

677.4  
K14

ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УДК 677.494.674



на правах рукописи

**КАЗАКОВ ВАДИМ ЕВГЕНЬЕВИЧ**

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ ЛАВСАНО-  
НИТРОНОВОЙ ПРЯЖИ**

Специальность 05.19.02 – “Технология и первичная обработка текстильных  
материалов и сырья (технические науки)”

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Витебск 2006

Работа выполнена в Учреждении образования  
«Витебский государственный технологический университет»

Научный руководитель:

Коган Александр Григорьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Прядение натуральных и химических волокон» УО «Витебский государственный технологический университет».

Официальные оппоненты:

Николаев Сергей Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, ректор Московского государственного текстильного университета им. А. Н. Косыгина, заведующий кафедрой ткачества, заслуженный деятель науки Российской Федерации;

Науменко Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Сертификация» УО «Витебский государственный технологический университет».

Оппонирующая организация:

Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие «Центр научных исследований лёгкой промышленности», г. Минск, Республика Беларусь

Защита состоится «18» сентября 2008 г. в 10 часов на заседании Совета по защите диссертаций К 02.11.01 в УО «Витебский государственный технологический университет» по адресу:

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** Одной из основных проблем, стоящих перед предприятиями текстильной промышленности Республики Беларусь является обеспечение внешних и внутренних рынков сбыта своей 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 перспективными текстильными технологиями.

Прядильные фабрики оказались в условиях острого дефицита сырья из-за его высокой стоимости. Значительные производственные мощности оказались незадействованными.

Одним из путей решения данной задачи является переход к использованию сырья, предлагаемого отечественными производителями, а именно лавсановых и нитроновых химических волокон, при минимальном перевооружении имеющихся производственных мощностей.

**Связь работы с крупными научными программами, темами.** Работа выполнялась в соответствии с госбюджетным договором «Разработка методов прогнозирования физико-механических свойств неоднородных крученых нитей», хозяйственным договором с концерном «Беллепром» «Разработать и исследовать технологический процесс получения текстильных материалов на основе модифицированных волокон нитрон М, ДМ», с работой, вошедшей в план Академии Наук Республики Беларусь на 2001 – 2005 годы ГПОФИ «Энергия 53», г/б № 301 «Разработка математических моделей и инженерных методов расчета аэродинамических устройств для пневмотекстурирования с учётом вихревых эффектов», а также в соответствии с Государственной программой импортозамещения, одобренной Президентом Республики Беларусь (Постановление №09\124-418 от 07.04.97г.), Президиумом Совета Министров Республики Беларусь (протокол №6 от 08.04.97г.) и Региональной программой импортозамещения, утверждённой решением Витебского облисполкома №127 от 26.03.98г.

**Цель и задачи исследования.** Целью представленной диссертационной работы является разработка технологических процессов получения лавсано-нитроновой пряжи линейной плотности 30 - 80 текс для широкого ассортимента текстильных изделий. В соответствии с указанной целью были поставлены следующие задачи:

- выбрать сырьё и разработать технологические процессы получения лавсано-нитроновой пряжи, а также разработать программы на ЭВМ для расчета параметров планов прядения;
- разработать модель процесса вытягивания волокнистого продукта с целью исследования влияния параметров работы вытяжного прибора на

Витебский государственный университет  
технологический факультет  
ИНВ. № \_\_\_\_\_

характеристики утонённой ленты;

- разработать модель формирования пряжи пневмомеханическим способом с целью исследования влияния параметров работы пневмомеханического прядильного устройства на характеристики получаемой пряжи;
- провести теоретические и экспериментальные исследования процесса вытягивания волокнистого продукта с целью получения оптимальных параметров вытяжного прибора при переработке лавсано-нитроновой волокнистой ленты;
- провести теоретические и экспериментальные исследования процесса формирования лавсано-нитроновой пряжи пневмомеханическим способом с целью получения оптимальных параметров работы пневмомеханической прядильной машины;
- внедрить в производство технологии получения лавсано-нитроновой пряжи.

**Объект и предмет исследования:** лавсано-нитроновая пряжа линейной плотности 30-80 текс, технологические процессы её получения и переработки в текстильные изделия.

**Методология и методы проведения исследований.** Разработка технологических процессов получения лавсано-нитроновой пряжи основывалась на результатах теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в трудах отечественных и зарубежных ученых.

В теоретических исследованиях использовались методы теорий вытягивания, интегрального исчисления, булевой алгебры. Численное решение уравнений проводилось с использованием ЭВМ.

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

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры «Прядение натуральных и химических волокон», в производственных условиях ГРУПП «Гронитекс».

**Научная новизна и значимость полученных результатов.** Научная новизна полученных результатов работы заключается в следующем:

- разработаны технологические процессы получения лавсано-нитроновых пряж линейной плотности от 30 до 80 текс;
- разработана методика для прогнозирования разрывной нагрузки двухкомпонентной химической пряжи, полученной пневмомеханическим способом прядения;
- разработана методика получения зависимости количества передних

концов волокон в сечениях волокнистого продукта;

- разработана дискретная имитационная модель процесса вытягивания в однозонном вытяжном приборе с динамически изменяющимися полями сил трения для определения влияния параметров вытяжного прибора на свойства утонённой ленты из различных волокон;
- разработана дискретная имитационная модель процесса формирования пряжи пневмомеханическим способом при переработке неоднородного волокнистого продукта.

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

- разработана и внедрена технология для получения лавсанонитроновой пряжи на ГРУПП «Гронитекс»;
- разработана программа для ЭВМ, позволяющая рассчитывать параметры планов прядения любой сложности.

**Экономическая значимость полученных результатов.** Ожидаемый экономический эффект за счёт прироста прибыли от реализации пряжи, согласно расчетам ГРУПП «Гронитекс», составил 15302.55 руб. на 100 кг пряжи в ценах на 1.03.2005 г.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту.** Автор защищает:

- технологии получения лавсанонитроновых пряж, позволяющие создать новый ассортимент выпускаемых пряж, а также расширить ассортимент текстильных изделий;
- дискретную имитационную модель волокнистого продукта, состоящего из различных по свойствам волокон;
- методику получения дискретной зависимости количества передних концов волокон в сечениях волокнистого продукта;
- дискретную имитационную модель процесса вытягивания в однозонном вытяжном приборе с динамически изменяющимися полями сил трения;
- дискретную имитационную модель процесса формирования пряжи пневмомеханическим способом при переработке неоднородного волокнистого продукта;
- методику для прогнозирования разрывной нагрузки пряжи, полученной пневмомеханическим способом прядения;
- новый ассортимент лавсанонитроновых пряж для получения изделий бытового назначения.

**Личный вклад соискателя.** Соискателем лично:

- разработаны технологические процессы получения лавсанонитроновых пряж линейной плотности от 30 до 80 текс;

- разработана методика для прогнозирования разрывной нагрузки двухкомпонентной химической пряжи, полученной пневмомеханическим способом прядения;
- разработана дискретная имитационная модель волокнистого продукта, состоящего из различных по свойствам волокон;
- разработана методика получения дискретной зависимости количества передних концов волокон в сечениях волокнистого продукта;
- разработана дискретная имитационная модель процесса вытягивания волокнистого продукта, состоящего из волокон различной длины и свойств, в однозонном вытяжном приборе с динамически изменяющимися полями сил трения;
- теоретически установлена и подтверждена экспериментально зависимость неровноты по линейной плотности утонённой лавсано-нитроновой ленты от значений параметров работы вытяжного прибора;
- определены оптимальные значения параметров работы вытяжного прибора ленточной машины первого перехода для утонения лавсано-нитроновой ленты;
- получены экспериментальные зависимости физико-механических свойств лавсано-нитроновой пряжи от технологических параметров процессов формирования пряжи пневмомеханическим, кольцевым и аэродинамическим способами;
- разработана дискретная имитационная модель процесса формирования пряжи пневмомеханическим способом при переработке волокнистого продукта, состоящего из разнородных волокон;
- определены оптимальные значения параметров работы пневмомеханической прядильной машины при получении лавсано-нитроновой пряжи.
- разработана программа для ЭВМ, позволяющая рассчитывать параметры планов прядения любой сложности;
- разработан новый ассортимент лавсано-нитроновых праж для получения текстильных изделий бытового назначения.

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

- Международной научной конференции «Новое в технике и технологии текстильной и лёгкой промышленности» (Витебск, 2000г);
- Международной научно-методической конференции «Пути совершенствования подготовки специалистов для текстильной промышленности» (Москва, 2002);
- XXXV научно-технической конференции преподавателей и студентов ВГТУ (Витебск, 2002);
- XXXVI научно-технической конференции преподавателей и студентов ВГТУ (Витебск, 2003);

- XXXVII научно-технической конференции преподавателей и студентов ВГТУ (Витебск, 2004);
- Международной научной конференции «Актуальные проблемы науки, техники и экономики производства изделий из кожи» (Витебск, 2004);
- заседаниях кафедры ПНХВ ВГТУ, 2001-2005 гг.;
- заседании Проблемного Совета ВГТУ по специальности 05.19.02, 2005.

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 10 печатных работ общим объемом 30 страниц, в том числе 4 статьи, 3 из которых в научных изданиях, включенных в перечень изданий, утвержденных ВАК РБ, 6 тезисов докладов.

**Структура и объем работы.** Работа содержит введение, общую характеристику работы, пять глав, общие выводы, список использованных источников и приложения. Общий объем работы составляет 224 страниц. Объем диссертации составляет 168 страниц, включающих 76 рисунков и 33 таблицы. В работе использовались 67 литературных источников, на которые сделаны ссылки, представленные на 7 страницах. В работе приведены 9 приложений, представленные на 49 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 публикациях, посвященных современному состоянию рынка текстильного сырья в мире и странах СНГ, делается вывод о том, что переработка химических волокон в пряжу становится всё более актуальной и прибыльной. Особенно это заметно в Республике Беларусь в условиях удорожания и ухудшения качества натурального сырья.

Основываясь на монографиях, научных работах, патентных материалах и других источниках, проведен анализ различных способов переработки смесей химических волокон.

Выявлен ряд направлений в переработке смесей из разнородных химических волокон. Смешивание компонентов производится либо на разрыхлительно-очистительном агрегате, либо лентами с использованием дополнительных ленточных переходов.

Сокращённые технологии используют в качестве сырья жгутовое волокно. В сокращённой технологии также используются дополнительно несколько переходов смешивающих машин для дорывания длинных волокон,

оставшихся после штапелирования жгута.

Рассмотрены способы переработки, связанные с соединением комплексных химических нитей в процессе пневмотекстурирования.

Отмечено, что наиболее перспективным способом получения многокомпонентных пряж является пневмомеханическое прядение. Именно с этим способом прядения связаны основные направления усовершенствования и развития переработки многокомпонентных смесей волокон.

**Вторая глава** посвящена разработке и исследованию технологических процессов получения лавсано-нитроновой пряжи.

**Технология 1** используется для получения пряжи линейной плотности от 45 до 55 текс. Жгутовые полиэфирные (ПЭ) и полиакрилонитрильные (ПАН) волокна раздельно штапелируются с применением машин дифференциального разрезания ЛРШ-400. Разрыв длинных волокон, смешивание компонентов, выравнивание продукта осуществляется на переходах смешивающих машин СМ-2-45. Для получения пряжи используется пневмомеханическая прядильная машина ППМ-120-А1М.

В штапельной ленте, полученной при помощи дифференциального разрезания, имеется некоторое количество длинных неразрезанных волокон. При малых значениях разводов в вытяжном приборе штапелирующей машины в штапельной ленте увеличивается количество коротких волокон, а при больших - возрастает вероятность их незакономерного движения. Было проведено исследование процесса штапелирования. Получены зависимости неровноты штапелированной ленты от разводов и вытяжек в каждой зоне вытяжного прибора машины ЛРШ-400. На основе этих зависимостей получены оптимальные значения разводов:  $R_1 = 1.6\text{Лшт}$ ,  $R_2 = 1.3\text{Лшт}$ ,  $R_3 = 1.1\text{Лшт}$ ,  $R_4 = 1.01\text{Лшт}$ , (где Лшт - штапельная длина волокна).

Количество переходов машин СМ-2-45 должно обеспечивать требуемую неровноту волокон по длине. Исследовалась неровнота волокон по длине после каждого перехода, установлено, что трёх переходов достаточно для получения ленты требуемого качества.

**Технология 2** применяется для получения пряжи линейной плотности от 70 до 80 текс. Жгутовые полиакрилонитрильные волокна штапелируются методом дифференциального разрезания на машине ЛРШ-70. Лента из полиэфирных волокон вырабатывается на однопрядённом кардочёсальном аппарате. Для смешивания в соотношении ПЭ - 30 %, ПАН - 70% и выравнивания использовалось три перехода ленточных машин ЛМШ-220, которые применяются для переработки волокон с длиной более 70 мм.

Проведено исследование влияния разводов в каждой из трёх зон и общей вытяжки в вытяжном приборе машины ЛРШ-70 на неровноту ленты, и получены оптимальные значения вытяжки ( $E_1=1.76$ ;  $E_2= 1.83$ ;  $E_3=1.83$ ), а

также разводок ( $R_1 = 180$  мм;  $R_2 = 145$  мм;  $R_3 = 110$  мм). Были получены оптимизированные значения разводки во второй зоне и значение общей вытяжки вытяжного прибора машины ЛМШ-220 на первом ( $R_2 = 70$  мм,  $E = 7$ ), втором ( $R_2 = 70$  мм,  $E = 8$ ) и третьем ( $R_2 = 70$  мм,  $E = 7$ ) переходах. Также исследовано влияние заправочных параметров кольцевой прядильной машины на физико-механические свойства пряжи. Получены оптимальные значения крутки ( $K = 263$  кр/м) и вытяжки в первой зоне ( $E = 2$ ).

**Технология 3** используется для получения комбинированных лавсано-нитроновых нитей линейной плотности от 60 до 80 текс аэродинамического способа формирования. Технология предусматривает раздельное штапелирование жгутовых нитей каждого компонента. Смешивание полученных лент осуществляется на первом переходе ленточных машин в соотношениях: ПЭ - 50 %, ПАН - 50% и ПЭ - 30 %, ПАН - 70%. Далее полученная лента обрабатывалась на одном переходе смешивающих и двух переходах ленточных машин. Пряжу получали на аэродинамической прядильной машине ПБК-225ШГ. Достоинством аэродинамического способа формирования является высокая производительность оборудования и повышенная объёмность комбинированных нитей. В качестве стержневого компонента использовалась комплексная лавсановая нить 10 текс.

При разработке технологии были определены рациональные конструктивные параметры аэродинамического устройства и оптимальные параметры его работы.

Расчет параметров аэродинамического устройства основывался на рекомендациях, полученных Рыклиным Д. Б при исследованиях работы аэродинамических устройств.

В работе по формуле (1) с учётом фактического значения нагона при формировании лавсано-нитроновой комбинированной нити определено оптимальное расстояние от конца иглы до плоскости радиальных каналов, которое составило 15.4 мм, при нагоне 11%:

$$l_1 + l_2 = \left[ \frac{1}{4} (D_{\text{ПВК}} - d_{\text{П}}) (\pi N - \arcsin(\frac{d_{\text{И}} - d_{\text{П}}}{D_{\text{ПВК}} - d_{\text{П}}})) + \frac{\pi}{8} (D_{\text{ППК}} - d_{\text{П}}) \right] \sqrt{\frac{100}{H} - 1} \quad (1)$$

где  $D_{\text{ПВК}}$  - диаметр крутильной камеры;  $D_{\text{ППК}}$  - диаметр перепутывающей камеры;  $d_{\text{И}}$  - внутренний диаметр иглы;  $d_{\text{П}}$  - наружный диаметр иглы;  $H$  - нагонный коэффициент;  $N$  - количество полувольт продукта в перепутывающей камере, с учетом требований о сохранении параметров закрученной струи до плоскости радиальных каналов принимаемое равным 1;  $l_1$  - расстояние от конца иглы до торца крутильной камеры;  $l_2$  - расстояние от торца крутильной камеры до плоскости радиальных каналов.

Исследовано влияние заправочных параметров аэродинамической прядильной машины ПБК-225ШГ на физико-механические свойства получаемой пряжи. На основе экспериментальных исследований определены

следующие оптимальные значения параметров работы аэродинамического устройства:

- для состава: 30% - ПЭ, 70% - ПАН, давление в перепутывающей камере - 0.475 МПа, в крутильной камере - 0.13 МПа;
- для состава: 50% - ПЭ, 50% - ПАН давление в перепутывающей камере - 0.52 МПа, в крутильной камере 0.11 – МПа.

**Технология 4** применяется для получения пряжи линейной плотности от 30 до 50 текс на хлопкопрядильном оборудовании по кардной системе прядения на пневмомеханических прядильных машинах типа БД – 200 [4]. Технология предусматривает раздельное получение чёсальной ленты из ПЭ и ПАН штапельных волокон на сокращённом разрыхлительно-очистительном агрегате, из которого исключены наклонные очистители, что в комплексе с закрытием колосниковых решёток на трéпальных машинах позволяет избежать значительных потерь волокна. Кроме того, уменьшаются скорости рабочих органов чёсальных машин, что уменьшает количество коротких волокон в чёсальной ленте. Благодаря малой засорённости штапельного химического волокна такие изменения не увеличивают обрывность при производстве пряжи на пневмомеханических прядильных машинах. Смешивание и выравнивание лент проходит на двух переходах ленточных машин.

Проводилось исследование процесса формирования пряжи на пневмомеханической прядильной машине из лент с сортировками: ПАН - 50 %, ПЭ - 50 %, и ПАН - 67 %, ПЭ - 33 %. По результатам исследования были определены диапазоны значений крутки и частоты вращения дискретизирующего барабанчика, позволяющие получить пряжу с оптимальными физико-механическими показателями для каждой из сортировок. А также определено, что показатели пряжи, полученной из сортировки ПАН - 67 %, ПЭ - 33 %, в среднем, лучше, чем показатели пряжи, полученной из сортировки ПАН - 50 %, ПЭ - 50 %.

Анализируя различные варианты технологической цепочки для получения смешанной пряжи, можно сделать следующие выводы:

раздельное получение волокнистой ленты из компонентов в каждой из рассмотренных технологий позволяет подобрать значения технологических параметров штапелирующих машин или машин трéпального и чёсального переходов, учитывая специфику каждого компонента;

при смешивании лентами во всех полуфабрикатах отмечалась ярко выраженная ручьистость. Экспериментальные исследования показали, что в этом случае даже три перехода ленточных машин не позволяют полностью её исключить. Смешивание волокон происходит только на поверхностях контактирующих ручьев.

Сравнив физико-механические показатели пряж, представленные в табл. 1, и учитывая возможности предприятий текстильной промышленно-

сти, за основу была принята технология 4.

Таблица 1.

Физико-механические свойства лавсано-нитроновых пряж, полученных различными способами.

| Технология                                      | 1    | 2    | 3    | 4    |
|---|------|------|------|------|
| Линейная плотность, текс                        | 55.0 | 80.0 | 60.0 | 40.0 |
| Относительная разрывная нагрузка пряжи, сН/текс | 9.9  | 12.1 | 15.0 | 14.4 |
| Коэффициент вариации по разрывной нагрузке, %   | 14.0 | 17.0 | 11.0 | 6.8  |
| Относительное разрывное удлинение пряжи, %      | 17.6 | 20.9 | 34.0 | 24.1 |

Исследованы свойства ПЭ и ПАН волокон, которое используется для получения пряжи.

На основе исследований проф. А.Н. Ванчикова по прогнозированию разрывной нагрузки двухкомпонентной пряжи, полученной кольцевым способом формирования, разработана методика прогнозирования относительной разрывной нагрузки двухкомпонентной пряжи, полученной пневмомеханическим способом прядения в соавторстве с Д. Б. Рыклиным и М. В. Терентьевым [10]:

$$P_{O.CM} = P_{O.CB3} * K_{п} * K_{CM},$$

где  $K_{п}$  – коэффициент, учитывающий то, что пряжа, полученная пневмомеханическим способом прядения, имеет меньшую относительную разрывную нагрузку, чем пряжа, такой же линейной плотности, полученная кольцевым способом прядения.

Коэффициент использования разрывной нагрузки менее растяжимого компонента в пряже ( $K_1$ ) вычисляется по формуле проф. А.Н. Ванчикова для химических штапельных волокон с поправочным коэффициентом ( $k$ ):

$$K_1 = 1,16 \eta_0 - \frac{68,5 - \sqrt{T}}{\alpha_{факт} k \cdot \sqrt[3]{T}} - 0,00859 \cdot \sqrt[3]{T}$$

где:  $k$  – коэффициент, учитывающий более слабую зависимость разрывной нагрузки от крутки для пряжи, полученной пневмомеханическим способом прядения, по сравнению с пряжей, полученной кольцевым способом прядения;

Разработана прикладная программа для ЭВМ, которая позволяет составлять и корректировать технологические цепочки любой сложности для переработки любых типов волокон [7]. С помощью этой программы рассчитаны параметры разработанного технологического процесса и разрывная нагрузка пряжи, которая вычислялась по полученной формуле. Прогнозиро-

вание относительной разрывной нагрузки пряжи по разработанной методике дали более точные результаты по сравнению с методикой проф. Ванчикова А.Н.

На основании анализа литературных источников и экспериментальных исследований выбраны параметры заправки технологического оборудования.

Установлено, что необходимы теоретические и экспериментальные исследования технологических процессов вытягивания на ленточной машине и формирования пряжи пневмомеханическим способом при переработке волокнистого продукта, состоящего из волокон с различными свойствами.

**Третья глава** посвящена разработке имитационных моделей для изучения технологических процессов вытягивания и пневмомеханического прядения.

Разработана дискретная имитационная модель неоднородного продукта, полученного сложением нескольких лент [8].

Исходными данными для моделирования являются:

- зависимости изменения количества передних концов волокон в сечении каждой из складываемых лент, которые могут быть заданы функционально или таблично ( $Zn_1, Zn_2$ );
- диаграмма распределения длин волокон в каждой из лент ( $P_1, P_2$ );
- порядок расположения лент на питании, и их количество ( $k_1, k_2$ ).

Результатом моделирования является массив, каждая строка которого содержит записи о волокнах, передние концы которых находятся в сечении ленты, соответствующем строке (рис. 1).

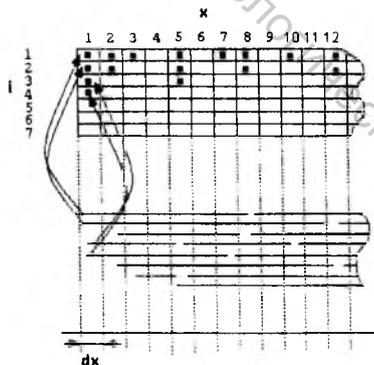


Рис.1 Модель ленты.

Получена функциональная зависимость количества волокон в сечениях ленты ( $m(x)$ ) от количества передних концов волокон в её сечениях ( $n(x)$ ) [9]:

$$n(x_{i+1}) = m(x_{i+1}) - \sum_{l=l_0}^{l_m} (f(l) \sum_{j=i-l}^i n(x_j)).$$

$$n(0) = m(0),$$

где:  $l_0$  – минимальная длина волокна в волокнистом продукте;  $l_m$  – максимальная длина волокна в волокнистом продукте;  $f(l)$  – дифференциальный закон распределения волокон по длине.

Для исследования процесса вытягивания волокнистого продукта, состоящего из волокон с различными свойствами, исходя из сведений, известных о движении волокон в зоне вытягивания вытяжного прибора, совместно с А. Г. Коганом и Д. Б. Рыклиным [1] была разработана дискретная имитационная модель процесса (рис. 2).

Исходными данными для моделирования являются:

- массив, описывающий физические свойства и расположение волокон в вытягиваемой ленте, А;
- параметры вытяжного прибора: скорости и диаметры валиков, разводка, силы нагрузки на валики.

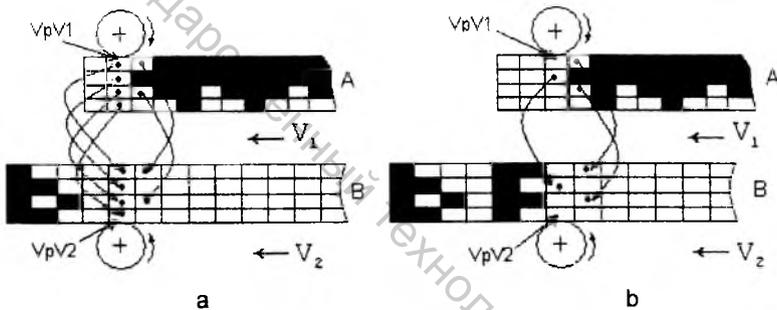


Рис. 2 Принцип функционирования модели вытягивания:

- a) переход волокон на скорость вытяжной пары в момент времени  $t$ ;
- b) переход волокон на скорость вытяжной пары в момент времени  $t+dt$ .

Результат моделирования – массив данных В (см. рис. 2), описывающий волокна, составляющие вытянутую волокнистую ленту,

Полученная модель позволяет оценить влияние параметров заправки ленточной машины и свойств вытягиваемого волокнистого продукта на неровноту по составу и линейной плотности вытянутой ленты. Модель используется для нахождения оптимальной вытяжки и разводки в основной зоне вытягивания ленточной машины при переработке волокнистого продукта, состоящего из полиэфирных и полиакрилонитрильных волокон разной длины резки.

Разработана дискретная имитационная модель получения пряжи пневмомеханическим способом прядения (рис. 3) в соавторстве с А. Г. Коганом и Д. Б. Рыклиным [2].

Исходными данными для моделирования являются:

- массив, описывающий физические свойства и расположение волокон в питающей ленте;

- параметры работы пневмомеханической прядильной машины: частота вращения дискретизирующего барабанчика; диаметр прядильной камеры и частота её вращения; частота вращения отводящих валов.

Результатом моделирования является массив данных, описывающий волокна, составляющие пряжу.

Полученная модель позволяет оценить влияние параметров заправки пневмомеханической прядильной машины и свойств питающего её волокнистого продукта на неровноту по составу, структуре и линейной плотности полученной пряжи. Модель используется для нахождения оптимальной частоты вращения дискретизирующего барабанчика и выпускной пары пневмомеханической прядильной машины при переработке волокнистого продукта, состоящего из полиэфирных и полиакрилонитрильных волокон разной длины резки в пряжу.

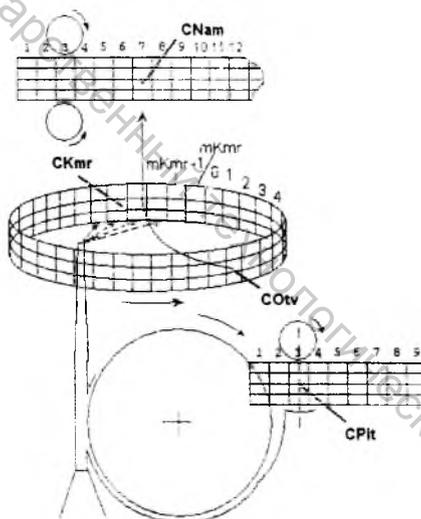


Рис. 3 Принцип функционирования модели процесса формирования пряжи пневмомеханическим способом.

В главе также приведены результаты верификации моделей доступными способами.

**Четвертая глава** посвящена экспериментальным исследованиям процесса формирования пряжи на пневмомеханической прядильной машине и вытягивания на ленточной машине первого перехода при переработке волокнистого продукта, состоящего из полиэфирных и полиакрилонитрильных волокон разной длины резки. Первый переход ленточных машин используется для смешивания, и поэтому от параметров его работы во многом зависит качество пряжи.

Для экспериментальной проверки имитационной модели вытягивания волокнистого продукта в однозонном вытяжном приборе, разработанной в главе 3, а также для получения оптимальных параметров заправки ленточной машины первого перехода в условиях ГРУПП "Гронитекс" был проведён эксперимент с применением методов математического планирования. Были исследованы волокнистые ленты, полученные с ленточных машин П2-50-1М, двух составов:

сортировка I - 33% полиакрилонитрильных и 67% полиэфирных волокон;  
сортировка II - 50% полиакрилонитрильных и 50% полиэфирных волокон.

Исследовано влияние разводки ( $X_1$ ) и вытяжки ( $X_2$ ) в основной зоне вытягивания на неровноту по линейной плотности вытянутой ленты на коротких отрезках. Расчеты проводились на ПЭВМ с использованием программы «Statistica for Windows».

В результате обработки экспериментальных данных были получены регрессионные модели:

для сортировки I:

$$CV = 7.15 - 0.35 \cdot X_1 - 0.9 \cdot X_1^2 + 0.4 \cdot X_1^2 \cdot X_2 ;$$

для сортировки II:

$$CV = 6.94 + 1.05 \cdot X_2 + 0.42 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0.67 \cdot X_1^2 \cdot X_2.$$

В результате оптимизации с использованием полученных моделей было установлено, что наименьшая неровнота короткими отрезками смешанной ленты достигается при вытяжке в основной зоне вытяжного прибора 5.5 - 5.6 и разводке в зоне основного вытягивания 44 - 45 мм [4]. Кроме того, была выявлена сложная форма зависимости неровноты от разводки: кривая зависимости имеет несколько локальных экстремумов, в которых достигается минимальное значение неровноты. Установлено, что подобная форма зависимости связана с наличием в вытягиваемой ленте волокон различной длины.

Был проведён сравнительный анализ полученных теоретических и экспериментальных зависимостей процесса вытягивания волокнистого продукта. Анализ проводился по зависимости неровноты линейной плотности отрезками 10 см от вытяжки и разводки. Для сравнения использовались данные эксперимента, проведённого ранее.

Анализ показал высокую степень сходства теоретической и экспериментальной кривой зависимости неровноты вытянутой ленты от разводки (рис. 4) [3]. Кроме того, по данным имитационного моделирования подтверждается предположение о сложной форме кривой зависимости неровноты линейной плотности от разводки (рис. 5).

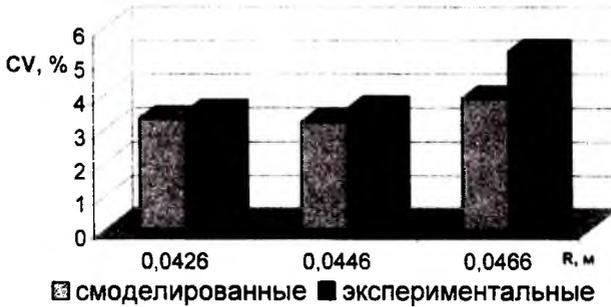


Рис. 4 Сравнение зависимости неровности вытянутой ленты от разводки при  $E = 6.5$ .

Для получения оптимальных значений параметров заправки пневмомеханической прядильной машины в условиях лаборатории кафедры "ПНХВ" УО "ВГТУ" был проведён эксперимент. Исследовалась пряжа линейной плотности 40 текс, полученная на пневмомеханической прядильной машине ППМ-120-А-1-М из ленты, состоящей из 67 % полиакрилонитрильных волокон и 33 % полиэфирного волокна.

Исследовано влияние крутки ( $X_1$ ) и частоты вращения дискретизирующего барабанчика ( $X_2$ ) на разрывную нагрузку ( $P$ ), относительное разрывное удлинение ( $E$ ) и коэффициент вариации по разрывной нагрузке ( $CV_p$ ) полученной пряжи. Исследование проводилось совместно с Д. Б. Рыклиным и М. В. Терентьевым [10].

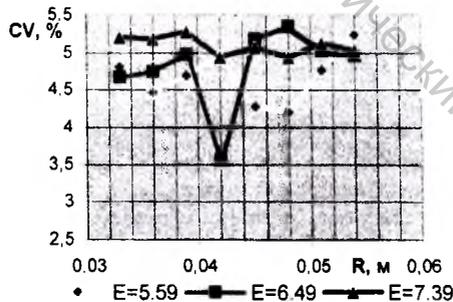


Рис. 5 Смоделированные зависимости неровности вытянутой ленты от разводки при  $E = 6.5$ .

По результатам эксперимента определены коэффициенты регрессии, отражающие влияние входных параметров эксперимента на свойства пряжи. Получены следующие регрессионные модели:

$$P = 581.8 - 15.16 X_1 - 7.47 X_2 - 16.01 X_1^2 - 12.27 X_2^2;$$

$$E = 23.9 + 0.34 X_1 - 0.75 X_2;$$

$$CVp = 6.08 - 0.73 X_1 - 0.5 X_1^2 + 1.27 X_2^2 + 1.18 X_2^2 X_1.$$

Для определения области рациональных значений входных параметров были построены совмещенные графики равного уровня разрывной нагрузки и коэффициента вариации по разрывной нагрузке. Выбор рациональных параметров осуществлялся при следующих ограничениях: разрывная нагрузка не менее 580 сН; коэффициент вариации по разрывной нагрузке не более 6.3 %.

Наилучшее качество формирования лавсан-онитроновой пряжи достигается при крутке от 780 до 870 кр/м и частоте вращения дискретизирующего барабанчика от 6300 до 6680 мин<sup>-1</sup>.

**В пятой главе** представлены результаты переработки полученной лавсано-нитроновой пряжи линейной плотности 40 текс в тканые изделия. Были определены типы переплетений, при которых лавсано-нитроновая пряжа проявляет себя наилучшим образом. Установлено, что ткани, выработанные с применением разработанной пряжи, имеют физико-механические показатели, соответствующие ГОСТ 29298-92. Использование различных сочетаний натуральных и химических волокон позволяет расширить ассортимент тканей.

Ожидаемый экономический эффект от замены пряжи из 50% хлопкового и 50% полиэфирного волокна, на пряжу из 67% нитронового и 33% полиэфирного волокна в ценах на 1.03.2005 г. определяется приростом прибыли от реализации пряжи: 15302.55 руб. на 100 кг пряжи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны технологические процессы получения лавсано-нитроновой пряжи линейной плотности от 30 до 80 текс, создан новый ассортимент пряж и изделий из них. Разработана программа для ЭВМ, позволяющая рассчитывать параметры планов прядения любой сложности [4, 7].
2. На основании теории вытягивания разработана дискретная имитационная модель процесса утонения в однозонном вытяжном приборе с динамически изменяющимися полями сил трения, при помощи которой можно определить влияние параметров работы вытяжного прибора на характеристики утонённой двухкомпонентной ленты. Разработана дискретная имитационная модель волокнистого продукта, которая определяет структуру входных данных при моделировании технологических процессов прядильного производства. Разработана методика получения необ-

ходимых для моделирования данных о реальном волокнистом продукте [1, 8, 9].

3. На базе теории формирования пряжи пневмомеханическим способом разработана дискретная имитационная модель, которая может использоваться для определения влияния параметров работы пневмомеханического прядильного устройства на характеристики получаемой двухкомпонентной пряжи при переработке волокнистого продукта, состоящего из волокон различной длины и свойств. Разработана методика прогнозирования разрывной нагрузки двухкомпонентной химической пряжи, полученной пневмомеханическим способом прядения [2, 10].
4. Проведены экспериментальные исследования влияния разводки и вытяжки в основной зоне вытягивания ленточной машины первого перехода на неровноту по линейной плотности короткими отрезками вытянутой лавсано-нитроновой ленты. Экспериментально определено, что наименьшая неровнота короткими отрезками смешанной ленты достигается при вытяжке в основной зоне вытяжного прибора 5.5 - 5.6 и разводке в зоне основного вытягивания 44 - 45 мм. Было выявлено, что кривая зависимости имеет несколько локальных экстремумов, в которых достигается минимальное значение неровноты. Аналогичные данные были получены и при исследовании имитационной модели процесса вытягивания. Установлено, что подобная форма зависимости связана с наличием в вытягиваемой ленте волокон различной длины [4, 3].
5. Проведены экспериментальные исследования влияния крутки и частоты вращения дискретизирующего барабанчика на разрывную нагрузку, относительное разрывное удлинение и коэффициент вариации по разрывному удлинению получаемой пряжи. Определены коэффициенты регрессии, отражающие влияние входных параметров эксперимента на свойства пряжи. Определено, что наилучшее качество формирования лавсано-нитроновой пряжи достигается при крутке от 780 до 870 кр/м и частоте вращения дискретизирующего барабанчика от 6300 до 6680 мин<sup>-1</sup> [10].
6. По результатам исследований внедрена технология получения лавсано-нитроновой пряжи линейной плотности 30-50 текс на ГРУПП «Грони-текс». Ожидаемый экономический эффект от внедрения за счёт прироста прибыли от реализации пряжи составил 15302.55 руб. на 100 кг пряжи в ценах на 1.03.2005 г [4].

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

### Статьи:

1. Казаков, В. Е. Имитационная модель вытягивания волокнистого продукта / В. Е. Казаков, А. Г. Коган, Д. Б. Рыклин. // Вестник Витебского Государственного Технологического Университета / УО «ВГТУ». – 2004. – Вып. 6. – С. 6-10.
2. Казаков, В. Е. Имитационное моделирование процесса получения пряжи на пневмомеханической прядильной машине. / В. Е. Казаков, А. Г. Коган, Д. Б. Рыклин. // Вестник Витебского Государственного Технологического Университета / УО «ВГТУ». – 2005. – Вып. 7. – С. 47-49.
3. Казаков, В. Е. Определение оптимальных параметров вытягивания лавсано-нитроновой ленты / В. Е. Казаков // Научный альманах, спец. выпуск журнала "Текстильная промышленность", 2005. – С. 39-42.
4. Казаков, В. Е. Лавсано-нитроновая пряжа для обувных тканей / В. Е. Казаков // Сборник статей международной научной конференции «Актуальные проблемы науки, техники и экономики производства изделий из кожи» / УО «ВГТУ». – 2004. – С. 47-49.

### Тезисы докладов:

5. Казаков, В. Е. Получение многокомпонентной пряжи из химических волокон / В. Е. Казаков, Л. Е. Соколов, Е. М. Коган // Сборник докладов международной научной конференции «Новое в технике и технологии текстильной и лёгкой промышленности» / ВГТУ. – Витебск, 2000. – С. 32-35.
6. Казаков, В. Е. Проектирование прядильного производства с использованием информационных технологий / В. Е. Казаков, Д. Б. Рыклин // Сборник тезисов докладов международной научно-методической конференции «Пути совершенствования подготовки специалистов для текстильной промышленности» / МГТУ им. А. Н. Косыгина. – Москва, 2002. – С. 73-75.
7. Казаков, В. Е. Разработка приложения для создания, расчёта и корректировки планов прядения / В. Е. Казаков // Сборник тезисов докладов XXXV научно-технической конференции преподавателей и студентов / ВГТУ. – Витебск, 2002. – С. 73-74.
8. Казаков, В. Е. Имитационная модель сложения двух лент на ленточной машине / В. Е. Казаков // Сборник тезисов докладов XXXVI научно-технической конференции преподавателей и студентов / ВГТУ. – Витебск, 2003. – С. 112-113



9. Казаков, В. Е. Получение зависимости количества передних концов волокон из зависимости количества волокон в сечениях волокнистого продукта. / В. Е. Казаков // Сборник тезисов докладов XXXVII научно-технической конференции преподавателей и студентов / ВГТУ. – Витебск, 2004. – С. 20.
10. Казаков, В. Е. Исследование процесса формирования лавсанонитроновой пряжи пневмомеханическим способом. / В. Е. Казаков, Д. Б. Рыклин, М. В. Терентьев // Сборник тезисов докладов XXXVII научно-технической конференции преподавателей и студентов / ВГТУ. – Витебск, 2004. – С. 91-92.

## РЭЗЮМЭ

Казакоў Вадзім Яўгеньевіч

### РАСПРАЦОЎКА І ДАСЛЕДАВАННЕ ТЭХНАЛАГІЧНАГА ПРАЦЭСУ АТРЫМАННЯ ЛАЎСАНА-НІТРОНАВАЙ ПРАЖЫ.

Тэхналогія, лаўсана-нітронавая пражка, імітацыйная мадэль, эксперымент, уласцівасці, эфектыўнасць.

Аб'ектам даследвання з'яўляецца лаўсана-нітронавая пражка лінейнай шчыльнасці 30-80 текс і тэхналагічныя працэсы яе атрымання.

Мэта працы – распрацоўка і даследаванне тэхналагічных працэсаў атрымання лаўсана-нітронавай пражы.

Распрацоўка тэхналагічных працэсаў атрымання лаўсана-нітронавай пражы грунтавалася на выніках тэарэтычных і эксперыментальных даследаванняў, якія выкладзены у працах айчынных і замежных навукоўцаў. У тэарэтычных даследаваннях выкарыстоўваліся метады тэорыі выцягвання, інтэгральнага вылічэння, буллеўскай алгебры. Эксперыментальныя даследаванні праводзіліся з выкарыстаннем метадаў матэматычнага планавання эксперыменту. Апрацоўка вынікаў эксперыментаў ажыццяўлялася з выкарыстаннем ЭВМ.

У выніку даследаванняў распрацаваны тэхналагічныя працэсы атрымання лаўсана-нітронавай пражы. Распрацаваны імітацыйныя мадэлі тэхналагічнага працэсу выцягвання ў адназонным выцяжным прыборы а таксама тэхналагічнага працэсу атрымання пражы пнеўмамеханічным спосабам. Вызначана залежнасць паміж параметрамі запраўкі лентачнай машыны і няроўнасцю выцягнутага лаўсана-нітронавага валакністага прадукту. Вызначана залежнасць паміж параметрамі работы пнеўмамеханічнай прадзільнай машыны і уласцівасцямі лаўсана-нітронавай пражы, вызначаны аптымальныя значэнні параметраў улажвання пнеўмамеханічнай прадзільнай машыны пры атрыманні лаўсана-нітронавай пражы.

Распрацаваная тэхналогія атрымання лаўсана-нітронавай пражы лінейнай шчыльнасці 30-80 текс ўкаранёна на ГРУПП “Гронітэкс”.

## РЕЗЮМЕ

Казаков Вадим Евгеньевич

### РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ЛАВСАНО-НИТРОНОВОЙ ПРЯЖИ.

Технология, лавсано-нитроновая пряжа, имитационная модель, эксперимент, свойства, эффективность.

Объектом исследования является лавсано-нитроновая пряжа линейной плотности 30-80 текс и технологические процессы её получения.

Цель работы – разработка и исследование технологических процессов получения лавсано-нитроновой пряжи.

Разработка технологических процессов получения лавсано-нитроновой пряжи основывалась на результатах теоретических и экспериментальных исследований, изложенных в трудах отечественных и зарубежных ученых. В теоретических исследованиях использовались методы теории вытягивания, интегрального исчисления, булевой алгебры. Экспериментальные исследования проводились с применением методов математического планирования эксперимента. Обработка результатов экспериментов осуществлялось с использованием ЭВМ.

В результате исследований разработаны технологические процессы получения лавсано-нитроновой пряжи. Разработаны имитационные модели технологического процесса вытягивания в однозонном вытяжном приборе, а также технологического процесса получения пряжи пневмомеханическим способом. Определена зависимость между параметрами заправки ленточной машины и неровнотой вытянутого лавсано-нитронового волокнистого продукта. Определена зависимость между параметрами работы пневмомеханической прядильной машины и свойствами лавсано-нитроновой пряжи, определены оптимальные значения параметров заправки пневмомеханической прядильной машины при получении лавсано-нитроновой пряжи.

Разработанная технология получения лавсано-нитроновой пряжи линейной плотности 30-80 текс внедрена на ГРУПП "Гронитекс".

**RESUME**

Kazakou Vadzim

**DEVELOPMENT AND RESEARCH OF TECHNOLOGICAL PROCESS FOR PRODUCTION POLYESTER-ACRYLIC YARN**

Technology, polyester-acrylic yarn, imitating model, experiment, properties, efficiency.

The research object is polyester-acrylic yarn of linear density 30-80 tex and technological processes of its production.

The work purpose is the development and research of technological processes for polyester-acrylic yarn production.

Development of technological processes for polyester-acrylic yarn production was based on results of the theoretical and experimental researches by national and foreign scientists. Methods of drawing theory, integral calculus, Boolean algebras were used in theoretical researches. Experimental researches were conducted with application of experiment mathematical planning methods. The processing of experimental results was carried out with the help of the computer.

As a result of researches the technological processes for polyester-acrylic yarn production has been developed. Imitating models of drawing process in the one-zoned drawing device, and also technological process of production of a yarn by pneumomechanical method has been developed. Dependence between parameters value of refueling of the tape machine and evenness the drawn polyester-acrylic fibrous product has been defined. Dependence between parameters of work of the pneumomechanical spinning machine and properties of the polyester-acrylic yarn has been defined, optimum parameters value of refueling of the pneumomechanical spinning machine for polyester-acrylic yarn production has been defined.

Developed technology for polyester-acrylic yarn production of linear density 30-80 tex is realized at GRUPP «Gronytex».



КАЗАКОВ ВАДИМ ЕВГЕНЬЕВИЧ

Технологические процессы получения лавсано-нитроновой пряжи

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

---

Подписано в печать 09.03.04. Формат 60×84/16. Печать ксероксная.  
Уч.-изд. л. 1.5. Усл. печ. л. 1.4. Тираж 60 экз. Заказ 141. Бесплатно.

---

Отпечатано на ризографе ЦИТ УО "ВГТУ".  
Лицензия № 02330/0133005 от 01.04.2004 г.  
210035, г. Витебск, Московский пр-т, 72