

647.022
Я81

ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 677.022:001.5

ЯСИНСКАЯ НАТАЛЬЯ НИКОЛАЕВНА

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ПОЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ВЫСОКОУСАДОЧНЫХ НИТЕЙ**

Специальность 05.19.02 -

Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Витебск, 2000

Научный руководитель:

доктор технических наук,
профессор КОГАН А.Г.

Научный консультант:

кандидат технических наук,
доцент Ольшанский В.И.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор НИКОЛАЕВ С.Д.,
кандидат технических наук,
доцент Науменко А.А.

Оппонирующая организация:

ОАО «Витебский комбинат
шелковых тканей»

Защита состоится «25» октября 2000 г. в 12⁰⁰ часов на заседании
Совета по защите диссертаций К 02.11.01 в Витебском государственном
технологическом университете по адресу:

210035, г. Витебск, Московский проспект, 72.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Витебского
государственного технологического университета

Автореферат разослан «22» сентября 2000 г.

Ученый секретарь
по защите диссертаций
кандидат технических наук,
доцент



ИЯ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ В настоящее время в условиях острой конкуренции одной из главных проблем текстильных предприятий Республики Беларусь является постоянное расширение ассортимента текстильных изделий высокого качества с широким спектром свойств.

Перспективным направлением в этой области является получение комбинированных высокообъемных нитей. Основным достоинством комбинированных высокообъемных нитей является то, что изделия из них обладают улучшенными потребительскими и эксплуатационными свойствами, что достигается при одновременном снижении материалоемкости. Использование в составе комбинированной высокообъемной нити различных сочетаний натуральных и химических волокон позволяет вырабатывать текстильные изделия, обладающие комплексом ценных свойств, присущих ее компонентам. Кроме того, за счет изменения состава нитей, появляется возможность варьирования ее свойств и создания на основе этих нитей широкого ассортимента изделий в соответствии с требованиями рынка.

Одним из способов получения комбинированных высокообъемных нитей является соединение разноусадочных компонентов. При этом важным моментом является разработка таких технологий, которые базируются на существующем парке прядильных машин без создания нового дорогостоящего оборудования с использованием новых видов текстильного сырья, в частности комплексных высокоусадочных нитей, полученных способом физической модификации.

Разработка и исследование технологического процесса получения комбинированных высокоусадочных нитей и последующее внедрение этой технологии на белорусских текстильных предприятиях является актуальной задачей, решение которой даст возможность улучшить качество продукции текстильных предприятий и расширить их ассортимент без существенных капитальных вложений.

СВЯЗЬ РАБОТЫ С КРУПНЫМИ НАУЧНЫМИ ПРОГРАММАМИ, ТЕМАМИ

Работа выполнялась в соответствии с отдельным научно-техническим проектом «Разработать технологические процессы и организовать производство пряж, тканей и трикотажных изделий технического назначения» утвержденным приказом Первого заместителя Председателя Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь от 5 февраля 1998 г. №16 и хозяйственным договором с концерном «Беллегпром» «Разработать и внедрить технологические процессы производства комбинированных пряж из лавсановых и нитроновых волокон».

Б/и

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ Целью настоящего исследования является разработка технологического процесса получения комбинированных высокоусадочных нитей линейной плотности $20 \div 100$ текс классическим и аэродинамическим способами формирования для широкого ассортимента текстильных изделий бытового и технического назначения.

В соответствии с указанной целью были поставлены следующие задачи:

- осуществить выбор сырья и разработать технологические схемы процесса получения комбинированных высокоусадочных нитей классическим и аэродинамическим способами формирования;

- получить математические модели, позволяющие определить степень влияния содержания высокоусадочного компонента и технологических параметров процесса формирования на качественные показатели комбинированных высокоусадочных нитей;

- оптимизировать процессы получения комбинированных высокоусадочных нитей классического и аэродинамического способов формирования;

- провести теоретическое исследование процесса термообработки и механизма усадки комбинированных высокоусадочных нитей;

- теоретически определить зависимость оптимальных технологических параметров процесса термообработки от условий его проведения (горячий воздух или пар), сырьевого состава и свойств комбинированной высокоусадочной нити;

- установить степень влияния условий и технологических параметров процесса термообработки на специфические свойства комбинированной высокоусадочной нити;

- оптимизировать процесс термообработки комбинированных высокоусадочных нитей различного сырьевого состава в условиях горячего воздуха и влажного пара;

- исследовать изменение геометрических и физико-механических свойств комбинированных высокоусадочных нитей в процессе термообработки и установить их зависимость от коэффициента усадки;

- провести сравнительный анализ свойств комбинированных высокоусадочных нитей, прошедших термообработку в различных условиях;

- разработать ассортимент изделий с использованием комбинированных высокоусадочных нитей.

ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ: комбинированные высокоусадочные нити, технологический процесс их получения и использование в тканых и трикотажных изделиях.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ. В основу исследований положен комплексный метод, включающий анализ теоретических и практических работ, выполненных по данной тематике, сочетание теоретических и экспериментальных методов исследований технологических процессов получения и термической обработки комбинированных высокоусадочных нитей и изделий из них.

В теоретических исследованиях использовались методы классической теории нестационарной теплопроводности, теории сушки капиллярно-пористых коллоидных материалов, основные положения физико-химии полимеров, теории дифференциальных уравнений, текстильного материаловедения. Численное решение уравнений осуществлялось с использованием ЭВМ.

Экспериментальные исследования проводились на базе методов математического планирования эксперимента для получения многофакторных зависимостей. Обработка результатов экспериментов осуществлялась с использованием программы "Statistica for Windows", а также с использованием программы компьютерной алгебры «Maple V» на ЭВМ.

Исследования проводились в лаборатории кафедры "Прядение натуральных и химических волокон" ВГТУ, в производственных условиях ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей», ОАО «БЕЛФА» (г. Жлобин).

НАУЧНАЯ НОВИЗНА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ. Научная новизна полученных результатов работы заключается в следующем:

- разработан технологический процесс получения комбинированных высокоусадочных нитей классическим и аэродинамическим способами формирования с использованием нового вида сырья;
- получены математические модели зависимости свойств комбинированных высокоусадочных нитей: усадки, диаметра, разрывной нагрузки и разрывного удлинения от процентного содержания высокоусадочного компонента и технологических параметров формирования;
- определен оптимальный состав комбинированной высокоусадочной нити и оптимальные режимы ее выработки для использования в тканых и трикотажных изделиях;
- исследован механизм процесса усадки комбинированных высокоусадочных нитей;
- исследовано распределение температуры внутри комбинированной высокоусадочной нити и получены уравнения, позволяющие определить зависимость оптимальных параметров процесса термообработки в условиях горячего воздуха от линейной плотности, процентного содержания и свойств разноусадочных компонентов;

- исследован процесс термообработки комбинированных высокоусадочных нитей в условиях интенсификации потоками циркулирующего воздуха и паром, получены уравнения, позволяющие определить оптимальные режимы термообработки для нитей различного сырьевого состава;

- получены экспериментальные зависимости свойств комбинированных высокоусадочных нитей от технологических параметров процесса термообработки в условиях горячего воздуха и влажного пара;

- получены уравнения, позволяющие определять геометрические свойства комбинированных высокоусадочных нитей после процесса термообработки;

- проведен сравнительный анализ свойств комбинированных высокоусадочных нитей, прошедших термообработку в условиях горячего воздуха и влажного пара.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ По результатам экспериментальных и теоретических исследований

- разработана и внедрена технология получения комбинированных высокоусадочных нитей классическим и аэродинамическим способами формирования на ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей»;

- определены условия и оптимальные технологические параметры проведения процесса релаксации высокоусадочного компонента и повышения объемности комбинированных высокоусадочных нитей;

- показано, что использование комбинированных высокоусадочных нитей линейной плотности 20-100 текс позволяет получить принципиально новые тканые и трикотажные полотна с нетрадиционными эффектами;

- разработана и внедрена технология получения фильтровальных тканей с использованием комбинированных высокоусадочных нитей на ОАО «БЕЛФА» (г.Жлобин);

- разработана и внедрена технология получения фильтровальных тканей с использованием комбинированных высокоусадочных нитей на ОАО «Витебский приборостроительный завод»;

- разработана технология получения пневмотекстурированных высокоусадочных нитей для производства искусственного меха на ОАО «БЕЛФА»;

- результаты работы внедрены в учебный процесс ВГТУ в курсы «Новое в технике и технологии» и «ТиО для производства текстурированных нитей».

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Экономический эффект, согласно расчетам ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей» и ОАО «БЕЛФА»:

- от использования комбинированных высокоусадочных нитей при производстве технических тканей, в ценах на 01.06.2000 г. составляет 18.933 млн. руб. на годовой объем выпуска ткани.

•от применения фильтровальных тканей, выработанных с использованием комбинированных высокоусадочных нитей, в ценах на 1.04.99 г. составляет 157.902 млн. руб. в год.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ. ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ. Автор защищает:

- технологию получения комбинированных высокоусадочных нитей классическим и аэродинамическим способами формирования, позволяющую создать новый ассортимент высокообъемных нитей, содержащих высокоусадочный компонент в самых разнообразных сочетаниях с низкоусадочными натуральными и химическими волокнами, и расширить ассортимент текстильных изделий;
- математические модели зависимости качественных показателей комбинированных высокоусадочных нитей от процентного содержания высокоусадочного компонента и технологических параметров формирования;
- физико-химическую сущность процесса усадки комбинированных высокоусадочных нитей;
- теоретические модели, описывающие процесс термообработки комбинированных высокоусадочных нитей, состоящих из компонентов, отличающихся:
 - усадочными свойствами;
 - термическими свойствам.
- теоретические модели, описывающие процесс термообработки комбинированных высокоусадочных нитей в условиях интенсификации процесса потоками циркулирующего воздуха и паром;
- математические модели зависимости свойств комбинированных высокоусадочных нитей от технологических параметров процесса термообработки в условиях горячего воздуха и влажного пара;
- новый ассортимент комбинированных высокоусадочных нитей для получения изделий бытового и технического назначения.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД СОИСКАТЕЛЯ. Соискателем лично:

- разработан и оптимизирован технологический процесс получения комбинированных высокоусадочных нитей классическим и аэродинамическим способами формирования;
- разработаны теоретические модели, описывающие процесс термообработки комбинированных высокоусадочных нитей, состоящих из компонентов, отличающихся:
 - усадочными свойствами;
 - термическими свойствами.
- разработана теоретическая модель, описывающая процесс термообработки комбинированных высокоусадочных нитей в условиях интенсификации процесса потоками циркулирующего воздуха и паром;

- проведены экспериментальные работы по проверке теоретических моделей и оптимизации процесса термообработки комбинированных высокоусадочных нитей;
- проведены экспериментальные работы по исследованию изменения свойств комбинированных высокоусадочных нитей в процессе термообработки в условиях горячего воздуха и влажного пара;
- получены уравнения, позволяющие определить зависимость геометрических свойств комбинированных высокоусадочных нитей от коэффициента усадки;
- разработаны программы для ЭВМ, позволяющие изучать распределение температуры внутри комбинированной высокоусадочной нити, а также определять оптимальные параметры процесса термообработки для достижения равновесного значения усадки;
- разработан и внедрен новый ассортимент тканых и трикотажных изделий бытового и технического назначения с использованием комбинированных высокоусадочных нитей.

АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИИ Основные результаты работы представлены и получили положительную оценку на:

- Всероссийских научно-технических конференциях "Современные технологии текстильной промышленности" (Москва, 1998 - 2000);
- Международных научно-технических конференциях «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Иваново 1998 – 2000);
- Международной научно-технической конференции «Достижения текстильной химии – в производство» (Иваново – 2000);
- Международной научно-технической конференции «Ресурсосберегающие экотехнологии: возобновление и экономия энергии, сырья и материалов» (Гродно, 2000);
- Научно-технических конференциях преподавателей и студентов ВГТУ, 1996 - 2000 гг;
- Международных научно-технических конференциях «Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении» (Витебск, 1998 - 1999);
- Республиканской коммерческой выставке "Импортозамещение" (Минск, 1998);
- Республиканских научно-технических выставках "Беллегмаш" (Минск, 1997 - 1998);
- Заседание кафедры ПНХВ ВГТУ, 1995 - 2000 гг.;
- Заседание Проблемного Совета ВГТУ по специальности 05.19.02, 2000г.

ПУБЛИКАЦИИ По материалам диссертации опубликовано 18 печатных работ общим объемом 52 страниц, в том числе 10 статей и 8 тезисов докладов, принята к рассмотрению заявка на изобретение.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ Работа содержит введение, общую характеристику работы, пять глав, общие выводы, список использованных источников и приложения. Общий объем работы составляет 249 страниц. Объем диссертации составляет 181 страниц, включающих 42 рисунка и 36 таблиц. В работе использовались 85 литературных источников, на которые сделаны ссылки, представленные на 7 страницах. В работе приведены 13 приложений, представленные на 61 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определены основная цель и методы исследований, описаны элементы научной новизны и практическая ценность научных результатов.

В первой главе, основываясь на монографиях, научных работах, патентных материалах и других источниках, проведен анализ различных способов получения комбинированных высокообъемных нитей и пряжи из разноусадочных компонентов.

Проведен анализ способов получения высокообъемной пряжи из разноусадочных волокон, который показал, что, несмотря на значительный прогресс в области технологии переработки химических волокон, производство высокообъемной пряжи продолжает оставаться чрезвычайно трудоемким. Поэтому наиболее перспективным направлением является разработка способов получения неоднородных и комбинированных высокоусадочных нитей пряжеподобного вида.

Рассмотрены основные способы получения неоднородных высокоусадочных нитей и установлено, что для получения нерастяжимых комбинированных пряжеподобных нитей наиболее перспективным является соединение разноусадочных компонентов аэродинамическим способом. Данный способ позволяет соединять различные комплексные нити, как синтетические, так и искусственные.

Отмечено, что способ получения комбинированных высокоусадочных нитей, при котором комплексные нити обвиваются мычкой из волокон различных видов на прядильной машине остается наиболее универсальным, поскольку позволяет получать пряжу различного состава в широком ассортименте линейных плотностей.

Анализ способов повышения объемности комбинированных высокоусадочных нитей показал, что дальнейшее их развитие идет по пути непрерывных совмещенных процессов. Выбор условий и технологических параметров процесса термообработки для получения комбинированной высокоусадочной нити с заданными свойствами зависит от ее сырьевого состава и линейной плотности.

Исходя из вышеизложенного, определена основная цель работы и поставлены конкретные задачи исследования.

Вторая глава посвящена разработке технологического процесса получения комбинированной высокоусадочной нити классическим и аэродинамическим способами формирования. В качестве высокоусадочного компонента использовалась полиэфирная высокоусадочная нить (усадка 60-70%), полученная способом физической модификации. В качестве низкоусадочного компонента использовалась:

- хлопковая ровница гребенной системы прядения, ровница из полиэфирного микроволокна (классический способ формирования);
- полиэфирные, вязкие и полиамидные комплексные нити различных линейных плотностей (аэродинамический способ формирования).

Проведен анализ влияния технологических параметров получения на качество комбинированных высокоусадочных нитей. Исследовано влияние процентного содержания высокоусадочного компонента на специфические свойства комбинированных высокоусадочных нитей (усадку и объемность). Получены математические модели, устанавливающие зависимость усадки, диаметра нити, разрывной нагрузки и разрывного удлинения от технологических параметров получения. В результате анализа полученных зависимостей и совмещенных графиков поверхностей отклика по каждому из исследуемых показателей качества рекомендовано осуществлять наработку комбинированных высокоусадочных нитей при следующих технологических режимах:

- классическим способом формирования
процентное содержание высокоусадочного компонента – 40-45%;
крутка – 550 – 600кр/м.
- аэродинамический способ формирования
процентное содержание высокоусадочного компонента – 45-50%;
давление воздуха в пневмотекстирующей камере – 0.4 – 0.45МПа;
скорость выпуска – 120-140 м/мин.

Предложена формула для расчета диаметра комбинированной высокоусадочной нити после термообработки:

$$D_{2H} = 0,0357 * \sqrt{\frac{1}{K_{\gamma}} \left(\frac{T_{1n}}{\gamma_{2n}} + \frac{T_{1c}}{\gamma_{2c}} \right)},$$

где K_{γ} – коэффициент усадки комбинированной высокоусадочной нити; T_{1n} , T_{1c} – линейная плотность волокнистой мычки и высокоусадочной нити соответственно, текс; γ_{2c} – средняя плотность высокоусадочной нити, г/см³; γ_{2n} – средняя плотность покрытия, г/см³.

Рассмотрена специфическая структура комбинированной пневмотекстированной высокоусадочной нити до и после процесса

термообработки (рис.1), представлена геометрическая интерпретация образующихся дуг.

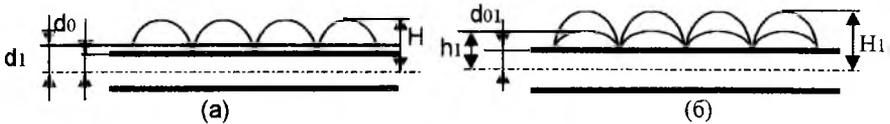


Рис.1 Структура комбинированной пневмотекстурированной высокоусадочной нити (а – до термообработки, б – после термообработки)

Математическая модель для расчета высоты дуг, образующихся после термообработки:

$$h_1 = d_p \times \left(\frac{1}{\alpha} - \frac{K_y}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right),$$

где h_1 – высота петель, образующихся после усадки, мм; d_p – диаметр радиальных каналов пневмотекстурирующей камеры, м; α – угол дуги, рад; K_y – коэффициент усадки комбинированной пневмотекстурированной нити.

$$H_1 = d_p \times \left(0,5 \times \left(1 + \frac{N}{100} (\pi - 2) \times 0,5 \right) + \left(\frac{1}{\alpha} - \frac{K_y}{2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right) \right),$$

где H_1 – высота петель, образующихся после усадки, мм; N – величина нагона низкоусадочного компонента.

Рассмотрены способы релаксации высокоусадочного компонента и повышения объемности комбинированных высокоусадочных нитей, определены направления дальнейших теоретических и экспериментальных исследований процесса термообработки.

Третья глава посвящена теоретическому исследованию процессов, протекающих при термообработке комбинированных высокоусадочных нитей в условиях нестационарного теплообмена.

Процесс термообработки комбинированных высокоусадочных нитей можно условно разделить на три стадии: первая – прогревание стержневой высокоусадочной нити до температуры, при которой происходит расфиксация ее первоначальной структуры и релаксация напряжений, вторая – образование новых межмолекулярных связей, третья – закрепление образовавшейся структуры. Предварительные исследования показали, что для комбинированной высокоусадочной нити продолжительность процесса термообработки для достижения равновесного значения усадки определяется продолжительностью первой стадии. Для исследования процесса прогревания комбинированных

высокоусадочных нитей был использован аппарат классической теории нестационарной теплопроводности.

На основании изучения распределения температуры в полиэфирной пневмотекстирированной высокоусадочной нити, состоящей из компонентов отличающихся усадочными свойствами, получено теоретическое уравнение для определения оптимальной продолжительности процесса терморелаксации и температуры воздуха в термокамере, необходимых для полного прогревания нити и завершения релаксационных процессов:

$$T(0, \tau) = T_c - (T_c - T_0) * e^{-5.76 \frac{a\tau}{R^2}},$$

где $T(0, \tau)$ – температура на оси нити в момент времени τ , °C; T_c – температура воздуха в термокамере, °C; T_0 – исходная температура нити, °C; a – коэффициент температуропроводности, м²/с; R – радиус нити, м; τ – продолжительность термообработки, сек.

Исследование процесса прогревания комбинированной пневмотекстирированной нити показало, что из-за специфической структуры нити, продолжительность процесса не зависит от процентного содержания высокоусадочного компонента. Исследование процесса распределения температуры внутри комбинированной пневмотекстирированной высокоусадочной нити проводилось с использованием математической системы Maple V.

В результате теоретического анализа процесса прогревания комбинированной высокоусадочной нити, состоящей из компонентов, отличающихся по своим термическим свойствам, получено теоретическое уравнение, позволяющее определить зависимость оптимальной продолжительности процесса термообработки и температуры воздуха в термокамере от соотношения низко- и высокоусадочного компонентов, а также их свойств:

$$T_2(r, \tau) = T_0 + (T_c - T_0) * \left[1 - \cos \left(2,4 K_a^{1/2} \left(\frac{R_1}{R_2} - 1 \right) \right) - K_2 \theta, 52 \sin \left(2,4 K_a^{1/2} \left(\frac{R_1}{R_2} - 1 \right) \right) \right] * \exp \left(- 5,76 \frac{a\tau}{R_2^2} \right),$$

где $T_2(r, \tau)$ – температура на оси нити в момент времени τ , °C; T_0 – начальная температура нити, °C; T_c – температура сухого воздуха в термокамере, °C; K_a – критерий, характеризующий теплоинерционные свойства волокон

покрытия относительно стержневой полиэфирной высокоусадочной нити $K_a = a_1/a_2$; a_1 – коэффициент температуропроводности стержневой высокоусадочной нити, m^2/c ; a_2 – коэффициент температуропроводности волокнистого покрытия, m^2/c ; K_Σ – критерий, характеризующий тепловую активность стержневой высокоусадочной нити по отношению к волокнистой оболочке покрытия $K_\Sigma = K_\lambda/K_a^{0.5}$; $K_\lambda = \lambda_1/\lambda_2$ – критерий, характеризующий относительную теплопроводность комбинированной высокоусадочной нити; λ_1 – коэффициент теплопроводности стержневой высокоусадочной нити, Вт/м град; λ_2 – коэффициент теплопроводности волокон покрытия, Вт/м град; R_1 – радиус стержневой высокоусадочной нити, м; R_2 – радиус комбинированной высокоусадочной нити, м; τ – время процесса термообработки, сек.

Для расчета оптимальной продолжительности процесса термообработки комбинированных высокоусадочных нитей составлена программа на языке Maple V.

Исследование усадки комбинированных высокоусадочных нитей показало, что при малом содержании высокоусадочного компонента или терморелаксации комбинированной высокоусадочной нити в изделии, термообработку целесообразно проводить в условиях интенсификации процесса потоками циркулирующего воздуха или паром.

Анализируя кривые скорости сушки влажным паром различных материалов и, проводя аналогию процессов термофиксации и термоусадки, можно выделить три характерные зоны. Первая зона, специфическая для термообработки паром, – зона с увеличивающимся влагосодержанием. Для тонких нитей время первого периода τ_1 можно определить по эмпирической формуле:

$$\tau_1 \approx 0.15 \lg W_0,$$

где W_0 – начальное влагосодержание пара, %

Вторая зона – зона термической усадки в периоде постоянной скорости. Время τ_2 этого периода можно определить по формуле:

$$\tau_2 = \frac{(W_0 - W_{кр.п.})}{N}$$

где $W_{кр.п.}$ – приведенное критическое влагосодержание; $N = dW/d\tau = jF/M_c$ – скорость термической усадки во втором периоде; $j = \rho_n \Delta V$ – плотность потока массы, ρ_n – плотность пара, кг/м³; ΔV – перепад скорости движения пара, м/с; F – площадь поверхности комбинированной высокоусадочной нити, м²; M_c – масса сухой комбинированной высокоусадочной нити, кг;

$W_{кр.п.} = W_p + 1/\chi$ - критическое влагосодержание; $\chi = 1.8 / W_0$ - приведенное влагосодержание; W_p - равновесное влагосодержание нити, %

Третья зона - период падающей скорости теплопереноса и непрерывного повышения температуры комбинированной высокоусадочной нити. Для расчета времени, необходимого для полного высыхания нити в термообрабатываемых камерах с сопловым обдувом можно применять уравнение вида:

$$t_{в.п.} - t_c = 0.2B \frac{10^3 - 1.7H^2}{\tau_3 \sqrt{V_p}} \sqrt{f(21lg \frac{W_0}{W_K} + W_0 - W_K)} + t_m$$

где B - масса $1m^2$ комбинированной высокоусадочной нити, кг; V_p - скорость движения пара, м/с; f - площадь поверхности нити, приходящаяся на единицу площади выходного отверстия сопла $f = 18+48$; W_0 - начальное влагосодержание пара, %; W_K - кондиционная влажность, %; H - расстояние между соплом и нитью, м; t_c - температура центральной части нити, °C; t_m - температура мокрого термометра, °C; $t_{в.п.}$ - температура влажного пара, °C; τ_3 - время прогревания центральной части нити до температуры среды, сек.

Таким образом, общая продолжительность термообработки комбинированной высокоусадочной нити в условиях влажного пара равна $\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3$ и зависит от волокнистого состава и линейной плотности нити, режимных параметров теплоносителя (пара), а также конструктивных параметров термокамеры.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям процесса усадки комбинированных высокоусадочных нитей в процессе термообработки.

Осуществлена экспериментальная проверка математических моделей, представленных в третьей главе.

Исследован процесс усадки комбинированных высокоусадочных нитей классического и аэродинамического способа формирования. Получены регрессионные модели зависимости усадки от температуры и продолжительности процесса термообработки для комбинированных высокоусадочных нитей с различным содержанием высокоусадочного компонента.

- для полиэфирной высокоусадочной нити, полученной аэродинамическим способом формирования:

$$Y_1 = -28.18 + 0.8220X_1 + 2.9413X_2 - 0.0083X_2X_3 - 0.0037X_1^2 - 0.079X_2^2 + 0.00048X_3^2;$$

- для хлопкополиэфирной высокоусадочной нити, полученной классическим способом формирования:

$$Y_2 = -4,67 + 0,9781X_1 + 0,0012X_1X_3 - 0,037X_2^2 + 0,00055X_3^2,$$

где X_1 – содержание высокоусадочного компонента, %, X_2 – продолжительность термообработки, мин, X_3 – температура воздуха в термокамере, °C.

Значение оптимальной продолжительности процесса термообработки для достижения равновесного значения усадки, полученное экспериментально совпадает с рассчитанным теоретически. Сравнительный анализ теоретической зависимости температуры центральной части стержневой высокоусадочной нити от продолжительности термообработки и экспериментальной зависимости усадки комбинированной высокоусадочной нити от продолжительности термообработки (рис.2) подтвердил адекватность полученных теоретически моделей.

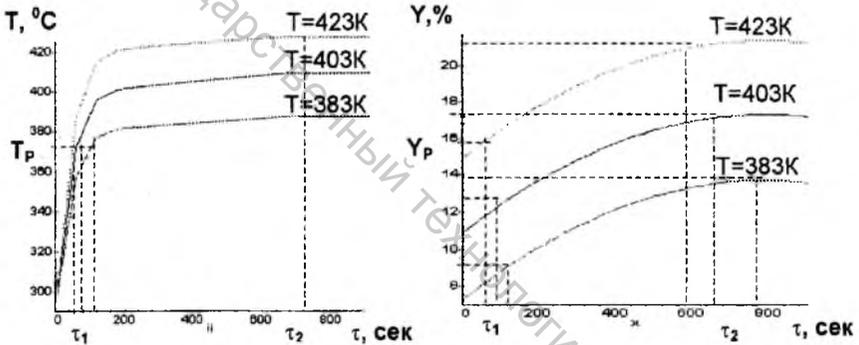


Рис. 2 Графические зависимости теоретического и экспериментального исследования процесса усадки комбинированной высокоусадочной нити в процессе термообработки при различных температурах воздуха.

τ_1 – время прогрева стержневой высокоусадочной нити до температуры, при которой происходит расфиксация первоначальной структуры и релаксация напряжений (T_p);

τ_2 – время полного прогрева комбинированной высокоусадочной нити и достижения равновесного значения усадки (Y_p).

С увеличением содержания высокоусадочного компонента уменьшается величина равновесного значения усадки, что объясняется наличием сил, оказывающих сопротивление усадке. Поскольку усадка процесс термоактивационный, с повышением температуры возрастает интенсивность и равновесное значение усадки.

Проведены экспериментальные исследования процесса усадки комбинированных высокоусадочных нитей в условиях интенсификации

процесса термообработки потоками циркулирующего воздуха и влажным паром. Установлено, что для комбинированных высокоусадочных нитей с малым содержанием высокоусадочного компонента продолжительность процесса термообработки в условиях вынужденного конвективного теплообмена сокращается на 200-300 сек, что объясняется уменьшением продолжительности стадии прогревания стержневой высокоусадочной нити до температуры расфиксации ее первоначальной структуры.

Сравнительный анализ экспериментальных данных процесса усадки в условиях горячего воздуха и влажного пара показал, что при одинаковых температурах сред комбинированная высокоусадочная нить значительно меньше усаживается в горячем воздухе. Усадка в горячем воздухе приближается к усадке в паре, когда температура воздуха повышается до 180⁰С. В связи с этим, для комбинированных высокоусадочных нитей, содержащих волокна неустойчивые к действию высоких температур, рекомендуется проводить процесс терморелаксации в условиях влажного пара.

Проведен ряд экспериментальных исследований по изучению изменения физико-механических свойств комбинированных высокоусадочных нитей различного сырьевого состава в процессе их термообработки в условия горячего воздуха и влажного пара. Получены регрессионные модели зависимости усадки, диаметра нити, разрывной нагрузки, разрывного удлинения и неровноты по этим показателям от температуры и продолжительности процесса термообработки. Установлено, что проведение процесса термообработки комбинированных высокоусадочных нитей при различных величинах заданных усадок позволяет регулировать свойства комбинированных высокоусадочных нитей. Оптимизирован процесс термообработки комбинированных высокоусадочных нитей различного сырьевого состава в условиях горячего воздуха и влажного пара.

В пятой главе представлены результаты переработки комбинированных высокоусадочных нитей в ткани и трикотажные изделия. В условиях ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей» осуществлена проработка хлопкополиэфирной высокоусадочной нити линейной плотности 32 текс в ткани плательно-костюмного ассортимента, пневмотекстурированной высокоусадочной нити линейной плотности 26,4 текс в ассортимент тканей технического назначения. Использование комбинированных высокоусадочных нитей позволяет получать эффектные ткани с рельефной поверхностью, снижать материалоемкость изделий за счет их высокой объемности.

Производственные испытания фильтровальной ткани, выработанной с использованием пневмотекстурированной высокоусадочной нити, проведены в условиях ОАО «БЕЛФА» и ОАО «Витебский

приборостроительный завод» и показали, что использование опытной ткани позволяет повысить эффективность очистки за счет специфической структуры, продлить срок службы, а также использовать фильтры в условиях высоких температур.

Проработка комбинированной пневмотекстурированной высокоусадочной нити в ассортимент искусственного меха осуществлялась в условиях ОАО «Белфа». Опытная проработка показала перспективность использования нового вида высокоусадочных нитей при разработке нового ассортимента искусственного меха.

Экономический эффект, согласно расчетам ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей» и ОАО «БЕЛФА», от использования комбинированной высокоусадочной нити при производстве тканей технического назначения в ценах на 1.06.2000 г. составляет 18.933 млн.руб. в год, экономический эффект применения фильтровальной ткани на ОАО «Белфа» в ценах на 1.04.99 г. составляет 157.902 млн.руб в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан технологический процесс получения комбинированных высокоусадочных нитей классическим и аэродинамическим способами формирования линейной плотности 20 – 100 текс, позволяющий создать новый ассортимент высокообъемных пряж и нитей, содержащих комплексную высокоусадочную нить в разнообразных сочетаниях с низкоусадочными натуральными и химическими волокнами и нитями. [1, 2, 14, 19].
2. Исследовано влияние процентного содержания высокоусадочного компонента и технологических параметров формирования на качественные показатели комбинированных высокоусадочных нитей. Установлено оптимальное соотношение разноусадочных компонентов и оптимизированы технологические процессы формирования комбинированных высокоусадочных нитей. [1, 3, 14, 15].
3. Исследован механизм процесса усадки комбинированных высокоусадочных нитей и установлено, что продолжительность процесса термообработки для достижения равновесного значения усадки определяется продолжительностью прогрева стержневой высокоусадочной нити до температуры, при которой происходит расфиксация ее первоначальной структуры. Основываясь на теории теплопроводности, разработаны теоретические модели, позволяющие определить зависимость оптимальных параметров процесса термообработки в условиях горячего воздуха от линейной плотности, процентного содержания и свойств разноусадочных компонентов. [4, 5, 7, 9].

4. Исследован процесс термообработки комбинированной высокоусадочной нити в условиях интенсификации процесса потоками циркулирующего воздуха и паром. На основании изучения закона распределения температуры внутри комбинированной высокоусадочной нити в условиях вынужденного конвективного теплообмена получено уравнение, позволяющее определить оптимальные параметры термообработки для нитей различного сырьевого состава. Основываясь на теории процесса сушки перегретым паром, получено уравнение, позволяющее определить оптимальную продолжительность процесса термообработки комбинированных высокоусадочных нитей в условиях влажного пара. [5,8].
5. Проведены экспериментальные исследования, при которых подтверждены полученные теоретические уравнения и оптимизирован процесс термообработки комбинированных высокоусадочных нитей для достижения равновесного значения усадки. Исследовано влияние параметров процесса термообработки в условиях горячего воздуха и влажного пара на свойства комбинированных высокоусадочных нитей и получены регрессионные модели. Предложены формулы, позволяющие определить зависимость геометрических свойств комбинированных высокоусадочных нитей от коэффициента усадки [6]. Проведен сравнительный анализ свойств комбинированных высокоусадочных нитей, прошедших термообработку в условиях горячего воздуха и влажного пара [3]. Установлено, что условия проведения процесса термообработки необходимо выбирать с учетом сырьевого состава комбинированных высокоусадочных нитей. [4, 5, 10-13].
6. По результатам исследований разработаны и внедрены: технология получения комбинированных высокоусадочных нитей классическим и аэродинамическим способами формирования на ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей»; технология получения фильтровальных тканей с использованием комбинированных высокоусадочных нитей на ОАО «БЕЛФА» и ОАО «Витебский приборостроительный завод»; технология получения пневмотекстирированных высокоусадочных нитей для производства искусственного меха на ОАО «БЕЛФА». Экономический эффект: от использования комбинированных высокоусадочных нитей при производстве технических тканей в ценах на 01.06.2000 г. составляет 18.933 млн. руб. на годовой объем выпуска ткани; от применения фильтровальных тканей, выработанных с использованием комбинированных высокоусадочных нитей в ценах на 1.04.99 г. составляет 157.902 млн. руб. в год. [8, 16-18].
Принята к рассмотрению заявка №20000461 на предполагаемое изобретение [19].

Основное содержание работы отражено в публикациях:

1. Ясинская Н.Н., Коган А.Г., Скобова Н.В., Медвецкий С.С. Некоторые возможности расширения ассортимента химических волокон и нитей новых структур. // Химические волокна. 1999, - №2, С. 16-17.
2. Ясинская Н.Н., Коган А.Г., Медвецкий С.С., Скобова Н.В. Технология получения ПТН большой линейной плотности. // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс-99) / ИГТА. – Иваново, 1999. – Ч.1. – С. 23-25.
3. Ясинская Н.Н., Коган А.Г., Скобова Н.В. Модифицированные полиэфирные нити. // Вестник ВГТУ. – Витебск. – 1999. – С. 32–35.
4. Ясинская Н.Н., Коган А.Г. Определение оптимальных параметров влажно-тепловой обработки комбинированных высокоусадочных нитей. // Сборник статей 30 научно-технической конференции «Совершенствование технологических процессов и организации производства в легкой промышленности и машиностроении». / ВГТУ – Витебск, 1997. – С. 119 – 122.
5. Ясинская Н.Н., Коган А.Г. Структурные изменения высокоусадочных нитей при влажно-тепловой обработке. // Сборник научных трудов «Современные энергоресурсосберегающие и экологобезопасные технологии в машиностроении и легкой промышленности». / ВГТУ. – Витебск, 1998. – С.66-69.
6. Ясинская Н.Н., Коган А.Г., Скобова Н.В. Высокоусадочные пневмотекстурированные нити. // Текстильная промышленность. – 2000. - №5.
7. Ясинская Н.Н., Ольшанский В.И. Сравнительный анализ теоретических и экспериментальных зависимостей процесса термообработки комбинированных пневмотекстурированных высокоусадочных нитей. // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности». / ВГТУ – Витебск, 2000.
8. Ясинская Н.Н., Ольшанский В.И., Коган А.Г. Интенсификация процесса термообработки комбинированных высокоусадочных нитей. // Сборник научных трудов аспирантов ВГТУ. – Витебск. – 2000.
9. Ясинская Н.Н., Коган А.Г. Физико-химические закономерности процесса усадки химических нитей при термообработке. // Сборник тезисов докладов 29 научно-технической конференции преподавателей и студентов ВГТУ. – Витебск, 1996. – С. 50.
10. Ясинская Н.Н. Исследование технологического процесса тепловой обработки изделий из комбинированных высокоусадочных нитей. // Сборник тезисов докладов 32 научно-технической конференции преподавателей и студентов ВГТУ. – Витебск, 1999. – С. 69.

8/и

11. Ясинская Н.Н., Коган А.Г. Исследование изменения свойств комбинированных высокоусадочных нитей в процессе термообработки. // Сборник статей 31 научно-технической конференции. / ВГТУ. – Витебск, 1998. – С.97-99.
12. Ясинская Н.Н., Коган А.Г. Исследование процесса релаксации высокоусадочных нитей. // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс-98) / ИГТА. – Иваново, 1998. – С. 23-25.
13. Ясинская Н.Н., Коган А.Г., Скобова Н.В. Особенности переработки комбинированных высокоусадочных нитей. // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Достижения текстильной химии – в производство» (текстильная химия – 2000) / Ивановский гос. Химико-технологический ун-т. – Иваново, 2000.
14. Ясинская Н.Н., Коган А.Г. Получение комбинированных высокоусадочных нитей аэродинамическим способом. // Сборник тезисов докладов Всероссийской научно-технической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль – 98) / МГТА им. Косыгина. – Москва, 1998. – С. 38.
15. Ясинская Н.Н., Коган А.Г., Скобова Н.В. Технология получения пневмотекстирированных нитей новых структур. // Сборник тезисов докладов 33 научно-технической конференции преподавателей и студентов ВГТУ. – Витебск, 2000. – С. 67.
16. Ясинская Н.Н., Коган А.Г. Производство смесовых пряж для тканей технического назначения. // Сборник тезисов докладов 32 научно-технической конференции преподавателей и сотрудников ВГТУ. – Витебск, 1999. – С. 73
17. Ясинская Н.Н., Коган А.Г. Использование комбинированных высокоусадочных нитей для выработки фильтровальных тканей. // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс-2000) / ИГТА. – Иваново, 2000. – С. 53 – 54.
18. Ясинская Н.Н., Коган А.Г. Получение и переработка комбинированной высокоусадочной нити в искусственный мех. // Сборник тезисов докладов Всероссийской научно-технической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль – 99) / МГТА им. Косыгина. – Москва, 1999. – С. 25.
19. Заявка № а 20000461, МКИ D 03 D 3/00 Способ получения комбинированных высокообъемных нитей / Н.Н. Ясинская, А.Г. Коган. – Заявл. 13.05.2000.

РЕЗЮМЕ

Ясинская Наталья Николаевна

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ВЫСОКОУСАДОЧНЫХ НИТЕЙ

Технология, комбинированная нить, способ, термообработка, усадка, условия, модель, эксперимент, свойство, изделие, эффективность.

Объектом исследования является комбинированная высокоусадочная нить классического и аэродинамического способа формирования.

Цель работы - разработка и исследование технологического процесса получения комбинированных высокоусадочных нитей.

Разработка технологического процесса производства комбинированных высокоусадочных нитей основывалась на результатах теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в трудах отечественных и зарубежных ученых. В теоретических исследованиях использовались методы классической теории теплопроводности, теории сушки капиллярно-пористых коллоидных материалов, основные положения физикохимии полимеров, теории дифференциальных уравнений, программирование с использованием математической системы «Maple V». Экспериментальные исследования проводились с применением методов математического планирования эксперимента. Обработка результатов экспериментов осуществлялась с использованием ЭВМ.

В результате исследований разработаны: технологический процесс получения комбинированных высокоусадочных нитей; математические модели зависимости показателей качества комбинированных высокоусадочных нитей от содержания высокоусадочного компонента и технологических параметров формирования, оптимальные режимы формирования, механизм усадки комбинированных высокоусадочных нитей, уравнения зависимости оптимальных температуры и продолжительности процесса термообработки для достижения равновесного значения усадки от состава и свойств комбинированной высокоусадочной нити в условиях горячего воздуха и влажного пара, математические модели зависимости физико-механических свойств комбинированной высокоусадочной нити от технологических параметров процесса термообработки, оптимальные режимы процесса термообработки

Разработанная технология внедрена на ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей», ОАО «Белфа», ОАО «Витебский приборостроительный завод».

Ясінская Наталля Мікалаеўна

РАСПРАЦОЎКА І ДАСЛЕДАВАННЕ ТЭХНАЛАГІЧНАГА ПРАЦЭСУ АТРЫМАННЯ КАМБІНАВАНЫХ ВЫСАКАУСАДАЧНЫХ НИТАК

Тэхналогія, камбінаваная нітка, спосаб, тэрмаапрацоўка, усадка, умовы, мадэль, эксперымент, уласцівасць, выраб, эфектыўнасць.

Аб'ектам даследавання з'яўляецца камбінаваная высакаўсадачная нітка класічнага і аэрадынамічнага спосабу фарміравання.

Мэта працы – распрацоўка і даследаванне тэхналагічнага працэсу атрымання камбінаваных высакаўсадачных ніцяў.

Распрацоўка тэхналагічнага працэсу вытворчасці камбінаваных высакаўсадачных нітак грунтавалася на выніках тэарэтычных і эксперыментальных даследаванняў, якія выкладзены ў працах айчынных і замежных вучоных. У тэарэтычных даследаваннях выкарыстоўваліся метады класічнай тэорыі цеплаправоднасці, тэорыі сушкі капілярна-порыстых калодных матэрыялаў, асноўныя палажэнні фізіка - хіміі палімераў, тэорыі дыферэнцыяльных ураўненняў, праграміраванне з выкарыстаннем матэматычнай сістэмы «Maple V». Эксперыментальныя даследаванні праводзіліся з выкарыстаннем метадаў матэматычнага планавання эксперыменту. Апрацоўка вынікаў эксперыменту ажыццяўлялася з выкарыстаннем ЭВМ.

У выніку даследаванняў распрацаваны: тэхналагічны працэс атрымання камбінаваных высакаўсадачных нітак, матэматычныя мадэлі залежнасці паказчыкаў якасці камбінаваных высакаўсадачных нітак ад колькасці высакаўсадачнага кампанента і тэхналагічных параметраў фарміравання, аптымальныя рэжымы фарміравання, механізм усадкі камбінаваных высакаўсадачных нітак, ураўненні залежнасці аптымальных тэмпературы і працягласці працэсу тэрмаапрацоўкі для дасягнення раўнаважнага значэння усадкі ад саставу і ўласцівасцяў камбінаванай высакаўсадачнай ніткі ва ўмовах гарачага паветра і вільготнай пары, матэматычныя мадэлі залежнасці фізіка - механічных уласцівасцяў камбінаванай высакаўсадачнай ніткі ад тэхналагічных параметраў працэсу тэрмаапрацоўкі, аптымальныя рэжымы працэсу тэрмаапрацоўкі.

Распрацаваная тэхналогія укаранена на ААТ "Віцебскі камбінат шаўковых тканін", ААТ "Белфа", ААТ "Віцебскі прыборабудуўнічы завод".

Summary

Yasinskaya Natalya Nikolayevna.

Developing and investigating the technological process of obtaining combined high-shrinkage yarns.

Technology, combined yarn, means, heat-treatment, shrinkage, conditions, model, experiment, property, article, efficiency.

The investigation object is a combined high-shrinkage yarn of classical and aerodynamic means of forming.

The work aim is developing and investigating the technological process of obtaining combined high-shrinkage yarns.

The development of combined high-shrinkage yarns was based on the results of theoretical and experimental investigations given in works of native and foreign scientists.

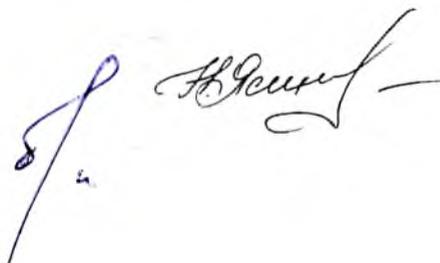
Methods of the classical theory of conductivity, theory of drying capillary-sponge colloid materials, main principles of polymers physicochemistry, theory of differential equations, programming with the use of the "Maple V" mathematical system were applied in theoretical investigations.

The experimental investigations were carried out by using the methods of mathematical planning of the experiment.

Processing the results of the experiments was fulfilled with the use of a computer.

The investigations resulted in the development of: technological process of obtaining combined high-shrinkage yarns, mathematical models of dependence of the quality of combined high-shrinkage yarns on the high-shrinkage component content and technological parameters of forming; optimal regimes of forming; shrinkage mechanism of combined high-shrinkage yarns, equations of dependence of optimal temperatures and duration of heat-treatment process for achieving equilibrium value of shrinkage on the composition and properties of a combined high-shrinkage yarn in conditions of hot air and damp steam, mathematical models of dependence of physicochemical properties of a combined high-shrinkage yarn on technological parameters of heat-treatment process, optimal regimes of heat-treatment process.

The developed technology has been introduced at the joint-stock compromise "Vitebsk combine of silk fabrics", "Belfa", "Vitebsk instrument-building plant".



Handwritten signature of H. Yasinskaya.

Витебский государственный технологический университет

ЯСИНСКАЯ НАТАЛЬЯ НИКОЛАЕВНА

**Разработка и исследование технологического процесса получения
комбинированных высокоусадочных нитей**

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Подписано в печать 19.09.2000 г. Формат 60x84/16. Печать ксероксная.
Уч.-изд. л. 1,5. Усл. печ. л. 1,4. Тираж 60 экз. Заказ 64. Бесплатно.

Отпечатано на ризографе ВГТУ.
210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72