

677.072
М42

ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УДК 677.072.7:001.5

МЕДВЕЦКИЙ СЕРГЕЙ СЕРГЕЕВИЧ

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ПОЛУЧЕНИЯ ПНЕВОТЕКСТУРИРОВАННЫХ НИТЕЙ
БОЛЬШОЙ ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ**

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

ЦАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ. Одной из главных проблем, стоящих перед предприятиями текстильной промышленности Республики Беларусь является обеспечение внешних и внутренних рынков сбыта продукции при сильной конкуренции зарубежных товаров. Для этого необходимо постоянно расширять и обновлять ассортимент выпускаемых изделий, поддерживать высокий уровень качества, а также проводить работы по снижению себестоимости продукции в соответствии с новыми текстильными технологиями.

Одним из решений данной задачи является увеличение использования пневмотекстирированных нитей большой линейной плотности, которые могут найти широкое применение в производстве текстильных изделий бытового и технического назначения, заменив традиционно перерабатываемую пряжу из натуральных и химических волокон. Способ пневмотекстирирования является одним из наиболее перспективных и распространенных способов текстирирования в мире. Данным способом можно получать нити широкого диапазона линейных плотностей (2-10000 текс) и структуры при высокой производительности оборудования. При этом сокращается количество технологических переходов, уменьшается количество отходов и высвобождаются дополнительные производственные площади по сравнению с традиционными технологиями получения пряжи. Пневмотекстирированные нити обладают хорошими деформационными характеристиками, высокой объемностью, пористостью, пряжеподобным внешним видом, изделия из них обладают хорошей застилистостью и воздухопроницаемостью.

Сочетание специфических свойств пневмотекстирированных нитей и высоких технико-экономических показателей производства дает возможность снизить себестоимость готовых изделий с одновременным повышением их качества, а также расширяет возможность использования данных нитей при выработке текстильных изделий различного назначения.

СВЯЗЬ РАБОТЫ С КРУПНЫМИ НАУЧНЫМИ ПРОГРАММАМИ. ТЕМА-МИ. 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 «Беллепром» «Разработать технологический процесс и оборудование для производства текстирированных химических нитей большой линейной плотности».

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ. Целью настоящего исследования является разработка технологического процесса получения пневмотексту-

рованных нитей большой линейной плотности (80-300 текс) для широкого ассортимента текстильных изделий бытового и технического назначения. В соответствии с указанной целью были поставлены следующие задачи:

- выбрать сырье и разработать технологическую схему процесса получения пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности;
- провести модернизацию прядильной машины ПСК-225-ШГ для выпуска пневмотекстурированных нитей;
- определить характер влияния основных параметров технологического процесса на качество формирования пневмотекстурированных нитей;
- определить критерии для оценки изменения физико-механических свойств нитей в связи с модификацией их структуры;
- провести теоретические и экспериментальные исследования процессов, протекающих в пневмотекстурирующем устройстве, разработать методику определения характеристик сжатого воздуха в пневмотекстурирующем устройстве и его конструктивных параметров;
- разработать пневмотекстурирующее устройство новой конструкции для получения пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности и определить его оптимальные конструктивные параметры;
- оценить перспективы переработки пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности в текстильные изделия бытового и технического назначения.

ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ: пневмотекстурированные нити большой линейной плотности, технологический процесс их получения и переработки в текстильные изделия бытового и технического назначения.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ. Разработка технологического процесса получения пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности основывалась на результатах теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в трудах отечественных и зарубежных ученых.

В теоретических исследованиях использовались методы теорий струй, газодинамики и термодинамики, теории дифференциальных уравнений. Численное решение уравнений проводилось с использованием ЭВМ.

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

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», в производственных условиях ОАО «Витебские ковры» и ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей».

НАУЧНАЯ НОВИЗНА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.

Научная новизна полученных результатов работы заключается в следующем:

- разработан новый технологический процесс получения пневмотекстированных нитей большой линейной плотности;
- исследована зависимость физико-механических свойств пневмотекстированных нитей от параметров их структуры;
- теоретически разработана методика определения характеристик сжатого воздуха в пневмотекстирующем устройстве;
- разработаны теоретические модели для определения размеров пневмотекстирующего устройства в зависимости от параметров обрабатываемой нити;
- определены оптимальные параметры пневмотекстирующего устройства для получения пневмотекстированных нитей большой линейной плотности;
- разработано и изготовлено новое пневмотекстирующее устройство для получения пневмотекстированных нитей большой линейной плотности;
- получены экспериментальные зависимости физико-механических свойств пневмотекстированных нитей от технологических режимов процесса и размеров пневмотекстирующего устройства;
- разработана программа на ЭВМ по оптимизации технологических режимов процесса текстирования и размеров пневмотекстирующего устройства в системе компьютерной алгебры «Maple V».

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований:

- проведена модернизация прядильной машины ПСК-225-ШГ для выпуска пневмотекстированных нитей;
- разработано и изготовлено пневмотекстирующее устройство для получения пневмотекстированных нитей большой линейной плотности;
- разработана и внедрена технология получения пневмотекстированных нитей большой линейной плотности на ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей»;
- разработана технология и внедрены в производство пневмотекстированные нити большой линейной плотности на ОАО «Витебские ковры»;
- разработана и внедрена технология получения фильтровальных тканей с использованием пневмотекстированных нитей большой линейной плотности на Витебском масложэкстракционном заводе;
- результаты работы внедрены в учебный процесс ВГТУ в курсы «Новое в технике и технологии» и «ТиО для производства текстированных нитей».

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.

Экономический эффект, согласно расчетов предприятий, составил в произ-

водстве технических тканей: при получении пневмотекстурированных нитей – 30.666 млн. руб. на годовой объем выпуска ткани в ценах на 1.06.2000 г.; в ткачестве – 333.110 млн. руб. на 250 погонных метров ткани в ценах на 10.07.1999 г.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ. ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ. Автор защищает:

- технологию получения пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности, позволяющую создать новый ассортимент выпускаемых пневмотекстурированных нитей, а также расширить ассортимент текстильных изделий бытового и технического назначения;
- методику определения характеристик сжатого воздуха в пневмотекстурирующем устройстве;
- теоретическую модель зависимости физико-механических свойств пневмотекстурированных нитей от параметров их структуры;
- теоретические модели для определения характеристик сжатого воздуха в пневмотекстурирующем устройстве и для определения размеров пневмотекстурирующего устройства в зависимости от параметров обрабатываемой нити;
- новую конструкцию пневмотекстурирующего устройства для получения пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности;
- новый ассортимент пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности для получения изделий бытового и технического назначения.

ЛИЧНЫЙ ВКЛАД СОИСКАТЕЛЯ. Соискателем лично:

- разработана теоретическая модель для определения зависимости физико-механических свойств пневмотекстурированных нитей от параметров их структуры;
- разработаны теоретические модели для определения характеристик сжатого воздуха в пневмотекстурирующем устройстве и для определения размеров пневмотекстурирующего устройства;
- проведены экспериментальные работы по проверке теоретических моделей и оптимизации технологических режимов процесса получения пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности и конструктивных параметров пневмотекстурирующего устройства;
- получены экспериментальные зависимости физико-механических свойств пневмотекстурированных нитей от технологических режимов процесса текстирования и от конструктивных параметров пневмотекстурирующего устройства;
- разработана программа для ЭВМ, позволяющая рассчитывать оптимальные режимы технологического процесса и конструктивные параметры пневмотекстурирующего устройства;

- разработана конструкция машины для пневмотекстурирования на базе прядильной машины ПСК-225-ШГ;
- разработана конструкция пневмотекстурирующего устройства для получения пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности;
- разработан и внедрен в производство новый ассортимент пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности для получения текстильных изделий бытового и технического назначения.

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

- Всероссийской научно-технической конференции «Современные технологии текстильной промышленности» (Москва, 1997);
- Международных научно-технических конференциях «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Иваново, 1998-2000);
- Международной конференции по химическим волокнам «ХИМВОЛОКНА-2000» (Тверь, 2000);
- Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы пищевой, легкой промышленности и сферы обслуживания» (Гянджа, 1999);
- Международной научно-технической конференции «Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении» (Витебск, 1999);
- Научно-технических конференциях преподавателей и студентов ВГТУ, 1997-2000 гг.;
- Республиканской коммерческой выставке «Импортозамещение» (Минск, 1998);
- Республиканских научно-технических выставках «Беллегмаш» (Минск, 1997-1998);
- Заседаниях кафедры ПНХВ ВГТУ, 1997-2000 гг.;
- Заседании Проблемного Совета ВГТУ по специальности 05.19.02, 2000.

ПУБЛИКАЦИИ. По материалам диссертации опубликовано 17 печатных работ общим объемом 48 страниц, в том числе 8 статей и 8 тезисов докладов, принята к рассмотрению заявка на изобретение.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ РАБОТЫ. Работа содержит введение, общую характеристику работы, шесть глав, общие выводы, список использованных источников и приложения. Общий объем работы составляет 216 страниц. Объем диссертации составляет 164 страниц, включающих 48 рисунков и 30 таблиц. В работе использовались 104 литературных источника, на которые сделаны ссылки, представленные на 8 страницах. В работе приведены 13 приложений, представленные на 44 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, определена основная цель 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 текстурированных нитей.

Отмечено, что наиболее распространенными являются термомеханические способы текстурирования, такие, как текстурирование ложным кручением, гофрирование прессованием и способ пневмотекстурирования. Термомеханические способы имеют ряд достоинств, среди которых высокая производительность, широкий диапазон перерабатываемых линейных плотностей нитей. Однако отмечается высокая энергоемкость процесса текстурирования и большая растяжимость получаемых нитей, тогда как к широкому ассортименту текстурированных нитей большой линейной плотности для выработки изделий бытового и технического назначения предъявляются особые требования (малая растяжимость и разрывное удлинение нитей при сохранении высокой объемности, пряжеподобный внешний вид). Растяжимые нити, полученные термомеханическими способами, не удовлетворяют данным требованиям.

Отмечено, что наиболее перспективным способом получения нерастяжимых пряжеподобных нитей повышенной объемности является способ пневмотекстурирования, позволяющий получать текстурированные нити широкого диапазона линейных плотностей и сырьевого состава.

Вторая глава посвящена разработке технологического процесса получения пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности.

Выбрано и исследовано сырье, которое может быть использовано при получении пневмотекстурированных нитей (ПТН) большой линейной плотности. Отмечается, что одним из достоинств способа пневмотекстурирования является то, что он позволяет получать многокомпонентные нити различного сырьевого сочетания без каких-либо затрат времени и материальных средств для изменения ассортимента выпускаемой продукции.

На основании анализа литературных источников и экспериментальных исследований разработана технологическая схема процесса получения пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности параллельным способом текстурирования, представленная на рис. 1.

Комплексная нить (нити) 1 сматываются с входных паковок 2 и поступают в гребенной нитенатяжитель 3, где получают требуемое натяжение. Затем питающей парой 4 комплексная нить подается в пневмотекстури-

рующее устройство (ПТУ) 5, в которое подается сжатый воздух. Под действием встречных радиальных потоков элементарные нити комплексной нити перепутываются между собой, образуя однородную петлистую структуру. Готовая ПТН 6 отводится из ПТУ оттяжной парой 7 и наматывается в цилиндрическую бобину 8 массой до 2 кг мотальным барабанчиком 9.

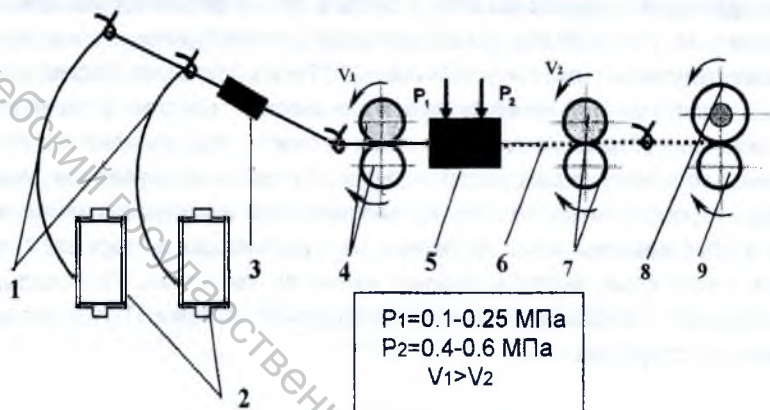


Рис. 1. Технологическая схема пневмотекстурирующей машины

Исследовано влияние технологических параметров процесса текстурирования на качество формирования ПТН. Установлено, что наибольшее влияние на процесс петлеобразования оказывают нагон комплексных нитей и скорость выпуска. Проведены экспериментальные исследования по определению влияния зоны смачивания комплексных нитей на процесс формирования ПТН. Установлено, что предварительное смачивание нитей перед зоной формирования позволяет повысить производительность процесса текстурирования и качество получаемых ПТН.

Для реализации процесса текстурирования на базе прядильной машины ПСК-225-ШГ разработана конструкция машины ПТМ-225, позволяющая вырабатывать ПТН широкого диапазона линейных плотностей (от 5 до 300 текс) и различного сырьевого состава. Машина прошла производственные испытания и установлена на ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей».

Главным формирующим органом при получении ПТН является ПТУ, которое обеспечивает разделение элементарных нитей турбулентными потоками воздуха. ПТУ состоит из двух камер: пневмоперепутывающей (ППК) и пневмотранспортирующей (ПТК). Проведен анализ механизма образования петельной структуры ПТН и конструктивных особенностей ПТУ. На основании анализа технологического процесса получения ПТН и процессов,

протекающих в ПТУ, определены направления дальнейших теоретических и экспериментальных исследований.

Третья глава посвящена выбору критерия оптимизации для оценки качества ПТН большой линейной плотности.

Проведен анализ стандартных и специфических свойств ПТН. Выбраны методики для определения этих свойств в процессе экспериментальных исследований. Разработаны новые методики для определения количества пневмоперепутанных мест и устойчивости ПТН к истиранию. Исследовано влияние структуры ПТН на ее физико-механические свойства, а также причины снижения разрывной нагрузки нити в процессе текстурирования. Установлено, что снижение разрывной нагрузки ПТН вызвано, во-первых, изменением структуры нитей, то есть изменением угла наклона элементарных нитей и образованием внешних петель, не участвующих в разрыве, и, во-вторых, неровнотой текстурированных нитей по свойствам. Понижающий коэффициент S показывает снижение разрывной нагрузки ПТН в связи с изменением структуры нити:

$$S = \frac{1 + \frac{\varepsilon_{ПТН}}{100} - \frac{H}{100}}{\left(1 + \frac{N}{100}\right) \left(1 + \frac{0,7 \varepsilon_{ЭН}}{100}\right)},$$

где $\varepsilon_{ПТН}$ – разрывное удлинение ПТН, %; H – нестабильность петельной структуры, %; N – нагон, %; $\varepsilon_{ЭН}$ – разрывное удлинение элементарных нитей в теле ПТН, %.

Фактическая разрывная нагрузка ПТН ($S_{ФАКТ}$) меньше расчетной из-за структурной неровноты нити и равняется:

$$S_{ФАКТ} = \frac{P_{ПТН}}{P_{КН}} = Sz,$$

Коэффициент z характеризует снижение разрывной нагрузки ПТН вследствие ее неровноты по свойствам, и определяется по следующей формуле:

$$z = \frac{\left(1 + \frac{N}{100}\right) \left(1 + \frac{0,7 \varepsilon_{ЭН}}{100}\right)}{\left(1 + \frac{\varepsilon_{ПТН}}{100} - \frac{H}{100}\right)} S_{ФАКТ},$$

где $P_{ПТН}$ – разрывная нагрузка ПТН; $P_{КН}$ – разрывная нагрузка комплексной нити.

Таким образом, параметр $S_{ФАКТ}$ является комплексной характеристикой процесса формирования ПТН, учитывающей как изменение структуры ПТН, так и ее неравномерность по свойствам. Полученные зависимости связывают технологические режимы процесса формирования нити, параметры структуры и физико-механические свойства ПТН.

Исследовано влияние кручения ПТН на их физико-механические свойства. Отмечается, что увеличение удлинения ПТН при больших крутках связано с нарушением их структуры и повышением нестабильности каждой скручиваемой стренги. Поэтому необходимо сообщать ПТН крутку меньшую критической на 5-10%. Получено выражения для расчета критической крутки ПТН:

$$K_{min} = -0,5 \cdot (-7.6 + P \cdot 4 \cdot 10^{-3} - P^2 \cdot 5.4 \cdot 10^{-6} - E^2 \cdot 6.8 \cdot 10^{-3}) / (0.14 - P \cdot 6.6 \cdot 10^{-4} - E \cdot 2.3 \cdot 10^{-2} + P^2 \cdot 8.9 \cdot 10^{-8} + E^2 \cdot 9.2 \cdot 10^{-4}),$$

где K_{min} – критическая крутка, кр/м; P – относительная разрывная нагрузка некрученной ПТН, сН/текс; E – разрывное удлинение некрученной ПТН, %.

Получены модели зависимости свойств ПТН от крутки, которые позволяют определить значения параметров ПТН и необходимую крутку для получения крученных нитей с заданными свойствами.

Установлено, что в качестве критерия оптимизации технологического процесса получения ПТН большой линейной плотности целесообразно использовать разрывное удлинение нитей, причем оптимальными можно считать такие параметры процесса, которые обеспечивают ее минимальное значение. Определены необходимые ограничения, накладываемые на разрывную нагрузку, нестабильность, количество пневмоперепутанных мест для получения ПТН высокого качества.

Четвертая глава посвящена теоретическому исследованию процессов, происходящих при получении ПТН.

Задачи теоретических исследований взаимодействия воздушных потоков с обрабатываемой нитью решались на базе теории струй и газодинамики. Установлено, что процесс петлеобразования возможен только при турбулентном режиме движения воздуха. Разработаны математические модели для определения установившихся параметров сжатого воздуха в различных сечениях ПТУ и для определения скорости воздушных потоков в воздухопроводящем и нитепроводящем каналах ПТУ. Расчетная схема ПТУ представлена на рис. 2.

Максимальная скорость движения воздуха в каналах А и В определена из уравнения массового расхода. Воздух с параметрами P_1, V_1, T под давлением подается в радиальные каналы А ПТУ. Поток воздуха с параметрами P_2, V_2, T подается для заправки нити в ПТУ и компенсации обратного потока, истекающего из радиальных каналов А. При взаимодействии воздушных потоков с нитью, происходит эффективное перепутывание элементарных нитей и формирование петельной структуры нити. Максимальная скорость движения воздуха в нитепроводящем канале В равна:

$$v_{\max} = \frac{4Q_2RT}{P_2\pi(d_2^2 - d_H^2)},$$

где R – газовая постоянная, Дж/ кгК; T – температура воздуха, К; d_2 – диаметр канала В, м; d_H – диаметр нити, м; Q_2 – расход воздуха в канале В, м³/с; P_2 – давление воздуха, подаваемого в канал В, Па.

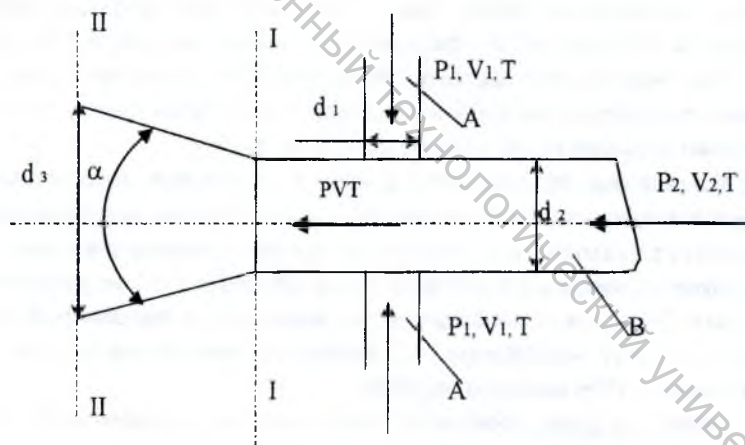


Рис. 2. Расчетная схема пневмотекстирующего устройства

Получена система уравнений для определения параметров сжатого воздуха в любом сечении ПТУ, где первое уравнение – неразрывности (сохранения массовых расходов), а второе уравнение Бернулли для сжимаемых жидкостей (газов):

$$\begin{cases} P_1 V_1 \omega_1 + P_2 V_2 \omega_2 = P V \omega_2 \\ P \frac{d_2^2 - d_H^2}{d_3^2 - d_H^2} = \left[P - 0.5 \left(1 - \frac{d_3^2 - d_H^2}{d_2^2 - d_H^2} \right)^2 \frac{V^2 R T}{2P} \right] \end{cases}$$

где P_1, V_1 и P_2, V_2 - параметры сжатого воздуха в каналах А и В; P, V - параметры сжатого воздуха в сечении I-I ПТУ; ω_1, ω_2 - площади каналов А и В, м^2 ; ω_3 - площадь сечения II-II ПТУ, м^2 .

Для определения степени изменения структуры нити необходимо рассчитать величину аэродинамической силы, действующей на нить в процессе пневмотекстурирования. Для определения давления воздуха на боковую поверхность обрабатываемой нити, она рассматривается как цилиндр, на который набегают воздушный поток с определенной плотностью ρ и скоростью перемещения V_0 . Известно, что течение газа обладает потенциалом скоростей φ , если $V = \text{grad} \varphi$. В плоскости течения газа в декартовых координатах X и Y уравнение неразрывности имеет вид:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0.$$

Исходя из этого уравнения, потенциал скоростей логично считать действительной частью функции комплексного переменного. При решении дифференциальных уравнений с комплексной переменной получена удобная для практических расчетов формула для расчета давления сжатого воздуха P на боковую поверхность обрабатываемой нити:

$$P = 0.521 \rho V_0^2.$$

Данная формула объясняет также и положительное влияние зоны смачивания на процесс пневмотекстурирования. При смачивании нитей они заносят в ПТУ капельки воды, которые под воздействием воздушных потоков распыляются, увеличивая тем самым плотность воздуха и аэродинамические силы, действующие на нить.

Разработана методика определения геометрических параметров ПТУ в зависимости от диаметра обрабатываемой нити. Получены следующие формулы, позволяющие определить конструктивные размеры ППК:

Для расчета диаметра d радиальных каналов А:

$$d = \frac{d_H}{\xi},$$

где ξ – коэффициент сжатия воздушной струи; d_H – диаметр нити.

Для расчета радиуса пневмоперепутывающей камеры R_K ;

$$R_K = \frac{1.605 R_H}{\cos^2 \beta},$$

где $\beta = 90 - \gamma$; γ – угол обтекания круглого цилиндра, °; R_H – радиус нити.

При решении данной задачи взаимодействие потоков воздуха с нитью рассматривалось как задача об обтекании круглого цилиндра. Величина радиуса ППК рассчитана с учетом угла обтекания γ и закона сохранения массы нити при взаимодействии с потоками сжатого воздуха.

Установлена зависимость параметров петельной структуры нити от характеристик сжатого воздуха для прогнозирования физико-механических свойств и внешнего вида ПТН. Разработана теоретическая модель для определения величины зоны постоянного максимального давления при обработке нити потоками сжатого воздуха и длины петли пневмотекстурированной нити L :

$$L = \frac{d}{2b},$$

где b – коэффициент расширения струи воздуха; d_1 – диаметр воздухопроводящего канала А, мм; $q = V_2 / V_1$; V_1, V_2 – средние скорости воздуха в каналах А и В, м/с; n – количество членов математического ряда.

$$b = \frac{1}{\sqrt{q}} \frac{64 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{n^3 q^n}{(4n^2 - 1)(1 - q^{2n})}}{\pi + 4 + 64 \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n-1} \frac{n^2 q^{2n}}{(4n^2 - 1)(1 - q^{2n})}}.$$

Полученная зависимость позволяет выбрать необходимые параметры петельной структуры нити, управляя скоростью воздушных потоков.

Пятая глава посвящена экспериментальным исследованиям процесса формирования ПТН большой линейной плотности.

Проведен ранжирующий эксперимент для определения степени влияния конструктивных параметров ПТУ и технологических параметров про-

цесса текстурирования на качество ПТН. Установлено, что наибольшее влияние на процесс формирования ПТН оказывают конструктивные параметры ППК, в частности наличие после зоны воздействия на нить радиальных потоков воздуха расширяющейся части ППК (диффузора) и его величина. Установлены оптимальный угол диффузора - $30,5^\circ$ и его длина - 12 мм. Для определения оптимальных экспериментальных значений входных параметров разработана программа в системе компьютерной алгебры «Maple V», реализующая метод полного перебора всех вариантов.

Осуществлена экспериментальная проверка математических моделей, полученных в четвертой главе, для чего проведены исследования по оптимизации параметров ППК. В результате проведенной оптимизации установлено, что наименьшее разрывное удлинение ПТН достигается при следующих значениях входных параметров: диаметр пневмоперепутывающей камеры - 2.4 мм, диаметр радиальных каналов 1.4 мм, расстояние от торца ППК до радиальных каналов 4.3 мм. Установлено, что погрешность между расчетными и экспериментально полученными оптимальными значениями параметров ПТУ не превышает 5%. Этот факт подтверждают достоверность теоретических моделей и справедливость допущений, принятых при их разработке. Оптимальное сочетание входных параметров ПТУ позволяет получать ПТН линейной плотности 120-150 текс, обладающие следующими физико-механическими свойствами: разрывная нагрузка - 3250-3400 сН, разрывное удлинение - 12.5-13.7%, нестабильность - 2-2.3%.

Для увеличения скорости выпуска ПТН и снижения расхода воздуха разработана новая конструкция ПТУ с пневмотранспортирующей камерой в виде комбинированного сопла Лавала, представленная на рис. 3.

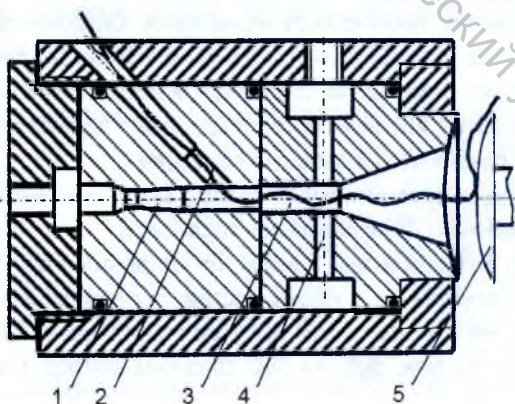


Рис. 3. Схема пневмотекстурирующего устройства новой конструкции

Разработанное устройство работает следующим образом. Исходная нить подается в устройство с необходимым опережением через радиально расположенный под острым углом к оси ПТК 1 конический канал 2 и направляется с помощью воздушного потока, истекающего из ПТК. Далее нить поступает в ППК 3, где она подвергается непрерывному разделению на ЭН путем воздействия двух радиально направленных перпендикулярных струй истекающих из каналов 4. По выходе из ППК воздушный поток резко тормозится вследствие наличия заслонки 5, и при выходе нити под прямым углом ее избыток реализуется в петли на поверхности ПТН. Такая конструкция ПТУ позволяет снизить влияние негативного обратного воздушного потока, истекающего из ППК, на процесс текстурирования. В результате проведенных исследований ПТУ определены оптимальные конструктивные параметры ПТК новой конструкции: диаметр выходного отверстия сопла Лаваля – 1.8 мм, расстояние от выходного отверстия до торца ППК – 2 мм. Установлено, что новая конструкция ПТУ позволяет повысить скорость пневмотекстурирования в 1,5 раза без ухудшения качества ПТН. Можно также отметить, что качественный процесс текстурирования осуществляется при значительном снижении расхода воздуха в ПТУ.

В шестой главе представлены результаты переработки ПТН в тканые и трикотажные изделия. В условиях ОАО «Витебские ковры» осуществлена переработка ПТН линейной плотности 240 текс и 120 текс×2 в жаккардовые прутковые дорожки и восьмицветные жаккардовые ковры в качестве основы. В условиях ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей» проведена переработка ПТН линейной плотности 125 текс в технические фильтровальные ткани в качестве утка. Оксалоновые ПТН переработаны в тканые и трикотажные изделия технического назначения. Опытная переработка показала пригодность использования ПТН как в ткачестве, так и в трикотажном производстве. Отмечается снижение материалоемкости полученных тканей, а также более высокие эксплуатационные характеристики полученных изделий по сравнению с базовыми образцами.

Представлены сравнительные физико-механические свойства изделий с использованием ПТН с базовыми образцами.

Рассчитан экономический эффект от использования ПТН при производстве технических тканей, который составляет при производстве нитей – 30.666 млн. руб. на годовой объем выпуска ткани в ценах на 1.06.2000 г.; в ткачестве – 333.110 млн. руб. на 250 погонных метров ткани в ценах на 10.07.1999 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработан технологический процесс получения ПТН большой линейной плотности, позволяющий получать нити различного сырьевого состава линейной плотности от 80 до 300 текс и создать новый ассортимент выпускаемых ПТН и изделий из них [4, 6, 13, 15].
2. Исследованы процессы, протекающие в пневмотекстурирующем устройстве при формировании ПТН, а также этапы образования петельной структуры ПТН [2]. Разработана технологическая схема для получения ПТН большой линейной плотности [6]. Для реализации процесса текстурирования модернизирована прядильная машина ПБК-225-ШГ и получена модель пневмотекстурирующей машины ПТМ-225, позволяющая вырабатывать ПТН широкого диапазона линейных плотностей (от 5 до 300 текс) [4, 6]. Экспериментально доказано, что предварительное смачивание комплексных нитей перед зоной формирования позволяет значительно повысить производительность процесса текстурирования и качество получаемых ПТН большой линейной плотности.
3. Проведен анализ стандартных и специфических свойств, которыми обладают ПТН, разработаны новые методики для определения количества пневмоперепутанных мест и устойчивости нитей к истиранию [1]. На основании анализа расположения элементарной нити в ПТН исследовано влияние структуры нити на ее физико-механические свойства. Установлена зависимость физико-механических свойств ПТН от параметров их структуры [7]. Получены экспериментальные модели зависимости свойств ПТН от величины крутки. Установлено, что в качестве критерия оптимизации технологического процесса получения ПТН большой линейной плотности целесообразно использовать ее разрывное удлинение.
4. На базе теории струй и газодинамики разработана математическая модель для определения установившихся параметров сжатого воздуха в различных сечениях ПТУ и для определения скорости воздушных потоков в воздухопроводящем и нитепроводящем каналах [3, 8]. Разработана методика определения параметров сжатого воздуха в пневмотекстурирующем устройстве. На базе теории газовых струй разработана методика определения давления сжатого воздуха на обрабатываемую нить. Теоретически подтверждено положительное влияние зоны смачивания на процесс пневмотекстурирования. Разработаны математические модели, позволяющие определить конструктивные размеры пневмоперепутывающей камеры, обеспечивающие наиболее стабильное протекание процесса петлеобразования [8]. Разработана теоретическая модель для

определения величины зоны постоянного максимального давления при обработке нити потоками сжатого воздуха, и длины петли пневмотекстурированной нити.

5. Проведены экспериментальные исследования влияния диффузора в пневмоперепутывающей камере на качество процесса текстурирования [2, 14]. Экспериментально определено, что оптимальный угол диффузора составляет 30° , а его длина 12 мм [16]. Проведена оптимизация конструктивных параметров ПТУ [2, 4, 12]. Для определения оптимальных значений ПТУ разработана программа в системе компьютерной алгебры «Maple V», реализующая метод полного перебора всех вариантов. Установлено совпадение оптимальных параметров ПТУ, полученных экспериментальным путем и рассчитанных теоретически, что подтверждает достоверность теоретических моделей и справедливость допущений, принятых при их разработке [8]. Разработана новая конструкция ПТУ, в котором пневмотранспортирующая камера выполнена в виде сопла Лаваля, а исходная нить подается по наклонному каналу, вследствие чего ослабляется воздействие обратного потока воздуха на поступающую в устройство нить, что позволяет получать ПТН более высокого качества при меньшем расходе сжатого воздуха [17].

6. По результатам исследований разработаны и внедрены: технология получения ПТН линейной плотности 120-240 текс для использования в ковровом производстве на ОАО «Витебские ковры»; технология получения ПТН для выпуска технических тканей на ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей», а также разработана технология получения технических тканей и трикотажа из оксалоновых ПТН [2, 5, 9, 10, 11, 12]. Разработан новый ассортимент ПТН линейной плотности 95-250 текс для использования в производстве тканых и трикотажных изделий бытового и технического назначения [6]. Экономический эффект от внедрения ПТН в производство фильтровальных тканей в ценах на 10.07.99 года за счет более рационального использования материала в ткачестве составил 333,110 млн. руб. Экономический эффект за счет снижения затрат на сырье при использовании ПТН большой линейной плотности в производстве технических тканей составил в ценах на 1.06.2000 г. 30,666 млн. руб. на годовой выпуск технической ткани.

Принята к рассмотрению государственным патентным комитетом Республики Беларусь заявка № а 20000455 на изобретение пневмотекстурирующего устройства.

Основное содержание работы отражено в публикациях:

1. Медвецкий С.С., Рыклин Д.Б., Коган А.Г. Аэродинамический способ получения комбинированных нитей для обувных тканей. // Межвузовский сборник научных трудов «Совершенствование конструкции и технологии изделий из кожи». / ВГТУ. – Витебск, 1996. – С. 48-51.
2. Медвецкий С.С., Коган А.Г., Скобова Н.В., Ясинская Н.Н. Технология получения пневмотекстирированных нитей большой линейной плотности. // Сборник материалов Международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс-99). - Ч.1. / ИГТА. - Иваново, 1999. – С. 23-25.
3. Медвецкий С.С., Коган А.Г., Смелков Д.В., Скобова Н.В. Структурный метод исследования газодинамических параметров и явные модели пневмотекстирирующих устройств. // Сборник статей Международной научно-технической конференции «Новые ресурсосберегающие технологии и улучшение экологической обстановки в легкой промышленности и машиностроении». / ВГТУ. - Витебск, 1999. - С. 47-52.
4. Медвецкий С.С., Коган А.Г., Ясинская Н.Н., Скобова Н.В. Некоторые возможности расширения ассортимента химических волокон и нитей новых структур. // Химические волокна. – 1999. - №2. - С. 16-17.
5. Медвецкий С.С., Коган А.Г., Скобова Н.В., Тулинов Н.В. Новые химические нити и пряжа для мебельных и технических тканей. // Химические волокна. – 1999. - №2. – С. 22-23.
6. Медвецкий С.С., Коган А.Г., Скобова Н.В. Комбинированные пневмотекстирированные нити новых структур. // Сборник докладов Международной конференции по химическим волокнам «ХИМВОЛОКНА-2000». / ОАО «Тверьхимволокно». Российская инженерная академия. – Тверь, 2000.
7. Медвецкий С.С., Рыклин Д.Б., Коган А.Г. Оценка качества пневмотекстирированных нитей большой линейной плотности. // Текстильная промышленность. – 2000. - №5.
8. Медвецкий С.С., Ольшанский В.И., Коган А.Г. Математическое описание процесса пневмотекстирирования. // Технология текстильной промышленности. Известия высших учебных заведений. – 2000. - №5.
9. Медвецкий С.С., Коган А.Г. Использование химической комплексной нити оксалон в ассортименте технических тканей. // Сборник тезисов докладов Всероссийской научно-технической конференции (Текстиль-97). / МГТА им. А.Н. Косыгина. – Москва, 1997. - С. 35.

10. Медвецкий С.С., Башметов А.В., Калмыкова Е.А. Исследование свойств химической комплексной нити оксалон. // Сборник тезисов докладов XXX научно-технической и научно-методической конференции преподавателей и студентов. / ВГТУ. – Витебск, 1997. – С. 19.
11. Медвецкий С.С., Коган А.Г., Башметов А.В. Ткань для фильтрации горячих газов из оксалоновых нитей. // Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс-98). / ИГТА. – Иваново, 1998. – С. 96.
12. Медвецкий С.С., Коган А.Г. Развитие технологии получения текстурированных нитей большой линейной плотности. // Сборник тезисов докладов XXXII научно-технической конференции преподавателей и студентов. / ВГТУ. – Витебск, 1999. – С. 74.
13. Медвецкий С.С., Коган А.Г., Ринейский К.Н. Получение пневмотекстурированных нитей из жгута. // Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы пищевой, легкой промышленности и сферы обслуживания». / Азербайджанский технологический институт. – Гянджа, 1999. – С. 41.
14. Медвецкий С.С., Литовский С.М., Еленский А.И. Оптимизация геометрических параметров пневмотекстурирующего устройства. // Сборник тезисов докладов XXXIII научно-технической конференции преподавателей и студентов. / ВГТУ. – Витебск, 2000. – С. 65.
15. Медвецкий С.С., Коган А.Г., Скобова Н.В. Получение пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности. // Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс 2000). / ИГТА. – Иваново, 2000. – С. 57.
16. Медвецкий С.С., Литовский С.М. Оптимизация геометрических параметров аэродинамического устройства для пневмотекстурирования. // Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Прогресс 2000). / ИГТА. – Иваново, 2000. – С. 55.
17. Заявка № а 20000455, МКИ D 02 G1/16. Устройство для получения пневмотекстурированных нитей / С.С. Медвецкий, Д.Б. Рыклин, А.Г. Коган. – Заявл. 13.05.2000.

Мядзвецкі Сяргей Сяргеевіч

РАСПРАЦОЎКА І ДАСЛЕДАВАННЕ ТЭХНАЛАГІЧНАГА
ПРАЦЭСУ АТРЫМАННЯ ПНЕЎМАТЭКСТУРАВАНЫХ НІТАК
ВЯЛІКАЙ ЛІНЕЙнай ШЧЫЛЬНАСЦІ

Тэхналогія, пнеўматэкстураваныя ніткі, пнеўматэкстуруючае ўстройства, мадэль, эксперымент, уласцівасць, выраб, эфектыўнасць.

Аб'ектам даследавання з'яўляюцца пнеўматэкстураваныя ніткі вялікай лінейнай шчыльнасці.

Мэта працы – распрацоўка і даследаванне тэхналагічнага працэсу атрымання пнеўматэкстураваных нітак вялікай лінейнай шчыльнасці.

Распрацоўка тэхналагічнага працэсу атрымання пнеўматэкстураваных нітак вялікай лінейнай шчыльнасці грунтавалася на выніках тэарэтычных і эксперыментальных даследаванняў, якія выкладзены ў працах айчынных і замежных вучоных. У тэарэтычных даследаваннях выкарыстоўваліся метады тэорыі струменяў, газа- і тэрмадынамікі, тэорыі дыферэнцыяльных ураўненняў. Эксперыментальныя даследаванні праводзіліся з выкарыстаннем метадаў матэматычнага планавання эксперыменту. Апрацоўка вынікаў эксперыменту ажыццяўлялася з выкарыстаннем ЭВМ.

У выніку даследаванняў распрацаваны новы тэхналагічны працэс атрымання пнеўматэкстураваных нітак вялікай лінейнай шчыльнасці, атрыманы матэматычныя мадэлі залежнасці фізіка-механічных уласцівасцяў пнеўматэкстураваных нітак ад параметраў іх структуры, распрацавана метадыка вызначэння параметраў сціснутага паветра ў пнеўматэкстуруючым устраве, вызначана залежнасць паміж канструктыўнымі параметрамі пнеўматэкстуруючага ўстраве і параметрамі ніткі, што апрацоўвалася, вызначаны аптымальныя параметры пнеўматэкстуруючага ўстраве пры атрыманні пнеўматэкстураваных нітак вялікай лінейнай шчыльнасці, распрацавана праграма для вызначэння аптымальных параметраў працэсу, што даследаваліся, распрацавана новая канструкцыя пнеўматэкстуруючага ўстраве.

Распрацаваная тэхналогія ўкаранёна на ААТ «Віцебскі камбінат шаўковых тканін» і на ААТ «Віцебскія дываны».

Медвецкий Сергей Сергеевич

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПНЕМОТЕКСТУРИРОВАННЫХ НИТЕЙ БОЛЬШОЙ ЛИНЕЙНОЙ ПЛОТНОСТИ

Технология, пневмотекстурированные нити, пневмотекстурирующее устройство, модель, эксперимент, свойство, изделие, эффективность.

Объектом исследования являются пневмотекстурированные нити большой линейной плотности.

Цель работы – разработка и исследование технологического процесса получения пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности.

Разработка технологического процесса получения пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности основывалась на результатах теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в трудах отечественных и зарубежных ученых. В теоретических исследованиях использовались методы теорий струй, газодинамики и термодинамики, теории дифференциальных уравнений. Экспериментальные исследования проводились с применением методов математического планирования эксперимента. Обработка результатов экспериментов осуществлялось с использованием ЭВМ.

В результате исследований разработан новый технологический процесс получения пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности, получены математические модели зависимости физико-механических свойств пневмотекстурированных нитей от параметров их структуры, разработана методика определения параметров сжатого воздуха в пневмотекстурирующем устройстве, определена зависимость между конструктивными параметрами пневмотекстурирующего устройства и параметрами обрабатываемой нити, определены оптимальные параметры пневмотекстурирующего устройства при получении пневмотекстурированных нитей большой линейной плотности, разработана программа для определения оптимальных параметров исследуемых процессов, разработана новая конструкция пневмотекстурирующего устройства.

Разработанная технология внедрена на ОАО «Витебский комбинат шелковых тканей» и на ОАО «Витебские ковры».