

677.07

к89

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ “ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ”**

УДК 677.072.7

КУЗНЕЦОВ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПНЕВМОТЕРМОТЕКСТУРИРОВАНИЯ
ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ**

Специальность 05.19.02–

Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Витебск, 2002

Работа выполнена в Учреждении образования “Витебский государственный технологический университет”

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор ОЛЬШАНСКИЙ В.И.
УО Витебский государственный технологический университет, кафедра “Технология и оборудования машиностроительного производства”

Научный консультант: доктор технических наук, профессор КОГАН А.Г.
УО “Витебский государственный технологический университет”, кафедра “Появления натуральных и химических волокон”

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор НИКОЛАЕВ С.Д.
Московский государственный текстильный университет, проректор по научной работе.
кандидат технических наук, доцент ЛИТОВСКИЙ С.М.
УО “Витебский государственный технологический университет”, проректор по научной работе

Оппонирующая организация: ОАО “Витебский комбинат шелковых тканей”

Защита состоится “4” апреля 2002 г. в 12⁰⁰ часов на заседании Совета по защите диссертаций К 02.11.01 в Учреждении образования “Витебский государственный технологический университет”
210028, г. Витебск, Московский пр., 72

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Учреждения образования “Витебский государственный технологический университет”

Ученый
по защите
кандидата
доцент

Новоская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

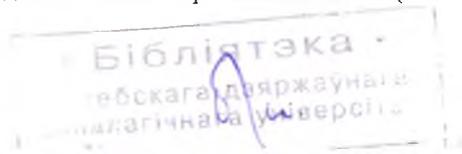
Актуальность темы. В настоящее время, в условиях острой конкуренции, одной из важнейших проблем, возникающих на предприятиях текстильной промышленности Республики Беларусь, являются повышение качества изделий текстильной промышленности, снижение энергоемкости технологических процессов и повышения производительности с одновременным расширением ассортимента текстильных изделий.

Одним из направлений решения данной задачи является производство пряжеподобных нитей, компонентами которых являются химические нити и волокна. Наиболее распространенным способом получения пряжеподобных нитей является метод пневмотекстурирования комплексных химических нитей. В качестве компонентов пневмотекстурированной нити (ПТН) могут использоваться практически любые виды химических и стеклянных нитей, а также пряжа из химических и натуральных волокон и их смесей, что подтверждает универсальность данного метода. В качестве недостатка способа пневмотекстурирования следует отметить энергоемкость данного технологического процесса и недостаточное качество ПТН, что приводит к ее ограниченному производству. Известно, что комплексные химические нити (высокоусадочные полиэфирные, полиамидные и др.) в условиях влажно-тепловой обработки (ВТО) изменяют не только физико-механические свойства, но и структуру. Следовательно, применение, в качестве исходных, неоднородных компонентов позволяет регулировать в желаемом направлении физико-механические свойства ПТН в зависимости от требований к изделиям из них, а также условий их дальнейшей переработки. Процесс текстурирования с использованием воздушных тепловых потоков имеет следующие преимущества: возможность получения текстурированных нитей с низкой растяжимостью, многообразие видов исходных и получаемых нитей, позволяющее вырабатывать многокомпонентные нити с различными свойствами и разнообразными внешними эффектами.

Вследствие этого, разработка технологии пневмотермотекстурирования (ПТТ) химических нитей является актуальной задачей, решение которой даст возможность улучшить качество текстильных нитей, снизить материалоемкость и расширить ассортимент изделий из них без значительного увеличения энергоемкости данного процесса.

Связь работы с крупными научными программами, темами. Работа выполнялась в рамках:

- Межвузовской программы фундаментальных исследований “Метрологическое обеспечение качества” “Разработка методики оценки и прогнозирования качества технических систем и изделий в легкой промышленности” (№



гос. рег. 19991620), утвержденной решением Координационного Совета №11 от 12.02.1999 г.;

- Государственной программы фундаментальных исследований “Исследование явлений и процессов генерации, переноса и преобразования энергии в термодинамических системах и энергетических технологиях” (Энергия–07) “Исследование нестационарной теплопроводности текстильных материалов” (№ гос. рег. 2001522), утвержденной решением бюро Совета по координации фундаментальных исследований от 06.03.2001 г.;
- отдельного научно–технического проекта “Разработать технологические процессы и организовать производство пряж, тканей и трикотажных изделий технического назначения”, утвержденного приказом Первого заместителя Председателя Государственного комитета по науке и технологии Республики Беларусь от 5 февраля 1998 г. №16;
- госбюджетной финансируемой НИР “Исследование и разработка методов прогнозирования показателей качества изделий текстильной промышленности” (№ гос. рег. 1999620), утвержденной решением НТК ВГТУ №4/98–99 от 14.12.1998 г.

Цель и задачи исследования. Целью настоящих исследований является разработка технологии пневмотермотекстурирования химических нитей, методов оценки и прогнозирования их механических свойств.

В соответствии с указанной целью были поставлены и решены следующие задачи:

- осуществление выбора используемого сырья, разработка технологии пневмотермотекстурирования и её практическая реализация;
- проведение комплексного анализа изменения физико–механических и специфических свойств нитей при пневмотермотекстурировании;
- определение рациональных режимов процесса пневмотермотекстурирования на основании анализа результатов теоретических и экспериментальных исследований;
- разработка методики оценки деформационных свойств пневмотермотекстурированных нитей по результатам кратковременных испытаний;
- разработка методики оценки неравномерности прочности пневмотермотекстурированных нитей по длине по результатам кратковременных испытаний.

Объект и предмет исследований: пневмотермотекстурированные химические нити; технология их получения и переработки в текстильные изделия, методика оценки их механических свойств по результатам кратковременных испытаний.

Методика исследований. Разработка технологии пневмотермотекстурирования химических нитей и методик оценки их механических свойств основывались на результатах теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в работах отечественных и зарубежных авторов.

В теоретических исследованиях использовались методы теории струй и газодинамики, теории сушки капиллярно–пористых материалов, теории дифференциальных уравнений, текстильного материаловедения, математического моделирования и теории вероятностей.

Экспериментальные исследования проводились на основе методов математической статистики. Обработка результатов экспериментальных исследований проводилась с использованием системы компьютерной алгебры “Maple V” на ПЭВМ. Экспериментальные исследования проводились в отраслевой лаборатории кафедры “Прядения натуральных и химических волокон” ВГТУ, в центре сертификации и метрологии ВГТУ, в производственных условиях ОАО “КИМ” и ВО УПП “Виттекс”.

Научная новизна полученных результатов. Разработана новая технология пневмотермотекстурирования химических нитей, позволяющая совместить процессы формирования структуры и её термостабилизации и обеспечивающая формирование петельной структуры ПТН в условиях влажно–тепловой обработки. Новая технология позволяет снизить себестоимость и улучшить показатели, характеризующие специфические свойства пряжеподобных химических нитей.

В результате экспериментальных исследований разработаны математические модели, характеризующие взаимосвязь между специфическими, физико–механическими свойствами нити, и технологическими параметрами процесса пневмотермотекстурирования.

Разработана физико–математическая модель процесса пневмотермотекстурирования химических нитей, учитывающая физико–механические свойства нитей, конструктивные особенности устройства формирования и термодинамические параметры теплогазопереноса при формировании структуры нити.

Разработана методика проектирования высокоэффективного энергосберегающего оборудования и изготовлен блок тепловой подготовки сжатого воздуха, обеспечивающий температурный режим сжатого воздуха при ПТТ в диапазоне 60–200 °С.

Методами имитационного моделирования полуциклового испытания на растяжение разработаны математические модели, позволяющие произвести оценку неравномерности прочности по длине текстильных нитей.

Разработана универсальная математическая модель процесса растяжения текстильных материалов, позволяющая оценивать деформационные свойства текстильных нитей по результатам кратковременных испытаний.

Разработаны рекомендации использования имитационного моделирования испытания на растяжение текстильных материалов для оценки влияния продольной и поперечной гетерогенности структуры и механических свойств на прочностные характеристики текстильных нитей.

Практическая значимость полученных результатов. По результатам теоретических и экспериментальных исследований:

- разработана и внедрена технология пневмотермотекстурирования химических нитей в производственных условиях ОАО “Витебский комбинат шелковых тканей”;
- разработана и внедрена технология получения пневмотермотекстурированных химических нитей линейной плотности 30–40 текс в ассортимент декоративных и гобеленовых тканей в производственных условиях ВО УПП “Виттекс”;
- разработана и внедрена методика оценки неравномерности прочности по длине текстильных нитей на ОАО “КИМ”;
- разработана и внедрена методика оценки деформационных свойств текстильных нитей по результатам кратковременных испытаний на ОАО “КИМ”;
- разработана методика проектирования высокоэффективного энергосберегающего оборудования и изготовлен блок тепловой подготовки сжатого воздуха;
- результаты работы внедрены в учебный процесс ВГТУ в курсы “Новое в технике и технологии”, “Технология и оборудование для производства текстирированных нитей”.

Экономическая значимость полученных результатов. Ожидаемый экономический эффект от использования технологии пневмотермотекстурирования химических нитей составил 15,827 млн. руб. в годовом объеме производства в ценах на 01.10.2001 г.

Экономический эффект от использования пневмотермотекстурированных химических нитей: при производстве декоративной ткани составил 130,4 млн. руб. в годовом объеме производства (59,97 руб.– на 1 пог. м. ткани) в ценах на 01.10.2001 г., при производстве декоративной ткани гобеленовой структуры составил 115,02 млн. руб. в годовом объеме производства (53,44 руб.– на 1 пог. м. ткани) в ценах на 01.10.2001 г.;

Основные положения диссертации, выносимые на защиту. Автор защищает:

- технологию пневмотермотекстурирования химических нитей, позволяющую совместить процессы формирования структуры и её термостабилизацию, что приводит к снижению себестоимости продукции и улучшению специфических свойств нити;
- методику проектирования высокоэффективного энергосберегающего оборудования для обеспечения температурного режима процесса ПТТ;
- физическую модель процесса пневмотермотекстурирования, учитывающую физико–механические свойства нитей, конструктивные особенности устройства формирования, термодинамические параметры теплообмена при формировании структуры нити и позволяющую определять рациональные режимы процесса;
- научно обоснованную методику оценки неравномерности прочности по длине текстильных нитей, позволяющую повысить информативность полуциклового испытания на растяжение;
- научно обоснованную методику оценки и прогнозирования механических свойств текстильных нитей по результатам кратковременных испытаний.

Личный вклад соискателя. Соискателем лично:

- разработана технология пневмотермотекстурирования химических нитей;
- модернизирована прядильная машина ПБК–225 ШГ для получения пневмотермотекстурированных химических нитей;
- разработана конструкция блока тепловой подготовки сжатого воздуха для обеспечения заданного температурного режима;
- разработаны математические модели прогноза значений показателей, характеризующих специфические и механические свойства ПТТН, в зависимости от параметров процесса пневмотермотекстурирования по результатам экспериментальных исследований;
- разработана методика оценки температурных режимов процесса пневмотермотекстурирования;
- разработана физико–математическая модель процессов, происходящих при пневмотермотекстурировании, и учитывающая физико–механические свойства компонентов ПТТН, конструктивные особенности устройства формирования и термодинамические параметры теплообмена при формировании структуры нити;
- разработаны алгоритмы статистической имитации полуциклового испытания на растяжение текстильных материалов и их практическая реализация в математической системе компьютерной алгебры “Maple V”;
- осуществлена практическая реализация основ теории параметрической надежности технических систем к анализу реализации исследуемого показателя качества текстильных нитей;

- разработана и внедрена в производство методика оценки и прогнозирования показателей деформационных свойств текстильных нитей по результатам кратковременных испытаний;
- разработана и внедрена в производство методика оценки неравномерности прочности текстильных нитей по результатам кратковременных испытаний;
- разработан и внедрен в производство новый ассортимент пневмотермотекстированных химических нитей для получения текстильных изделий бытового назначения.

Апробация результатов диссертации. Основные результаты работы представлены и получили положительную оценку на:

- XXXVI Международном семинаре “Актуальные проблемы прочности” (Витебск, 2000);
- Международной научной конференции “Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности” (Витебск, 2000);
- Международной научно-технической конференции «Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении» (Витебск, 1999);
- Международной научно-технической конференции “Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности” (ПРОГРЕСС-2000), (Иваново, 2000);
- Международной научно-технической конференции “Метрологическое обеспечение качества – 2000” (Минск, 2000);
- Юбилейной научно-технической конференции (Санкт-Петербург, 2000);
- Международной 53-й научно-технической конференции преподавателей, научных работников и студентов БГПА (Минск, 1999);
- Научно-технических конференциях преподавателей и студентов ВГТУ, 1998–2000 г.г.
- Заседаниях кафедры ПНХВ 1999–2000 г.г.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 17 печатных работ общим объемом 92 страницы, в том числе 12 статей и 5 тезисов докладов, принята к рассмотрению заявка на изобретение.

Структура и объём работы. Работа содержит введение, общую характеристику работы, пять глав, общие выводы, список использованных источников и приложения. Общий объём работы составляет 280 страниц. Объём диссертации составляет 168 страниц, включающих 61 рисунок и 23 таблицы. В работе использовались 107 литературных источников, на которые сделаны ссылки, представленные на 9 страницах. В работе приведены 16 приложений, представленные на 102 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определены основная цель, задачи и методы исследования, описаны элементы научной новизны и практической значимости полученных результатов.

В первой главе, основываясь на монографиях, научных работах, патентных материалах и других источниках, проведен анализ различных способов пневмотекстурирования химических нитей и методов оценки их механических свойств.

На основе анализа способов пневмотекстурирования химических нитей (параллельный, нагонный и их различные модификации) определены и обоснованы основные пути развития данной технологии: улучшение качества ПТН; дальнейшее снижение энергоемкости технологического процесса их получения; увеличение скорости выпуска с обеспечением регламентируемых значений показателей специфических и физико-механических свойств нити. Показано, что совершенствование способа пневмотекстурирования должно быть направлено на снижение энергоёмкости данного технологического процесса и улучшение свойств ПТН, характеризующих ее качество.

Аналитический обзор исследований, посвященных вопросам оценки и прогнозирования механических свойств текстильных нитей, позволяет отметить, что полученные в стандартных условиях испытаний показатели качества, характеризующие механические свойства текстильного материала, обладают недостаточной информативностью, так как могут, при сравнении с базовыми значениями характеризовать только качество изготовления с точки зрения соответствия стандарту. Рассмотренные методы требуют значительных временных затрат на проведение испытаний и не обладают возможностью прогнозировать значения показателей, характеризующих механические свойства текстильных материалов по результатам кратковременных испытаний.

Следовательно, несмотря на большое количество работ, посвященных способам пневмотекстурирования, методам оценки и прогнозирования механических свойств ПТН, разработка технологии ПТГ химических нитей, методов оценки и прогнозирования показателей их специфических и механических свойств до настоящего времени остается актуальной.

Вторая глава посвящена разработке технологии пневмотермотекстурирования химических нитей. На основе анализа физико-механических свойств КН, проявляемых в условиях влажно-тепловой обработки, произведено обоснование выбора исходного сырья для получения пневмотермотекстурированных нитей (ПТТН). В качестве стержневого компонента рекомендуется использовать комплексную полиэфирную нить с усадкой до 60 – 70 %, полученную

методом физической модификации, либо полиамидную комплексную нить с усадкой до 10 %, полученную по сокращенной технологии. В качестве нагонного компонента могут использоваться вискозные, триацетатные, полиэфирные или полиамидные комплексные нити. Доля комплексной нити с высокой усадкой в комбинированной пневмотермотекстированной нити может составлять 20 – 90%. На рис.1. представлена технологическая схема способа пневмотермотекстирования химических нитей.

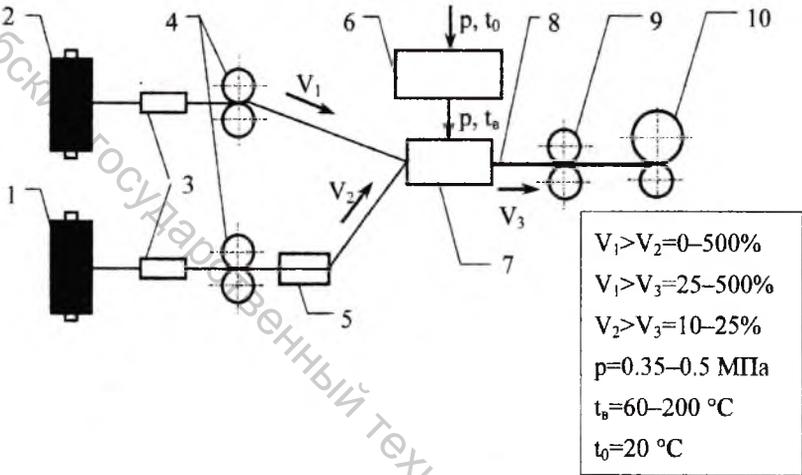


Рис. 1. Технологическая схема процесса пневмотермотекстирования химических нитей

Способ осуществляется следующим образом. Стержневая 1 и нагонная 2 нити подаются питающей парой 4 через нитенатяжители 3 в аэродинамическое устройство 7 со скоростями соответственно V_1 и V_2 . Предварительно стержневой компонент подвергается увлажнению в устройстве 5. Формирование структуры ПТТН осуществляется в аэродинамическом устройстве (АУ) 7, воздушным тепловым потоком. Термодинамические режимы процесса пневмотермотекстирования обеспечиваются блоком тепловой подготовки воздуха (БТПВ) 6. Из АУ сформированная нить 8 отводится выпускной парой 9 и наматывается на выходную паковку 10 массой до 2 кг.

С целью повышения объемности, петлистости и обеспечения стабильности петельной структуры пневмотекстирование осуществляется сжатым воздухом заданного температурного режима, который обеспечивается блоком тепловой подготовки воздуха 6. Конструктивные особенности блока тепловой подготовки воздуха обеспечивают регулировку температуры сжатого воздуха в диапазоне от 60 до 200 °С. Соединяя предлагаемым способом различные со-

ставляющие компоненты, удастся не просто объединить и улучшить их полезные свойства, а получить качественно новую нить.

На основании предварительных экспериментальных исследований процесса ПТТ и анализа работ проф. Перепелкина К.Е. и проф. Пакшвера А.Б., посвященных процессам термообработки текстильных материалов, установлено, что к определяющим параметрам ПТТ относятся: температура сжатого воздуха t_a , °С., давление сжатого воздуха p , МПа, скорость выпуска V_b , м/мин. При проведении экспериментальных исследований давление сжатого воздуха p варьировалось в диапазоне от 0,35 МПа до 0,55 МПа. Температурный режим обеспечивался в следующем диапазоне $t_a=20 \dots 150$ °С. Скорость выпуска устанавливалась максимальной для оборудования данного типа.

В результате экспериментальных исследований установлен закономерный характер изменения количества петель, приходящихся на единицу длины ПТТН, усадки при ПТТ, изменения объёмности нити при увеличении температуры сжатого воздуха t_a и разработаны соответствующие обобщенные математические модели. Установлено, что относительное увеличение количества петель на единицу длины ПТТН при увеличении температуры воздуха на 1°С не зависит от технологических параметров процесса ПТТ (давления P , температуры сжатого воздуха t_a), а определяется только видом перерабатываемого сырья. Показано, что процессы усадки нити и относительного изменения среднего диаметра нити при ПТТ обуславливаются температурой сжатого воздуха t_a и не зависят от его давления.

Разработаны математические модели взаимосвязи технологических параметров процесса ПТТ и показателей, характеризующих прочностные свойства ПТТН, определяемых по результатам полуциклового испытания на растяжение. Установлен закономерный характер изменения показателей деформационных свойств ПТТН, полученных в результате одноциклового испытания на растяжение, при изменении технологических параметров процесса ПТТ и разработаны соответствующие математические модели.

Отличительной особенностью разработанных математических моделей является то, что параметры данных моделей имеют определенный физический смысл, а не являются абстрактными коэффициентами влияния. Проверка адекватности математических моделей производилась на основании критерия Фишера. Для всех моделей наблюдаемое значение критерия меньше критического, что указывает на адекватность разработанных математических моделей результатам эксперимента с доверительной вероятностью 0,95.

Таким образом, разработанные математические модели, устанавливающие зависимости между показателями специфических и механических свойств ПТТН и технологическими параметрами ПТТ, позволяют объективно оцени-

вать и достоверно прогнозировать динамику изменения вышеуказанных показателей при изменении технологических параметров процесса пневмотекстурирования. Применение разработанных моделей рекомендуется производить при выборе рациональных режимов влажно–тепловой обработки при ПТТ.

В результате экспериментальных исследований установлено, что в процессе ПТТ происходит улучшение специфических свойств нитей (увеличения показателей объемности и количества петель, приходящихся на единицу длины нити, осуществление процесса усадки), относительно пневмотекстурирования в стандартных условиях. Показано, что улучшение специфических свойств, приводит к уменьшению показателей, характеризующих прочностные свойства пневмотекстурированной нити. Вследствие этого для обеспечения рациональных режимов данного технологического процесса, возникает необходимость решения компромиссной задачи, которое невозможно без проведения теоретического анализа физических процессов, происходящих при ПТТ химических нитей

Третья глава посвящена теоретическим исследованиям процессов, протекающих при ПТТ химических нитей.

В целях обеспечения рациональных режимов технологического процесса ПТТ химических нитей возникает необходимость в оценке основных параметров и их влияния на интенсивность протекания данного процесса. К таким параметрам относятся: максимальная скорость прохождения стержневого компонента через устройство увлажнения; продолжительность процесса ПТТ; интенсивность тепловлагообмена в аэродинамическом устройстве; температурные режимы процесса ПТТ.

В результате проведенного анализа физико–механической связи жидкости с текстильными материалами установлено, что скорость движения комплексной химической нити, используемой в качестве стержневого компонента при ПТТ, через устройство увлажнения V_a для выполнения условия полного заполнения капилляров жидкостью не должно превышать максимально возможной скорости адсорбции жидкости $V_{адс}$. При использовании в качестве жидкости для увлажнения стержневого компонента воды – $V_a \leq V_{адс} = 12,26$ м/с.

На основе критериальной оценки процесса термообработки капиллярно–пористых тел проведен теоретический анализ характера протекания процесса ПТТ. Решение системы ДУ тепловлагопереноса в обобщенных переменных для одномерной задачи, с учетом законов конвективного теплообмена и поверхностного массообмена, ограничениями третьего рода и условиями симметрии, позволяет произвести оценку интенсивности теплообмена при ПТТ:

$$q_n = r \cdot \rho_0 \cdot N \cdot \frac{1}{100} \cdot R_v,$$

где $N=dW/dt$ – скорость термообработки в период постоянной скорости ПТТ, %/с; R_v – отношение объема камеры пневмотекстирования к площади поверхности нити через, м; r – удельная теплота испарения, кДж/кг; ρ_0 – плотность сухого материала кг/м³.

Скорость термообработки определялась экспериментально, путем прямого взвешивания одинаковых участков пневмотекстированных нитей полученных без увлажнения и термообработки, с увлажнением и без термообработки и с увлажнением и термообработкой. Установлена взаимосвязь скорости выпуска при ПТТ и скоростью термообработки ПТТН.

В результате проведенных исследований показано, что интенсивность теплообмена при ПТТ определяется температурой, скоростью выпуска и конструктивными параметрами АУ. На основе проведенных аналитических исследований впервые предложена физико–математическая модель процесса ПТТ, учитывающая физико–механические свойства нитей, конструктивные особенности устройства формирования и термодинамические параметры теплообмена при формировании структуры нити. Разработанная модель позволяет получить рациональные режимы термообработки текстильных нитей при ПТТ с обеспечением прогнозируемых значений показателей, характеризующих специфические и физико–механические свойства ПТТН.

Для проверки достоверности полученных результатов, определение температурных режимов процесса ПТТ производилось на основе критериальной оценки коэффициента теплообмена к воздуху и закона конвективного теплообмена и на основе эмпирического подхода, используя результаты предыдущих исследований процесса термообработки тонких текстильных материалов:

$$T_n = T_c - \frac{q_n \cdot d_{нк}}{0,018 \cdot \left[\frac{V_a \cdot d_{нк}}{v_a} \right]^{0,8} \cdot \lambda_a}; \quad T_n = T_c - \frac{a \cdot T_c}{m \cdot N \cdot \tau} \cdot [1 - e^{-0,9 \cdot m \cdot N \cdot \tau}],$$

где q_n – плотность теплового потока, Дж/(м²·с); α – коэффициент теплообмена, Дж/(м²·с·°К); T_c – температура среды, °К; λ_a – коэффициент теплопроводности воздуха при температуре T_a ; $d_{нк}$ – диаметр подводящего канала ПТУ, м; v_a – вязкость воздуха при температуре t_a , N – скорость термообработки ПТТН, %/с; τ – продолжительность термообработки; a, m – экспериментально определяемые параметры (для комплексных химических нитей $a = 2,84 \cdot 10^{-3} \cdot T_c - 0,65$, $m=12$); V_a – скорость воздуха в подводящем канале ПТУ, м/с.

Установлена высокая сходимость оценки теоретической и эмпирической модели. Максимальное отклонение не превышает 1,5 °С.

На основании применения основ теории тепло- и массопереноса разработана методика проектирования высокоэффективного энергосберегающего оборудования для обеспечения температурного режима при ПТТ. Разработана физико-математическая модель оценки количества теплоты Q_n , необходимого для обеспечения заданного температурного режима сжатого воздуха:

$$Q_n = \frac{p \cdot f_{\text{эф}}}{\sqrt{T_n}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot n}{R \cdot (n-1)}} \cdot \sqrt{\xi_{\text{кр}}^{2/n} - \xi_{\text{кр}}^{(n+1)/n}} \cdot C_{pв} \cdot (t_n - t_0),$$

где p – давление сжатого воздуха, МПа; $f_{\text{эф}}$ – эффективная площадь сечения подводящего канала, м; $\xi_{\text{кр}}$ – критическое значения отношения давлений воздуха в полостях высокого и низкого давлений (при адиабатном истечении воздуха $\xi_{\text{кр}}=0,528$); n – показатель адиабаты; $C_{pв}$ – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении, Дж/кг;

В результате теплового расчета БТПВ установлено, что использование нагревателя мощностью 1 кВт, является вполне достаточным для обеспечения 4 выпусков машины ПТМ–225, температурный режим сжатого воздуха в пределах 125–130 °С.

Четвертая глава посвящена вопросам оценки и прогнозирования показателей, характеризующих механические свойства ПТТН.

Разработан параметрический принцип оценки показателей качества текстильных материалов, применение которого позволяет достоверно выделить функцию тренда исследуемого показателя качества, и как следствие снизить случайную погрешность при проведении, как экспериментальных исследований, так и при анализе результатов имитационного моделирования. Это достигается посредством введения понятия “реперных точек” и привязки к ним функции тренда исследуемого показателя качества.

На основе анализа кривых растяжения различных типов текстильных материалов (нитей, волокон) разработана математическая модель процесса растяжения текстильных нитей (волокон) в координатах “напряжение σ – относительное удлинение ε ” следующего вида:

$$\sigma = \frac{\varepsilon}{b_0 + b_1 \cdot \varepsilon} + b_2 \cdot \varepsilon^2,$$

где ε – относительное удлинение, %; σ – напряжение, возникающее в нити при растяжении, МПа; b_0, b_1, b_2 – экспериментально определяемые параметры модели, характеризующие упругие, пластические и упрочняющие свойства нити при растяжении.

Смысл параметров модели растяжения определялся на основе анализа физических основ процесса деформирования:

$$b_0 = \frac{\varepsilon_p}{\sigma_y} = \frac{1}{E_y}, \quad b_1 = \frac{1}{\sigma_n} - \frac{1}{\sigma_y}, \quad b_2 = \frac{\sigma_p - \sigma_n}{\varepsilon_p^2} = \frac{\Delta\sigma_{упр}}{\varepsilon_p^2},$$

где σ_y – условный предел упругости нити, МПа; σ_n – условный предел пластичности нити, МПа; $\Delta\sigma_{упр}$ – условный предел упрочнения нити, МПа; σ_p – предел прочности нити, МПа;

В качестве метода исследования показателей, характеризующих механические свойства текстильной нити, был использован метод имитационного моделирования испытания. Произведено обоснование выбора данного метода, разработаны рекомендации по его применению и выделены основные этапы разработки и построения имитационной модели. Методами имитационного моделирования полуциклового испытания на растяжение впервые проведена оценка влияния продольной и поперечной гетерогенности механических свойств и строения на форму кривой растяжения и прочностные характеристики при растяжении. В качестве объекта исследований впервые введено понятие “синтезированная нить”. Под “синтезированной” понималась реальная текстильная нить, при растяжении которой проявлялись наиболее общие прочностные и деформационные свойства, определяемые по разработанной методике. Анализ результатов, полученных в ходе имитационного моделирования, позволяет прогнозировать значение прочностных показателей при наличии различных вариаций механических свойств, строения и влияние зажимной длины образца нити на её разрывную нагрузку:

$$\bar{P}_p(L_0) = (\bar{P}_p(0) - \bar{P}_{p,сл}) \cdot \exp\left(-\frac{L_0}{K_L}\right) + \bar{P}_{p,сл}$$

где $\bar{P}_{p,сл}$ – средняя разрывная нагрузка наиболее слабых звеньев на разных нитях партии образцов; $\bar{P}_p(L_0)$ – среднее значение разрывной нагрузки, как функции зажимной длины L_0 ; $\bar{P}_p(0)$ – среднее значение разрывной нагрузки в партии образцов, зажимная длина которой стремится к 0; K_L – темп снижения разрывной нагрузки.

Произведено обоснование введения дополнительных показателей, а также разработана методика их оценки по результатам полуциклового испытания на растяжение. По результатам проведенных аналитических и экспериментальных исследований разработаны методики оценки показателей деформационных свойств текстильных нитей по результатам полуциклового испытания на растяжение и оценки показателей неравномерности прочности текстильных нитей по длине. Применение разработанных методик снижает уровень временных и материальных затрат при сертификации текстильных нитей с одновременным повышением информативности полуциклового испытания на растяжение. Разработанные методики рекомендованы Советом ВГТУ для практического внедрения на предприятиях текстильной промышленности и внедрены в условиях лаборатории входного контроля ОАО «КИМ». На основе разработанных методик проведены комплексные экспериментальные исследования влияния режимных технологических параметров процесса ПТТ на механические свойства ПТТН и показатели неравномерности прочности ПТТН по длине. Результаты, полученные в ходе проведенных исследований, рекомендуется использовать при выборе рациональных параметров технологического процесса ПТТ.

Пятая глава посвящена обоснованию выбора рациональных режимов процесса ПТТ, реализации в производственных условиях разработанной технологии и опытной переработки ПТТН в тканые изделия.

Определение рациональных режимов процесса ПТТ осуществлялось на основе анализа результатов экспериментальных и теоретических исследований, представленных в главах 2–4. С целью определения диапазона рациональных технологических параметров процесса ПТТ, позволяющих улучшить специфические свойства ПТТН при минимальных энергетических затратах на их производство, было обосновано введение показателей эффективности процессов петлеобразования, изменения объёмности и усадки при ПТТ. На основании анализа динамики изменения вышеуказанных показателей при увеличении температуры сжатого воздуха и давления установлено, что применение сжатого воздуха с температурой выше (125–135)°С и давлением выше 0,4 МПа при производстве полиэфирно–полиамидных ПТТН линейной плотности 30–40 текс является энергетически и экономически нецелесообразным.

При производстве полиэфирно–полиамидных ПТТН линейной плотности 30–40 текс установлено улучшение показателей объёмности – на 38,6%, петлистости – на 43,2%, происходит процесс усадки нити, относительно ПТН полученных базовой технологии пневмотекстурирования, что позволяет снизить материалоемкость готовых изделий и улучшить их эксплуатационные свойства (рис.2). Изменение показателей, характеризующих прочностные свойства ПТТН (падение разрывной нагрузки на 20,21%, увеличение относительного

разрывного удлинения на 2,9%) существенно не влияет на процесс дальнейшей переработки ПТТН, так как обрывность не превышает регламентируемых значений. Разработанная технология ПТТ внедрена в производственных условиях ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей». Экономический эффект от использования технологии ПТТ химических нитей составил 15,827 млн. руб. в годовом объеме производства в ценах на 01.10.2001 г.

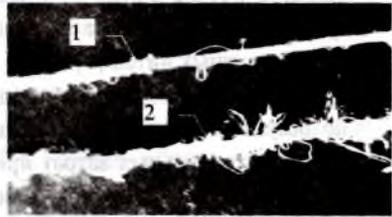


Рис.2. Структуры полиэфирно–полиамидных ПТН (1) и ПТТН (2)

Для анализа поведения ПТТН в процессе дальнейшей переработки осуществлена опытная переработка полиэфирно–полиамидных ПТТН линейной плотности 30–40 текс в качестве утка в ассортимент декоративных и гобеленовых тканей в производственных условиях ВО УПП «Виттекс». Представлен сравнительный анализ физико–механических свойств изделий с использованием ПТТН с базовыми вариантами. Установлено, что использование данного вида нитей позволяет повысить износостойкость тканых изделий, снизить их пиллингуемость и материалоемкость по сравнению с базовыми образцами. Экономический эффект от использования ПТТН: при производстве декоративной ткани составил 130,4 млн. руб. в годовом объеме производства (59,97 руб. – на 1 пог. м. ткани) в ценах на 01.10.2001 г.; при производстве гобеленовой ткани составил 115,02 млн. руб. в годовом объеме производства (53,44 руб. – на 1 пог. м. ткани) в ценах на 01.10.2001 г.;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана энергосберегающая технология пневмотермотекстурирования химических нитей, позволяющая создать новый ассортимент пряжеподобных химических нитей с улучшенными показателями специфических свойств [3, 4, 13].
2. Разработаны математические модели, устанавливающие взаимосвязь показателей специфических, физико–механических свойств ПТТН и технологических параметров процесса ПТТ, позволяющие объективно оценивать и достоверно прогнозировать значения вышеуказанных показателей при различных значениях технологических параметров процесса ПТТ [3].
3. Предложена и разработана физико–математическая модель технологического процесса ПТТ химических нитей, учитывающая физико–механические свойства нитей, конструктивные особенности устройства формирования и термодинамические параметры тепловлагопереноса при формировании

структуры нити. Разработанная модель позволяет получить рациональные режимы термообработки текстильных нитей при пневмотермотекстурировании с обеспечением прогнозируемых значений показателей, характеризующих специфические и физико-механические свойства пневмотермотекстурированных нитей [4].

4. Разработана методика оценки деформационных свойств текстильных нитей по результатам кратковременных испытаний, снижающая уровень временных и материальных затрат при проведении сертификационных испытаний [2, 9, 11, 14, 17]. Разработана методика применения имитационного моделирования процесса испытания как метода исследования показателей качества текстильных материалов и на её основе установлены закономерности влияния гетерогенности структуры и механических свойств текстильных материалов на прочностные характеристики и проведена их классификация [5, 10, 11, 17]. На основе применения метода имитационного моделирования испытания разработана методика оценки показателей неравномерности прочности текстильных нитей по длине, повышающая информативность полциклового испытания на растяжение [1, 6, 8];
5. Произведена оценка рационального диапазона значений технологических параметров процесса пневмотермотекстурирования химических нитей и разработан ассортимент пневмотермотекстурированных химических нитей линейной плотности 30–40 текс для переработки в тканые изделия. По результатам исследований, технология ПТГ внедрена в производственных условиях ОАО “Витебский комбинат шелковых тканей”. Ожидаемый экономический эффект от внедрения технологии ПТГ относительно базовой технологии достигается за счет снижения энергоёмкости процесса и по данным расчета составляет 15,827 млн. руб. в годовом объеме производства в ценах на 1.10.2001 г.
6. В производственных условиях ВО УПП “Виттекс” осуществлена опытная переработка пневмотермотекстурированных химических нитей в ассортимент декоративных тканей. Использование данного вида нитей позволяет повысить износостойкость тканых изделий, снизить их пиллингуемость и материалоемкость. Ожидаемый экономический эффект от внедрения пневмотермотекстурированных химических нитей в ассортимент декоративных тканей достигается за счет снижения материалоемкости изделий и по данным расчета составляет при производстве декоративной ткани гобеленовой структуры арт.1С–106 – 53,44 руб. на 1 пог.м., что в годовом объеме производства составляет 115,02 млн. руб. в ценах на 1.10.2001 г.; при производстве декоративной ткани арт.1С–134 – 59,97 руб. на 1 пог.м., что в годовом объеме производства составляет 130,4 млн. руб. в ценах на 1.10.2001 г.

Основное содержание работы отражено в публикациях:

1. Ольшанский В.И., Кузнецов А.А. Методика оценки показателей неравномерности прочности текстильных нитей по длине. / ВГТУ – Витебск, 2001 – 20 с.
2. Ольшанский В.И., Махаринский Е.И., Кузнецов А.А. Методика оценки показателей деформационных свойств текстильных нитей по результатам полциклового испытания на растяжение. / ВГТУ – Витебск, 2001 – 19 с.
3. Кузнецов А.А., Ольшанский В.И., Коган А.Г. Технология пневмотермотекстурирования химических нитей. // Текстильная промышленность.–2002.– №6.
4. Ольшанский В.И., Кузнецов А.А. Кинетика процесса пневмотермотекстурирования химических нитей // Вестник Витебского государственного технологического университета. / УО ВГТУ– Витебск, 2001. – С.
5. Кузнецов А.А., Ольшанский В.И., Махаринский Е.И. Оценка механических свойств текстильных материалов с учетом влияния их гетерогенности.// Труды XXXVI Международного семинара “Актуальные проблемы прочности”, кн. “Физика процессов деформации и разрушения и прогнозирования механического поведения материалов” часть 2. / ВГТУ – Витебск, 2000. –754 с., С.633–638.
6. Кузнецов А.А., Ольшанский В.И., Махаринский Е.И. Исследование влияния условий проведения испытаний на прочностные характеристики текстильных материалов.// Труды XXXVI Международного семинара “Актуальные проблемы прочности”, кн. “Физика процессов деформации и разрушения и прогнозирования механического поведения материалов” часть 2. / ВГТУ – Витебск, 2000. – 754 с., С.639–644.
7. Кузнецов А.А. Параметрический принцип оценки показателей качества текстильных материалов. // Сб. научных статей аспирантов ВГТУ. / ВГТУ – Витебск, 2000. – С.68–72.
8. Махаринский Е.И., Ольшанский В.И., Кузнецов А.А. Исследование масштабного эффекта прочностных характеристик текстильных материалов методом имитационного моделирования полциклового испытания на растяжение. // Материалы Международной научно–технической конференции “Метрологическое обеспечение качества – 2000”/ БГПА – Минск, 2000. – С.153–159.
9. Коган А.Г., Кузнецов А.А., Ольшанский В.И. Оценка и прогнозирование механических свойств пневмотекстурированных химических нитей.// Сборник докладов Международной научной конференции “Новое в технике и техно-

- логии текстильной и легкой промышленности”./ВГТУ – Витебск, 2000. – 423 с., С.61–64.
10. Коган А.Г., Кузнецов А.А., Махаринский Е.И., Ольшанский В.И. Имитационное моделирование полциклового испытания на растяжение пучка волокон // Сборник докладов Международной научной конференции “Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности”. / ВГТУ–Витебск, 2000. –423 с., С.85–88.
 11. Махаринский Е.И., Ольшанский В.И., Кузнецов А.А. Исследование базовых показателей качества текстильных материалов на основе имитационного моделирования процесса испытания.// Материалы Международной научно–технической конференции “Метрологическое обеспечение качества – 2000”./ БГПА – Минск, 2000.– С.159–165.
 12. Ольшанский В.И., Ольшанский А.И., Кузнецов А.А., Андрушкевич И.Е. Обеспечение надежности и экологической безопасности парокompрессионных установок // Сборник статей Международной научно–технической конференции “Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении”./ ВГТУ–Витебск, 1999. –С.107–111.
 13. Кузнецов А.А., Ольшанский В.И., Ясинская Н.Н. Оценка и прогнозирование механических свойств комбинированных нитей.// Материалы юбилейной научно–технической конференции – ч. 3./ СПГУТД. – Санкт-Петербург, 2000 – 172 с.– С.86–88.
 14. Махаринский Е.И., Ольшанский В.И., Кузнецов А.А. Исследование механических свойств текстильных материалов на основе математического моделирования процесса растяжения.// Материалы международной научно–технической конференции “Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности” (ПРОГРЕСС-2000).ИГТА. – Иваново, 2000.– С.175–176.
 15. Ясинская Н.Н., Коган А.Г., Кузнецов А.А. Технология получения комбинированных высокоусадочных нитей// Материалы юбилейной научно–технической конференции – ч. 3. / СПГУТД. – Санкт-Петербург, 2000, 172 с.– С.82–84.
 16. Ольшанский В.И., Андрушкевич И.Е., Кузнецов А.А. Математическое моделирование при решении некоторых задач теории параметрической надежности. // Тезисы докладов XXX НТК преподавателей, сотрудников и студентов ВГТУ/ ВГТУ. – Витебск, 1998 г.–С.17.
 17. Кузнецов А.А. Исследование влияния продольной гетерогенности механических свойств одиночной нити на прочностные характеристики // Материалы Международной научно–технической конференции “Современные наукоем-

кие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности” (ПРОГРЕСС-2000). / ИГТА. – Иваново, 2000.– С.177–178.

Витебский государственный технологический университет

РЕЗЮМЕ

Кузнецов Андрей Александрович

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПНЕВМОТЕРМОТЕКСТУРИОВАНИЯ
ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ

Технология, пневмотермотекстурированная нить, воздушный тепловой поток, термостабилизация, петлеобразование, капиллярно–пористые материалы, показатели качества, имитационное моделирование, гетерогенность.

Объектом исследования являются пневмотермотекстурированные химические нити.

Цель работы – разработка технологии пневмотермотекстурирования химических нитей, методов оценки и прогнозирования их механических свойств.

Разработка технологии пневмотермотекстурирования химических нитей основывалась на результатах теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в работах отечественных и зарубежных учёных. В теоретических исследованиях использовались методы теории струй и газодинамики, теории сушки капиллярно–пористых материалов, теории дифференциальных уравнений, текстильного материаловедения, математического моделирования и теории вероятностей. Экспериментальные исследования проводились на основе методов математической статистики. Обработка результатов экспериментальных исследований проводилась с использованием системы компьютерной алгебры “Maple V” на ПЭВМ.

В результате исследований разработаны: технология пневмотермотекстурирования химических нитей; математические модели, характеризующие качество пневмотермотекстурированной нити; физико–математическая модель процесса пневмотермотекстурирования; методика проектирования высокоэффективного энергосберегающего оборудования для пневмотермотекстурирования; параметрический принцип оценки показателей качества текстильных нитей; методики оценки и прогнозирования механических свойств текстильных нитей по результатам кратковременных испытаний; методика оценки неравномерности прочности текстильных нитей по результатам кратковременных испытаний.

Разработанная технология внедрена в производственных условиях ОАО “Витебский комбинат шелковых тканей”, ВО УПП “Виттекс”. Разработанные методики оценки механических свойств текстильных нитей внедрены в производственных условиях лаборатории входного контроля ОАО “КИМ”.

Кузняцоў Андрэй Аляксандравіч

РАСПРАЦОЎКА ТЭХНАЛОГІІ ПНЕЎМАТЭРМАТЭКСТУРАВАННЯ ХІМІЧНЫХ НІТАК

Тэхналогія, пнеўматэрматэкстураваная нітка, паветраны цеплавы паток, тэрмастабілізацыя, петлеўтваранне, капілярна–порыстыя матэрыялы, паказчыкі якасці, імітацыйнае мадэліраванне, гэтэрагеннасць.

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца пнеўматэрматэкстураваныя хімічныя ніткі.

Мэта працы – распрацоўка тэхналогіі пнеўматэрматэкстуравання хімічных нітак, метадаў ацэнкі і прагназіравання іх механічных уласцівасцей.

Распрацоўка тэхналогіі пнеўматэрматэкстуравання хімічных нітак грунтавалася на выніках тэарэтычных і эксперыментальных даследаванняў, якія выкладзены ў працах айчынных і замежных вучоных. У тэарэтычных даследаваннях выкарыстоўваліся метады тыорыі струменняў і газыдынамікі, тыорыі сушкі капілярна–порыстых матэрыялаў, тыорыі дыферынцыяльных ураўненняў, тэкс-тыльнага матэрыялазнаўства, матэматычнага мадэліравання і тэорыі імавернасцей. Эксперыментальныя даследаванні праводзіліся на аснове метадаў матэматычнай статыстыкі. Апрацоўка вынікаў эксперыментальных даследаванняў праводзілася з выкарастаннем матэматычнай сістэмы камп'ютарнай алгебры “Maple V”.

У выніку даследаванняў распрацаваны: тэхналогія пнеўматэрматэкстуравання хімічных нітак; матэматычныя мадэлі, якія характэрызуюць якасць пнеўматэрматэкстураваных нітак; фізічна–матэматычная мадэль працэсу пнеўматэрматэкстуравання; метадыка праектавання высокаэфектыўнага энергазахоўваючага абсталявання для пнеўматэрматэкстуравання, параметрычны прынцып ацэнкі паказчыкаў якасці тэкс-тыльных матэрыялаў; метадыкі ацэнкі і прагназіравання механічных уласцівасцей тэкс-тыльных нітак у выніку хуткачасовых выпрабаванняў; метадыкі ацэнкі нераўнамернасці трываласці тэкс-тыльных нітак у выніку хуткачасовых выпрабаванняў.

Распрацаваная тэхналогія ўкаранена ў вытворчых умовах ААТ “Віцебскі камбінат шаўковых тканін”, ВА УПП “Віттэкс”. Распрацаваныя метадыкі ацэнкі механічных уласцівасцей тэкс-тыльных нітак укаранены у вытворчых умовах ААТ “КІМ”.

RESUME

Kuznetsov Andrej Alexandrovich

THE DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY OF
PNEUMOTHERMOTEXTURING OF CHEMICAL YARN

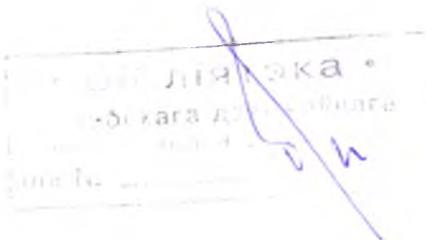
The technology, pneumothermotextured yarn, air thermal stream, thermostabilization, stitchmaking, capillary-porous materials, the indices of quality, imitation modeling, heterogeneity.

The research object is pneumothermotextured chemical yarn.

The work purpose is the development of the technology of pneumothermotexturing of chemical yarn, and of the methods of evaluation and forecasting of their mechanical properties. The development of the technology of pneumothermotexturing of chemical yarn was based on the results of theoretical and experimental researches by domestic and foreign scientists. Theoretical research used the methods of stream and gasodynamics theory, the theory of drying capillary-porous materials, the theory of differential equations, textile material province, mathematical modeling and probability theory. Experimental researches were conducted on the basis of the method of mathematical statistics. The processing of experimental research results was conducted with using the systems of computer algebra "Maple V" on PC.

As the result of the research, the technology of pneumothermotexturing of chemical yarn, mathematical models, characterizing the quality of pneumothermotextured yarn have been developed, the physical-mathematical model of the pneumothermotexturing process has been developed; the method of designing of the pneumothermotexturing has been developed; the parametrical principle of evaluation of the indices of the textile yarn quality has been developed; the methods of evaluation and forecasting of the mechanical qualities of textile yarn based on the results of brief tests have been developed; the method of evaluation of unevenness of firmness of textile yarn based on the results of brief tests has been developed.

The developed technology is realized at production conditions of the open joint-stock companies "Vitebsk combine of silk fabrics" and "Vitteks". The developed methods of evaluation of mechanical qualities of textile yarn are realized at productions in the entrance control laboratory of the open joint-stock companies "KIM".



Витебский государственный технологический университет

КУЗНЕЦОВ АНДРЕЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

Разработка технологии пневмотермотекстурирования химических нитей

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Подписано в печать 19.02.2002 Печать ризографическая. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 1,45. Уч.-изд. л. 1,56 Тираж 60 Заказ . Бесплатно

Отпечатано на ризографе УО "Витебского государственного технологического университета"

Лицензия ЛП №89 от 18 декабря 1997 г.
210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72