $Y$  волокон чесальной ленты от средней длины  $X$  волокон смеси проведен однофакторный активный эксперимент при переработке 50 партий смеси.

Получена линейная однофакторная регрессионная модель:

$$Y(X) = 0,667X - 27,64. \quad (1)$$

Анализ полученной математической модели показывает, что степень укорочения волокон возрастает при увеличении средней длины прочесываемых волокон перерабатываемой смеси. Это обусловлено тем, что при повышении средней длины волокон возрастает их сопротивление чесанию и обрывность.

Степень зависимости укорочения  $Y$  волокон чесальной ленты от содержания  $Z$  растительных примесей в смеси также

оценивали при переработке 50 партий смеси.

Линейная однофакторная регрессионная модель:

$$Y(Z) = 0,392Z + 17,73. \quad (2)$$

Анализ полученной математической модели показывает, что с увеличением содержания растительных примесей в смеси степень укорочения волокон в чесальной ленте возрастает. Это обусловливается разрывом волокон при их обезрепеивании в устройстве Мореля и при кардочесании между другими рабочими органами.

**ВЫВОДЫ**

Наибольшее влияние на показатели укорочения волокон чесальной ленты оказывает средняя длина волокон смеси.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. *Протасова В.А., Бельшев Б.Е., Капитанов А.Ф.* Прядение шерсти и химических волокон (приготовление гребенной ленты, ровницы и пряжи): Учебник для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1988.

Рекомендована кафедрой технологии шерсти.  
Поступила 16.03.07.

## АНАЛИЗ НАПРАВЛЕНИЙ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ФИЛЬЕРНОГО ПИТАТЕЛЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БАЗАЛЬТОВЫХ НИТЕЙ

*М.С. ГРАЧЁВ*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)

Базальтовые нити (БН) – это продукция с уникальными свойствами по сравнению с подобными материалами из стеклянных волокон. Недостаточное развитие производства БН во многом вызывается тем, что во всех установках фильерный питатель выполняется из платинородиевого сплава, при этом вес самого питателя может превышать 4 кг [1]. Из-за химической агрессивности и тугоплавкости базальтовых расплавов ресурс эксплуатации фильеры значительно меньше, чем при производстве стеклянных волокон.

Работы по увеличению срока службы сосудов и по замене или уменьшению расхода платинородиевого сплава ведутся в следующих направлениях: улучшение стойкости платинородиевого сплава путем легирования его иридием, золотом, бериллием и другими материалами; нанесение защитных огнеупорных покрытий с целью предотвращения эрозии платины; уменьшение расхода платины за счет рациональной конструкции; разработка новых высокопроизводительных способов получения волокна с минимальным расходом драгметаллов на изготовление фильерных питателей; разработка новых жаростойких недефицитных материалов для изготовления жаростойких питателей.

В работе [1] предлагается заменить дорогостоящую платину углерод-карбидокремниевым материалом, то есть силицированным графитом, который по эксплуатационным свойствам при температуре 1300°С на воздухе и в контакте с базальто-

вым расплавом сопоставим с платинородиевым сплавом.

В работе [2] исследовали взаимодействие ряда тугоплавких соединений с расплавом базальта и их стойкость в окислительной среде. В результате пришли к выводу, что карбиды взаимодействуют с расплавами базальта, а нитриды и бориды – растворяются. Хорошие результаты дал дисилицид молибдена, который, покрываясь стекловидной пленкой, не взаимодействует с расплавом базальта при испытании. В этой же работе приведена конструкция металлокерамического питателя из дисилицида молибдена.

В [3] исследовано изготовление сосудов из различных тугоплавких металлов, поверхности которых защищены от окислительной среды оксидом алюминия, а от расплава стекла – платинородиевым сплавом.

В [4] представлены данные исследований влияния легирования на жаропрочность платины при высоких температурах на воздухе и в силикатных расплавах. Показано, что сплавы платины с родием, рутением, иридием, палладием и золотом могут использоваться в качестве конструкционных материалов при температурах 1000...1400° С, а в необходимых случаях до 1700...1750°С (0,9...0,95 Тпл). Эти сплавы, представляющие собой твердые растворы, содержащие 5...35% Rh, 10...35% Pd, до 4% Au, до 3% Ir, до 1,5% Ru, сочетают достаточно высокие характеристики жаропрочности с технологичностью при обработке давлением и сварке.



Упрочнение при дисперсионном твердении в процессе старения закаленных сплавов на основе платины проблематично в связи с отсутствием известных эффективных упрочняющих фаз в системах с платиноидами и золотом, а температурный предел использования дисперсионно-твердеющих сплавов – 0,60...0,65 Тпл.

Субструктурное упрочнение традиционных платиновых сплавов, сохраняющееся до более высоких температур – 0,75...0,80 Тпл (1400°C), относительно невелико и затруднено технологически.

## ВЫВОДЫ

Выявлены и проанализированы направления по модернизации фильерного питателя для производства базальтовых нитей на основе замены платинородиевого

сплава недефицитными и другими дешевыми жаростойкими сплавами.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Карасев Ю.А.* Непрерывная базальтовая нить – основа материалов XXI века. – М.: Союзное информационное агентство, 2004.

2. *Дубровский В.А., Махова М.Ф., Рычко В.А. и др.* Свойства расплавов основных магнетических пород Украины и волокон на их основе // В сб.: Волокнистые материалы из базальтов Украины. – Киев: Техника, 1971. С.5...12.

3. Патент США № 3350182, кл. 65-1.

4. *Рытвин Е.И.* Платиновые металлы и силикаты. Из XX века в XXI век.– М.: Академия средств массовой информатизации, 2000.

Рекомендована кафедрой проектирования машин для производства химических волокон и кра- сильно-отделочного оборудования. Поступила 20.03.07.

УДК 677.027.262

## ВЛИЯНИЕ ОКИСЛЕНИЯ ЛИПИДОВ НА ДЕПИГМЕНТАЦИЮ ПРИРОДНООКРАШЕННЫХ ПУХОВЫХ ВОЛОКОН

*Г.НАДМИД, Б.ХОНГОРЗУЛ*

(Монгольский государственный университет техники и технологии)

Шерстяные волокна любого происхождения имеют природную окраску, которая осложняет процесс крашения и ограничивает возможности расширения цветовой гаммы, особенно при использовании растительных красителей.

В связи с этим представляет интерес изучение процесса предварительного отбеливания трикотажных пуховых изделий на стадии подготовки их к крашению. Поскольку для отбеливания используют растворы окислителей и, прежде всего, пероксид водорода, в работе приведены результаты исследований по изучению процесса окисления липидов пероксидом водорода в присутствии ионов металлов.

Известно, что шерстяное волокно гетерогенно по структуре, а наличие трудно-проницаемой кутикулы и упорядоченных протофибрилл осложняет процессы сорбции и диффузии красителей. Нами установлено, что в процессе предварительного отбеливания имеет место модификация структуры, снижающая гидрофобность поверхности волокна. Это связано с удалением в щелочной среде прочно сорбированных или химически связанных липидов (так называемый F-слой). В результате на поверхности пухового волокна возникают новые гидрофильные группы, что сокращает время смачивания почти в 4 раза. Влагопоглощение при этом возрастает с 68

до 108%, а скорость высушивания остается неизменной.

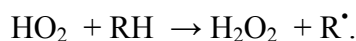
Процесс окисления при депигментации природноокрашенных волокон приводит к

окислению липидов, о чем свидетельствуют данные табл. 1.

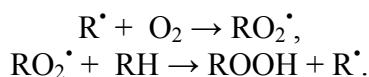
Т а б л и ц а 1

Липиды	До окислительных обработок		После окислительных обработок	
	мг/г	%	мг/г	%
Содержание липида в абсолютно сухом волокне	39,1±1,2	100	15,1±0,7	100
Неполярный липид	22,4±0,6	57,1	9,7±0,7	57,8
Фосфолипид	16,7±0,6	42,9	6,1±0,4	42,2

Процесс образования перекисей липидов протекает по цепному свободнорадикальному механизму, приводящему к появлению свободных радикалов. Цепной механизм процесса окисления начинается с образования радикалов липида - R<sup>•</sup>:



Это инициирует появление новых радикалов



Чередование последних двух реакций приводит к тому, что в процесс вовлекаются все новые молекулы липида RH и кислорода. При этом образуются молекулы гидроперекиси липидов, а число радикалов (R<sup>•</sup> и RO<sub>2</sub><sup>•</sup>) остается неизменным. Такие радикалы могут реагировать с другими радикалами, с ионами переменной валентности, а также с молекулами антиоксидантов.

Протекание этих многоступенчатых процессов ведет к депигментации волокон. Одновременно имеет место процесс деструкции кератина шерсти по причине окисления чувствительных к фотодеструкции аминокислот (тирозина, триптофана), из-за разрыва дисульфитных связей и образования при окислении серы сернистой и серной кислот, которые ускоряют гидролитический распад пептидных связей.

Ионы тяжелых металлов интенсифицируют процессы окислительной деструкции, поэтому связывание их радикалами положительно влияет на прочность волокна.

## В Ы В О Д Ы

1. Установлен механизм окислительной деструкции пуховых волокон шерсти на стадии подготовки их к крашению.

2. Предложен механизм активации процесса к образованию перекисей липидов и свободных радикалов.

3. Показана возможность модификации поверхности волокна, обеспечивающая интенсификацию процесса крашения.

Рекомендована кафедрой химии ИГТА. Поступила 15.05.07.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПАРОВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА РЕЛАКСАЦИЮ НАПРЯЖЕНИЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

И.А. ШЕРОМОВА, А.С. ЖЕЛЕЗНЯКОВ

(Владивостокский государственный университет экономики и сервиса,  
Новосибирский технологический институт МГУДТ)

В практике производства швейных изделий продолжительность процесса влажно-тепловой обработки (ВТО), как один из критериев производительности и качества выполнения операции, определяется экспериментальным путем и зависит от волокнистого состава материала, давления пресс-подушки, параметров паровоздушной среды, режима влагоотсоса и других технологических факторов. И если принять перечисленные параметры и их фазовое взаимодействие как входные факторы, то продолжительность операции ВТО с учетом обеспечения требований к качеству процесса формования будет являться функцией отклика.

Задачу можно сформулировать и в другой постановке, например, когда по ряду заданных значений входных факторов и фиксированному промежутку времени обработки изделия необходимо определить параметры паровоздушной среды, обеспечивающей требуемое качество операции ВТО и т.д.

Таким образом, меняя входные и выходные факторы местами, можно решать задачу проектирования процесса ВТО с помощью разных критериев, условий и действующих ограничений.

Однако если количественные характеристики обозначенных технологических факторов могут быть определены известными инструментальными методами [1], то измерение продолжительности релаксации напряжения – при фиксированной начальной деформации материала, что определяет качество процесса формования, вызывает трудности технического характера вследствие практического отсутствия не-

обходимых инструментальных методов и средств.

В связи с вышесказанным задача по определению продолжительности операции формования и условий обеспечения ее качества практически решается итерационным методом через проведение ряда натурных экспериментов, что не дает достаточных оснований для объективной оценки степени его завершенности.

До сих пор не представлялось возможным дать количественную оценку влияния параметров паровоздушной среды и других факторов на скорость процесса релаксации напряжения в формируемом изделии при фиксированной деформации. Это подтверждается и значительными колебаниями рекомендуемых параметров ведения процессов влажно-тепловой обработки [1].

В работе рассматривается экспериментальный стенд, методика и результаты исследований кинетики релаксации напряжения при фиксированной начальной деформации в зависимости от параметров паровоздушной среды. В качестве информативного параметра для оценки релаксации напряжения было принято изменение характеристик вынужденных колебаний материала при фиксированной начальной деформации.

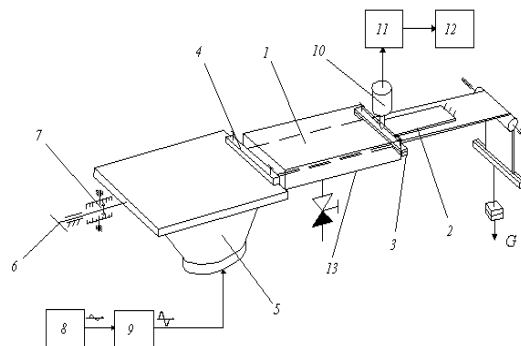


Рис. 1

Экспериментальный стенд для постановки исследований (рис.1) смонтирован на специальном виброзащитном основании и включает в себя неоднородную пластину – образец исследуемого волокнистого материала 1, скрепленного посредством зажима 3 с упругим элементом 2. Второй подвижный зажим 4 исследуемого образца установлен на резонаторном основании генератора механических колебаний (ГМК) 5, представляющего собой акустический динамик 25-ГД.

В состав экспериментального стенда входит также система нагружения образца с оцифрованными шкалами 6 и 7 его натяжения и деформации, генератор звуковой частоты 8 (ГЗ-33), усилитель 9 (ФЕНИКС-002), вибродатчик 10, измерительный прибор 11 (ВИП-21), контроллер с процессором 12 и термокамера 13.

Первый этап экспериментальных исследований был связан с тарировкой измерительной схемы стенда. Тарировка стенда была сведена к определению зависимостей напряжения  $\sigma$  и деформации  $\varepsilon$  от приложенной нагрузки, то есть  $[\sigma=f(P)]$  и  $[\varepsilon=f(P)]$ , скорости вибрации  $V$  неоднородной пластины от деформации материала  $[V=f(\varepsilon)]$ , а также скорости вибрации от релаксации его напряжения при фиксированной начальной деформации, то есть  $V = f(\sigma)_{\varepsilon=\text{const}}$ , в итоге представляющей собой тарировочную характеристику [2].

Методика экспериментальных исследований по определению зависимости  $\sigma(\tau)_{\Theta_i=\text{const}}$ , где  $\tau$  – время релаксации напряжения;  $\Theta_i$  – уровни варьирования температуры паровоздушной среды, заключалась в следующем. Предварительно деформированный на заданную величину образец помещался в термокамеру 13, куда по программе эксперимента подавалась паровоздушная среда заданной темпера-

туры. Одновременно с подачей пара в тепловую камеру предельно ограниченного объема, где температура среды за доли секунды достигала требуемых значений, образец со стороны одного из зажимов 4 подвергался вынужденным механическим колебаниям.

Колебания от генератора звуковых колебаний 8 с частотой 28 Гц, равной одной из главных частот колебаний материала, преобразованные в механические колебания резонаторной пластины, через усилитель 9 и ГМК 5 передавались образцу 1. В ходе процесса релаксации напряжения при фиксированной начальной деформации образца изменялся условный модуль упругости, что влияло на характеристики колебаний зажима 3 и упругой пластины 2.

Изменение параметров колебаний зажима 3 и упругой пластины 2 воспринималось чувствительным элементом (вибродатчиком) 10, сигнал от которого поступал в вибропреобразовательный блок 11, затем через контроллер в процессор 12 для расчета и графического отображения процесса релаксации напряжения до стадии его завершения, фактом чего было принято установившееся состояние выходного сигнала от вибродатчика.

При действии вынужденных колебаний среза материала со стороны резонаторной пластины и заданных параметрах паровоздушной среды через каждую единицу времени, задаваемую таймером процессора, записывались значения скорости вибрации второго зажима  $[V = f(\tau)]$ . По тарировочной характеристике  $[V = f(\sigma)_{\varepsilon=\text{const}}]$  в реальном режиме времени определялась кинетика процесса релаксации напряжения  $\sigma(\tau)_{\Theta_i=\text{const}}$  в образце с фиксированной начальной деформацией.

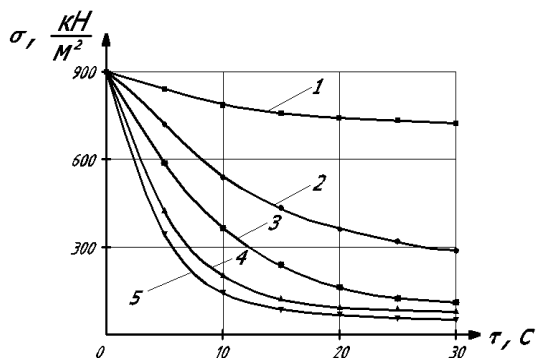


Рис. 2

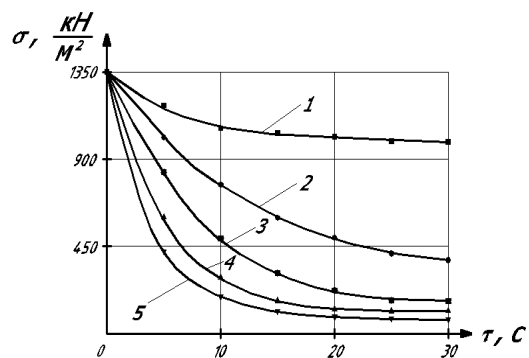


Рис. 3

Результаты экспериментальных исследований кинетики процесса релаксации напряжения при разных уровнях варьирования температуры паровоздушной среды до 180°C представлены на рис. 2 и 3 соответственно для пальтовой (арт. 4655) и костюмной (арт. 2230) групп тканей.

На базе полученных результатов экспериментальных исследований по тарировочным характеристикам построены зависимости релаксации напряжения при фиксированной деформации, как функция температуры паровоздушной среды, то есть  $\tau = f(\Theta)$ .

При постановке экспериментальных исследований важно было определить степень относительного влияния ( $\xi, \%$ ) параметров паровоздушной среды на скорость релаксации напряжения для материалов разных ассортиментных групп.

Оценку этого влияния рассматривали в фиксированные промежутки времени ( $\tau_i$ ) по экспериментально-расчетным значениям ( $\xi, \%$ ):

$$\Delta\sigma(\Theta_i)_{\tau_i=\text{const}} = \sigma_0 - \sigma_{\tau_i},$$

$$\xi_i = \frac{\Delta\sigma(\Theta_i)_{\tau_i=\text{const}}}{\sigma_0} \cdot 100, \%,$$

где  $\sigma_0$  – исходное значение напряжения образцов до начала релаксации;  $\sigma_{\tau_i}$  – измеренное значение напряжения в фиксированный момент времени.

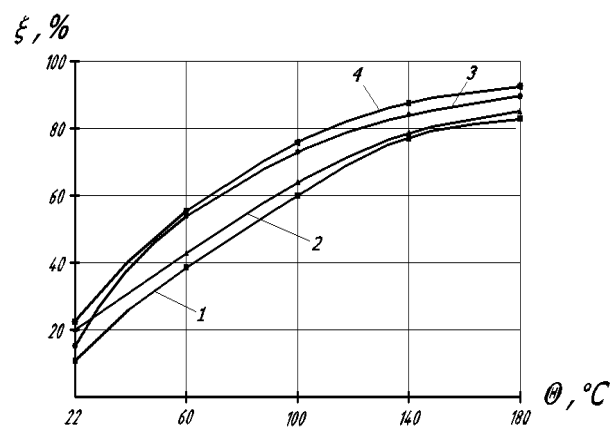


Рис. 4

На рис. 4 представлены результаты расчета рассматриваемых соотношений в зависимости от параметров термомеханического воздействия для материалов пальтовой (арт. 4655; кривые 1, 2) и костюмной (арт. 2230; кривые 3, 4) групп тканей, как наиболее часто обрабатываемых по приданию им пространственной конфигурации формованием на прессах ВТО.

Практическое совпадение полученных графиков по форме и количественным значениям для фиксированных промежутков времени следует считать подтверждением возможности использования разработанного метода для исследования релаксационно-деформационных характеристик различных ассортиментных групп волокнистых материалов.

## ВЫВОДЫ

1. Разработанный экспериментальный стенд и методика исследований НДС волокнисто-содержащих композитов, осно-

ванные на изменении динамических характеристик образцов в процессе релаксации напряжения при фиксированной начальной деформации, могут быть использованы для изучения деформационно-релаксационных характеристик материалов разных ассортиментных групп, исследований кинетики процесса и установления продолжительности операции формования изделий при разных режимах обработки.

2. На базе проведенных экспериментальных исследований установлено, что степень влияния параметров термомеханического воздействия на скорость релаксации напряжения при фиксированной деформации волокнистых легкодеформируемых композитов носит нелинейный харак-

тер, но их относительные значения для рассмотренных видов материалов в фиксированный промежуток времени практически равны, что соответствует теоретическим представлениям о физике процесса.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мигальцо И.И. Термические процессы в швейной промышленности. – Киев.: Техника; Будапешт: Muszaki, 1987.

2. Беличенко К.К., Мишаков В.Ю., Железняков А.С. Экспериментальное исследование НДС мягких композитов посредством механических колебаний // Материаловедение. – 2004, №10. С.19...22.

Рекомендована кафедрой сервиса и моды ВГУЭС. Поступила 28.05.07.

УДК 69.059

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВОДОСЧЕТЧИКОВ

*А.В. ШУБЕНКОВ, А.Б. ТУЛИНОВ*

(Московский государственный университет сервиса)

В процессе эксплуатации в корпусах приборов учета тепла и воды проявляются определенного вида дефекты, из-за которых дальнейшее их использование невозможно.

Анализ дефектов корпусных деталей тепловодосчетчиков позволил классифицировать их по следующим признакам, характеризующим скрытые (литейные) дефекты и приобретенные в процессе эксплуатации, которые дают возможность установить истинную причину выхода из строя деталей и разработать методику по их эффективному восстановлению, а именно литейные: микротрещины, раковины, пористость, рыхлоты; эксплуатационные: трещины, пробоины, свищи, сколы, отломы.

Традиционные методы устранения дефектов корпусных деталей являются не

всегда эффективными, не позволяют провести ремонтные работы оперативно, требуют значительных материальных и трудовых ресурсов [1]. В связи с этим определенный интерес вызывают возможности устранения литейных и эксплуатационных дефектов корпусных деталей приборов учета тепла и воды прогрессивными технологиями, с использованием композиционных полимерных материалов (КПМ), а именно металлополимерными композитами и анаэробными материалами (клеи и герметики) [1], [2].

В результате анализа дефектов корпусных деталей предложены варианты методов их устранения с применением композиционных полимерных материалов, которые представлены в табл. 1, где знаком «+» обозначена рекомендация к применению, знаком «-» – не рекомендовано.

Т а б л и ц а 1

Дефекты КПМ	Литейные				Эксплуатационные					
	микро- трещины	рако- вины	пори- стость	рых- лоты	тре- щины	про- боины	свищи	сколы	выбо- ины	отло- мы
Композиционные материалы	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+
Анаэробные материалы	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-

По новым технологиям, разработанным с применением металлополимерных композитов и анаэробных материалов, были устранены литейные и эксплуатационные дефекты корпусных деталей.

На предприятии ОАО "Мытищинские теплосети" (Московская область) на поверочных установках проведены гидравлические испытания корпусных деталей на герметичность. Испытания проводились

при режимах, максимально приближенных к эксплуатационным: давление в системе 6...9 атм.; температура воды 40 и 90°C; расход воды в системе от 0,01 до 1200м<sup>3</sup>/ч.

Анализ испытаний показал, что гидравлические характеристики восстановленных изделий соответствуют допустимым значениям, указанным в технических условиях [3]. Их значения приведены в табл. 2 и 3.

Т а б л и ц а 2

Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	Диаметр проточной части водосчетчика, мм					
	15	20	25	32	40	50
	Потери давления, кПа					
0,1	0,1	-	-	-	-	-
0,2	0,3	0,15	-	-	-	-
0,3	1	0,3	0,1	-	-	-
0,4	2	0,8	0,2	-	-	-
0,5	4	1,8	0,4	-	-	-
0,6	5	2,2	0,5	-	-	-
0,7	6,5	3	0,8	-	-	-
0,8	7,5	3,2	0,9	-	-	-
0,9	9	3,5	1	-	-	-
1	10	4	1,5	1	-	-
2	29	14	3,2	2,9	1	-
3	-	30	8	6	2,5	-
4	-	100	10,8	12	5	-
5	-	-	30	25	10	-
6	-	-	-	31	13	-
7	-	-	-	41	18	-
8	-	-	-	45	20	-
9	-	-	-	50	22	-
10	-	-	-	60	25	1
20	-	-	-	-	99	3,5
30	-	-	-	-	-	7,9
40	-	-	-	-	-	17
50	-	-	-	-	-	19
60	-	-	-	-	-	25
70	-	-	-	-	-	32
80	-	-	-	-	-	40
90	-	-	-	-	-	48
100	-	-	-	-	-	53

Таблица 3

Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	Диаметр проточной части водосчетчика, мм						
	65	80	100	125	150	200	250
	Потери давления, кПа						
10	-	-	-	-	-	-	-
20	1,4	1	-	-	-	-	-
30	3,4	3,5	1,2	-	-	-	-
40	5	5	2	1,2	-	-	-
50	8	6	3,3	1,8	-	-	-
60	12	8	4	2,4	-	-	-
70	14	11	4,5	3,1	-	-	-
80	16	13	6	3,8	-	-	-
90	19	15	7,9	4,6	-	-	-
100	22	18	9	5	1	-	-
150	50	40	20	12,5	2,3	-	-
200	-	-	33	18	3,5	1,4	1
250	-	-	-	30	5	3	1,5
1	2	3	4	5	6	7	8
300	-	-	-	-	9	4	2
350	-	-	-	-	12,5	5	2,5
400	-	-	-	-	15	6,5	3,5
500	-	-	-	-	19	10	4,2
600	-	-	-	-	28	13	5,8
650	-	-	-	-	40	18	8
1000	-	-	-	-	-	35	15
1100	-	-	-	-	-	-	30
1200	-	-	-	-	-	-	49

Полученные результаты показали, что отбракованные тепловодосчетчики, прошедшие восстановление металлополимерными композитами и анаэробными материалами, выдержали испытание на герметичность и могут быть рекомендованы к эксплуатации.

### ВЫВОДЫ

Применение современных технологий устранения дефектов корпусных деталей с использованием композиционных полимерных материалов дает возможность эффективно обеспечить допустимые значения гидравлических характеристик восстановленных тепловодосчетчиков и реко-

мендовать приборы учета тепла и воды к эксплуатации на текстильных предприятиях.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Тулинов А.Б. Технологические методы применения композиционных материалов при ремонте систем жизнеобеспечения городского коммунального хозяйства. – М.: МГУС, 2003.
2. Применение анаэробных продуктов для процессов герметизации и сборки изделий / Под ред. В.Е. Мосичева. – М.: ЦНИИ информации, 1983.
3. ТУ 4213-200-18151455-2001. Счетчики холодной и горячей воды. – М.: 2002.

Рекомендована кафедрой материаловедения и товарной экспертизы. Поступила 30.05.07.



## ОРГАНИЗАЦИЯ НЕГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕНСИОННОГО СТРАХОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕКСТИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

*О.Ю. ГУРЬЕВА, О.В. МЕЛЬНИКОВА*

(Ивановский государственный университет,  
Ивановский филиал АНО ВПО ЦС РФ «Российского университета кооперации»)

Одним из перспективных направлений улучшения пенсионной проблемы в стране может стать организация корпоративных (негосударственных) пенсионных фондов. Альтернативным выходом из сложившейся ситуации является организация корпоративных пенсионных фондов на самом предприятии (в том числе текстильном).

Корпоративная пенсия – фактор долгосрочной мотивации для наиболее ценных сотрудников предприятия. Такая пенсия, помимо оплаты профобучения, предоставления льготных ссуд, оплаты турпутевок, должна стать важнейшим элементом общего соцпакета.

Негосударственный пенсионный фонд (НПФ) – особая организационно-правовая форма некоммерческой организации социального обеспечения, основным видом деятельности которой является негосударственное пенсионное обеспечение участников Фонда на основании договоров о негосударственном пенсионном обеспечении. НПФ осуществляют деятельность на основании Федерального закона N75-ФЗ от 07.05.1998 "О негосударственных пенсионных фондах".

Деятельность НПФ по негосударственному пенсионному обеспечению включает аккумуляцию пенсионных взносов, размещение пенсионных резервов в соответствии с действующим законодательством, распределение полученного дохода, оформление и выплата негосударственных пенсий. Рассмотрим эти функции подробнее.

На основании Пенсионного договора вкладчик перечисляет в НПФ пенсионные взносы. При заключении договора необходимо будет выбрать пенсионную схему – некую спецификацию договора. Схемы

бывают трех видов: сберегательные, страховые и смешанные.

Сберегательная схема, как правило, предполагает выплату пенсий в течение определенного срока, а в случае смерти участника пенсионной программы – наследование или правопреемство. Страховая схема, как правило, подразумевает пожизненные выплаты пенсий, но наследование при этом не предусмотрено. Смешанная схема представляет собой комбинированный вариант страховой и сберегательной схем.

В качестве Вкладчика могут выступать предприятие, перечисляющее пенсионные взносы в пользу своих работников, или физическое лицо, перечисляющее пенсионные взносы в свою пользу. В первом случае речь будет идти о солидарной схеме, а во втором – об именной. Таким образом, фонд осуществляет учет поступивших пенсионных взносов на солидарном или именном пенсионном счете Вкладчика и формирует пенсионные резервы.

В дальнейшем эти резервы будут инвестированы в высоконадежные активы с целью получения дохода. Полученный доход будет увеличивать сумму будущей пенсии. Однако часть дохода будет направляться на вознаграждение управляющего, на пополнение страхового резерва и на оплату расходов по обслуживанию фонда.

При наступлении пенсионных оснований (выход на пенсию) у Участника определяется размер негосударственной пенсии и порядок ее получения исходя из накопленной суммы.

Для того, чтобы выбрать негосударственный пенсионный фонд, частному лицу необходимо, прежде всего, сформулировать свои требования и ожидания.

В общем случае к критериям надежности негосударственного пенсионного фонда можно отнести следующие показатели:

- опыт работы в области негосударственного пенсионного обеспечения,
- состав учредителей,
- размер пенсионного и страхового резервов,
- размер имущества, предназначенного для обеспечения уставной деятельности,
- количество участников, а также объем пенсионных взносов и выплаченных пенсий.

В соответствии с действующим законодательством негосударственные пенсионные фонды вправе размещать свои пенсионные резервы самостоятельно или через управляющие компании. НПФ вправе самостоятельно размещать средства в государственные и муниципальные ценные бумаги, ценные бумаги субъектов РФ, на банковский депозит или в объекты недвижимости.

Взаимоотношения НПФ и управляющей компании строятся на основании договоров доверительного управления и иных договоров, в зависимости от схемы работы пенсионного фонда на финансовом рынке. В свою очередь управляющие компании обязаны иметь лицензию на те виды деятельности, по которым они осуществляют операции со средствами пенсионных фондов.

Размещение пенсионных резервов Фонда должно удовлетворять следующим требованиям к их составу:

- стоимость пенсионных резервов, размещенных в один объект, не может превышать 10% общей стоимости пенсионных резервов;
- общая стоимость пенсионных резервов, размещенных в ценные бумаги, не имеющих признаваемых котировок, не должна превышать 20% стоимости пенсионных резервов;
- общая стоимость пенсионных резервов, размещенных в ценные бумаги, выпущенные учредителями и вкладчиками фонда, не должна превышать 30% стоимости пенсионных резервов, за исключением

случаев, когда указанные ценные бумаги включены в Котировальный лист РТС первого уровня;

- в федеральные государственные ценные бумаги допускается размещать суммарно не более 50% стоимости пенсионных резервов, за исключением случаев их приобретения в результате проведения новации;
- в государственные ценные бумаги субъектов Российской Федерации и муниципальные ценные бумаги допускается размещать суммарно не более 50% стоимости пенсионных резервов;
- в акции и облигации предприятий и организаций допускается размещать суммарно не более 50% стоимости размещенных пенсионных резервов;
- в векселя допускается размещать не более 50% стоимости размещенных пенсионных резервов;
- в банковские вклады и недвижимость допускается размещать суммарно не более 50% стоимости размещенных пенсионных резервов.

Существуют отступления от требования по обязательной диверсификации вложений НПФ.

Так, например:

- если общая стоимость размещенных пенсионных резервов фонда не превышает 1,5 миллиона рублей, процентные ограничения на размещение пенсионных резервов в федеральные государственные ценные бумаги и (или) банковские вклады (депозиты) банков, не накладываются;
- если приобретаются паи паевых инвестиционных фондов, правилами и инвестиционной декларацией которых предусмотрено выполнение правил и требований, предъявляемых к НПФ, процентные ограничения на стоимость пенсионных резервов, размещенных в паи этих паевых инвестиционных фондов, не накладываются.

Рекомендована кафедрой экономики и бухгалтерского учета Российского университета кооперации (Ивановский филиал). Поступила 30.05.07.