



ЕГОРОВ НИКОЛАЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ

**Анализ структур огнезащитных тканей
из арамидных нитей и особенности
их изготовления на современном ткацком станке**

Специальность 05.19.02 -

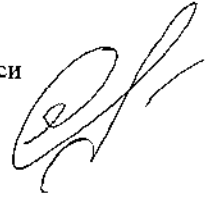
Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва – 2010 г.

- 2 ДЕК 2010

На правах рукописи



ЕГОРОВ НИКОЛАЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ

**Анализ структур огнезащитных тканей
из арамидных нитей и особенности
их изготовления на современном ткацком станке**

**Специальность 05.19.02 -
Технология и первичная обработка текстильных материалов и сырья**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Москва – 2010 г.

Работа выполнена на кафедре механической технологии волокнистых материалов Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный текстильный университет имени А.Н.Косыгина» .

Научный руководитель	доктор технических наук, профессор Щербаков Виктор Петрович
Официальные оппоненты	доктор технических наук, профессор Жихарев Александр Павлович кандидат технических наук, доцент Рыбаулина Ирина Викторовна
Ведущая организация	Государственное образовательное учреждение высшего профессио- нального образования «Ивановская государственная текстильная академия»

Защита диссертации состоится «16» декабря 2010 года в «10» часов на заседании диссертационного совета Д 212.139.02 при Московском государственном текстильном университете имени А.Н.Косыгина по адресу: 119071, Москва, Малая Калужская улица, дом 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный текстильный университет имени А.Н.Косыгина».

Автореферат разослан «11» ноября 2010 года

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.139.02, доктор
технических наук, профессор



Ю.С.Шустов

АННОТАЦИЯ

В диссертационной работе изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований. Предложен новый метод определения изгибной жесткости текстильных нитей; определена изгибная жесткость арамидных нитей различной линейной плотности. Определены параметры долговечности арамидных нитей различной линейной плотности. На основе критерия длительной прочности В. Москвитина проведена оценка напряженности заправочных огнезащитных тканей из высокопрочных арамидных нитей «Русар»; на аналитическом уровне доказана возможность переработки этих нитей на современном технологическом оборудовании. На основе нелинейной механики упругих стержней определены рациональные параметры строения огнезащитных тканей из арамидных нитей. Получены математические модели натяжения основы и утка в различные периоды тканеформирования, основных параметров строения и свойств тканей в зависимости от основных технологических параметров, что позволяет прогнозировать напряженность заправочных и качество тканей. Установлено, что наибольшее влияние на условия формирования и качество тканей оказывает заправочное натяжение основы. Показана эффективность использования в качестве уточных паковок бобин сомкнутой намотки. На основе бинарной причинно-следственной теории информации построены графы причинно-следственных связей между полуцикловыми характеристиками, линейной плотностью и круткой различных арамидных нитей; построены ориентированные причинно-следственные графы. Установка оптимальных технологических параметров обеспечивает изготовление тканей с приемлемой обрывностью, рационального строения и высокими показателями физико-механических свойств.

АВТОР ЗАЩИЩАЕТ:

1. Метод исследования параметров строения и свойств огнезащитных тканей из арамидных нитей «Русар»;
2. Методику прогнозирования строения огнезащитных тканей в зависимости от технологических параметров их изготовления и свойств используемых нитей;
3. Структуры огнезащитных тканей из арамидных нитей Русар;
4. Причинно-следственные связи между технологическими параметрами изготовления углеродных тканей и параметров их строения;
5. Целесообразность использования бобин сомкнутой намотки уточных нитей для улучшения их сматывания;
6. Математические модели для расчета основных параметров строения и свойств исследуемой ткани в зависимости от технологических параметров ее изготовления на ткацком станке.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы Конкурентоспособность продукции текстильных предприятий в современных условиях обеспечивается оперативной сменой ассортимента, низкой себестоимостью, а также выпуском тканей с заданными структурными и физико-механическими свойствами. Поскольку качество тканей проявляется через потребительские свойства, глубокое изучение зависимости этих свойств от структуры ткани, сырьевого состава нитей и условий формирова-

ния данной ткани на станке представляет большой практический и теоретический интерес, так как отсутствуют научно-обоснованные методы регулирования потребительских свойств тканей.

Необходимо знать зависимость между параметрами заправки ткацкого станка и строением ткани. В настоящее время предприятия не располагают подобными данными, и поэтому успешная организация процесса ткачества во многом зависит от квалификации мастеров, помощников мастеров и ткачей. Особенно остро это ощущается при изготовлении дорогостоящего ассортимента тканей технического назначения. В этой связи разработка новых огнезащитных тканей из арамидных нитей, исследование их строения и свойств представляется актуальной задачей.

Целью данной работы является анализ структур огнезащитных тканей из арамидных нитей Русар и оптимизация технологии их изготовления на современном технологическом оборудовании.

Задачами данного исследования являются:

- установление взаимосвязи между параметрами строения ткани и технологическими параметрами ее выработки на современном технологическом оборудовании;
- оценка напряженности выработки ткани технического назначения из арамидных нитей на современном технологическом оборудовании;
- исследование свойств и структуры огнезащитных тканей из арамидных нитей.

Методика данного научного исследования включает проведение теоретических и экспериментальных исследований. Теоретические исследования основаны на использовании современных научных теорий механики нити, теории накопления повреждений, нелинейной механики упругих стержней. Экспериментальные исследования проводились в ткацком производстве ЗАО «Передовая текстильщица» г. Королев, в лабораториях кафедр механической технологии волокнистых материалов и ткачества Московского государственного текстильного университета имени А.Н.Косыгина. Используются стандартные приборы для определения свойств нитей и тканей, а также тензометрическая аппаратура. При обработке экспериментальных данных использовались современные методы статистики, причинного анализа. При проведении работы широко использовалась современная вычислительная техника.

Научная новизна работы заключается в том, что:

- теоретически доказана возможность изготовления исследуемых тканей на основе использования критерия длительной прочности Москвитина;
- предложен новый метод определения долговечности текстильных нитей, определены параметры долговечности исследуемых нитей;
- разработан новый метод определения изгибной жесткости нитей и рассчитана изгибная жесткость для исследуемых арамидных нитей.
- установлена взаимосвязь между технологическими параметрами, параметрами заправки, параметрами строения огнезащитных тканей и свойствами используемых нитей для прогнозирования заданных свойств вырабатываемых тканей;

– обосновано эффективное использование в качестве уточных паковок – конических бобины сомкнутой намотки, обеспечивающие нормальный процесс сматывания с бобины во время прокладывания утка на ткацком станке;

Практическая значимость работы заключается в том, что:

– проведен расчет параметров строения огнезащитных тканей по микросрезам, сканированным на ЭВМ;

– исследованы основные свойства и параметры строения исследуемых тканей, что позволяет прогнозировать их дальнейшее использование в различных конструкциях;

– проанализировано напряженно-деформированное состояние заправки ткацкого станка, исследовано натяжение основы и утка в различные периоды тканеформирования;

– определены оптимальные технологические параметры изготовления тканей.

Апробация работы.

Основные положения диссертации обсуждались на заседании кафедры механической технологии волокнистых материалов МГТУ им. Косыгина (2009, 2010 гг.). Результаты диссертационной работы доложены на международных научно-технических конференциях «ТЕКСТИЛЬ-2009», «ТЕКСТИЛЬ-2010» (г. Москва), «ПРОГРЕСС-2010 (г. Иваново), «ЛЕН-2008» (г. Кострома). Опубликовано 9 работ.

Структура и объем диссертации Работа изложена на 182 страницах машинописного текста, состоит из введения, 6 глав, общих выводов по работе, списка использованных источников из 102 наименований на 9 стр, 4 приложений на 12 стр., содержит 45 таблиц, 19 рисунков.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, отражена научная новизна и практическая значимость результатов.

Первая глава посвящена состоянию вопроса. Все работы, тесно связанные с темой диссертации, рассматривались по следующим направлениям: работы, связанные с изготовлением тканей технического назначения; работы, связанные с оценкой напряженности заправки ткацкого станка; работы, связанные с установлением взаимосвязи между технологическими параметрами изготовления тканей и параметрами их структуры

В работе критически проанализированы исследования многих ученых, внесших существенный вклад в решение рассматриваемых вопросов, среди них работы профессоров В.А.Гордеева, Е.Д.Ефремова, П.В.Власова, С.Д.Николаева, С.С.Юхина, В.П.Щербакова, А.А.Мартыновой, И.Н.Панина, Г.В.Степанова, Ю.Ф.Ерохина, Т.Ю.Каревой и других ученых.

Анализ литературных источников позволил подтвердить актуальность выбранной темы, отметить ее научную значимость и практическую ценность.

Вторая глава посвящена маркетинговым исследованиям рынка огнестойких волокон и тканей на их основе. Изучены волокна и нити, используемые в качестве сырья при производстве огнезащитных текстильных материалов, тек-

стильные материалы с огнезащитными свойствами. Исследованы свойства основных огнезащитных тканей, области применения и требования, применяемые к ним, проанализирована продукция некоторых основных разработчиков огнезащитных тканей и изделий на их основе. Проанализированы нормы пожарной безопасности для одежды пожарного.

Третья глава посвящена теоретическим исследованиям по прогнозированию строения и условий изготовления огнезащитных тканей.

Предложен новый метод расчета жесткости нити при изгибе. На рис. 1 показана упругая линия, полученная при изгибе закрепленной консольной нити.

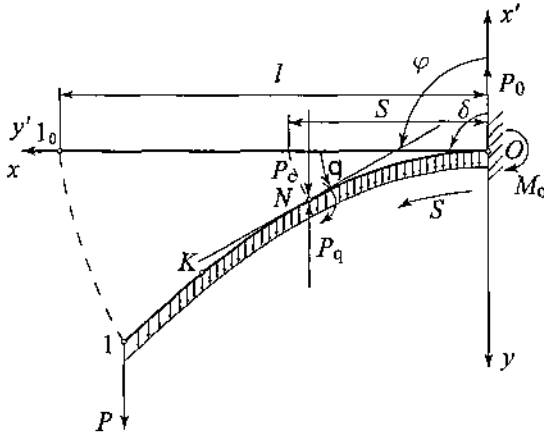


Рис. 1. Упругая линия при изгибе.

На свободном конце приложена сосредоточенная сила P , перемещающаяся при изгибе поступательно, сохраняя перпендикулярность к первоначальной прямоугольной оси. По всей длине дуги s упругой линии приложена распределенная силовая нагрузка $q(s)$, обусловленная весом нити. Введем систему координат x, y , ориентированную по касательной и нормали к упругой линии в заделке, и систему x', y' , ориентированную по направлению силы, приложенной в начальной точке O . Точное уравнение равновесия упругой линии в общем случае записывается в безразмерном виде:

$$l^2 \frac{d^2 \varphi}{ds^2} = -\omega_c^2 \sin^2 \varphi - \omega_q^2 \sin^2 \varphi. \quad (1)$$

Здесь обозначены $\frac{P_c}{H} = \frac{\omega_c^2}{l^2}$ и $\frac{P_q}{H} = \frac{\omega_q^2}{l^2}$. Решение уравнения (1) в случае действия только сосредоточенной нагрузки P хорошо известно.

Сложнее обстоит дело, когда в правой части присутствует член, являющийся функцией дуговой координаты s , а именно $\omega_q^2 = \frac{ql^2 s}{H}$. Если в первом случае решение сводится к эллиптическим интегралам, то здесь возможно только чис-

ленное решение. Конечно, эллиптические интегралы не приводятся к квадратам, но приведение дифференциального уравнения к интегралам Лежандра и последующее их вычисление намного проще, чем численное решение исходного уравнения. В связи с этим заменим распределенную нагрузку, действующую на длине l и представляющую собой вес изгибаемых под действием приложенной на свободном конце консоли силы P_1 , равнодействующей P_2 . Получим схему изгиба нити двумя сосредоточенными силами, представленную на рис. 2.

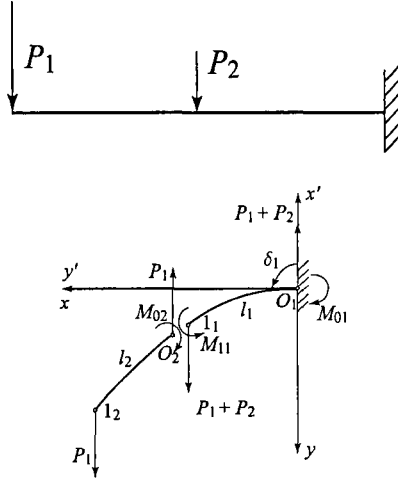


Рис. 2. Изгиб нити двумя сосредоточенными силами.

Тогда необходимо решать две взаимосвязанные различные задачи. Обозначим через $F(\alpha)$ эллиптический интеграл первого рода $F(\alpha) = \int_0^{\alpha} \frac{d\alpha}{\sqrt{1-k^2 \sin^2 \alpha}}$ и через $E(\alpha)$ эллиптический интеграл второго рода

$$E(\alpha) = \int_0^{\alpha} \sqrt{1-k^2 \sin^2 \alpha} d\alpha. \text{ Три уравнения}$$

$$2k \cos \alpha_1 = 0, \quad (2)$$

$$k \sin \alpha_0 = \sin 45^\circ, \quad (3)$$

$$F(\alpha_1) - F(\alpha_0) = \sqrt{\frac{Pl^2}{H}}. \quad (4)$$

Когда нить изгибается двумя сосредоточенными силами, получаем два участка, при этом каждый из них соответствует условиям, рассмотренным в предыдущей задаче. Здесь известны следующие соотношения:

$\omega_1 = \sqrt{\frac{(P_1 + P_2)l_1^2}{H}}$, $\omega_2 = \sqrt{\frac{P_1 l_2^2}{H}}$, $\delta_1 = \delta_2 = 90^\circ$, $\varphi_{01} = 90^\circ$, $M_{12} = 0$. Также из условия стыковки первого и второго участков имеем $M_{02} = M_{11}$, $\vartheta_{02} = \vartheta_{11}$. Кроме того, известны еще два выражения

$$\varphi_{02} = \varphi_{11}, \quad \frac{\omega_{02}}{\omega_{11}} = \sqrt{\frac{P_1 + P_2}{P_1}}. \quad (5)$$

Таким образом, для нахождения шести эллиптических параметров $k_1, \alpha_{01}, \alpha_{11}$ для первого участка и $k_2, \alpha_{02}, \alpha_{12}$ для второго можно записать шесть уравнений:

$$\begin{aligned} \alpha_{12} &= 90^\circ, \quad k_1 \sin \alpha_{01} = 0,707, \\ F(\alpha_{11}) - F(\alpha_{01}) &= \omega_1, \quad F(k_2) - F(\alpha_{02}) = \omega_2, \\ k_2 \cos \alpha_{02} &= k_1 \cos \alpha_{11}, \quad k_2 \sin \alpha_{02} = k_1 \sin \alpha_{11}. \end{aligned} \quad (6)$$

При измеренной длине $l_1 + l_2$, экспериментально определенном весе нитей вместе с сосредоточенным весом пластины и измеренной координате y_1 центра тяжести пластины вычисляется жесткость всех изгибаемых нитей H , модули эллиптических интегралов k_1, k_2 и их амплитуда $\alpha_{01}, \alpha_{11}, \alpha_{02}$.

Экспериментальное определение жесткости нити заключается: в подготовке образца нитей с пластиной на конце, в измерении прогиба нитей по рассмотренной модели (рис.2), в решении системы уравнений. При подготовке образца на мотовиле наматывается 50 витков испытываемой нити. На полученную полоску нитей неусаживающимся клеем (эпоксидный клей) наклеивается рамка из плотной бумаги (ватман). После высыхания клея полоска нитей обрезается так, чтобы концы нитей не выступали за контур рамки.

Непосредственно перед испытанием боковые стороны рамки, не скрепленные с нитями, обрезаются. Затем от одной из полосок с наклеенными нитями отрезается полоска такой ширины, чтобы полученный образец, удерживаемый горизонтально за широкую полоску, имел прогиб свободного конца не менее $1/3$ от длины консоли. Подготовленный образец зажимается за широкую полоску в горизонтальном зажиме и фотографируется с помощью цифровой фотокамеры. Для устранения влияния собственного изгиба нитей производится повторное фотографирование образца после его переверота верхней стороной вниз. После этого от образца отрезается зажимаемая полоска, и оставшаяся часть образца взвешивается на торсионных весах. Результаты взвешивания заносятся в таблицу. Полученные фотографии обрабатываются на компьютере с помощью графического редактора (рис. 3).

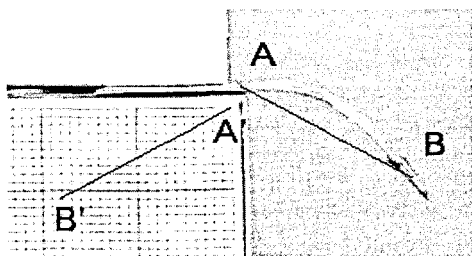


Рис. 3. Фотография изогнутой нити.

При этом измеряется координата центра наклеенной полоски, висящей консолю. С этой целью точка начала консоли A соединяется прямой линией с

центром B полоски. Полученная линия зеркально отражается вокруг вертикальной оси и точка A совмещается с началом масштабной сетки A' . С помощью масштабной сетки определяются координаты X и Y точки B' ,

Одним из основных понятий развивающегося во времени феноменологического процесса разрушения является долговечность – время, необходимое для разрушения образца при постоянном напряжении. При исследовании долговечности материала испытывают несколько одинаковых образцов при различных напряжениях и устанавливают время, необходимое для разрушения каждого образца. По результатам испытаний строят график зависимости времени до разрушения t_* при постоянном напряжении σ_0 от уровня этого напряжения.

Если напряжение в исследуемом интервале изменяется непрерывно, то, переходя от суммы к интегралу, получим

$$\int_{t_0}^{t_*} \frac{dt}{[\sigma(t)]} = 1, \quad (7)$$

где t_* – время до разрушения при постоянных напряжениях, равных мгновенным значениям $\sigma(t)$.

Формула

$$\frac{B^{1+n}}{1+n} = \int_0^{t_*} (t_* - \tau)^n \sigma^{n(1+n)}(\tau) d\tau. \quad (8)$$

получена В.В. Москвитиным и является критерием длительной прочности, определяющим время до разрушения t_* при заданном законе нагружения $\sigma(t)$ и экспериментально определяемой функции долговечности $t_* = t_*(\sigma_0)$.

Любой критерий прочности предполагает знание параметров долговечности b и B . При исследовании долговечности испытывают образцы материала при статической нагрузке и устанавливают время, необходимое для их разрушения. На основе испытательной машины $FP-100/1$ разработан способ и создана установка для измерения времени до разрушения нити. Испытанию подвергнута нить Русар различной линейной плотности. Каждой i -ой величине нагрузки соответствуют 30 опытов, и приведенные величины долговечности вычислены как сред-

ние из 30 повторностей. Напряжения σ в ГПа определены по формуле $\sigma = \frac{P}{T} \rho$, где ρ – плотность пряжи, г/см³. Общепринятым при решении задач выравнивания или сглаживания является метод наименьших квадратов:

$$\sum_{i=1}^n (t_{*i} - B\sigma_{0i}^{-n})^2 \rightarrow \min. \quad (9)$$

Обычно подбор параметров нелинейной функции сводится к ее линеаризации и в дальнейшем используется хорошо разработанный аппарат линейной регрессии. В частном случае степенная функция линеаризуется ее логарифмированием. В работе определены параметры долговечности для семи видов нитей: нить линейной плотности 29,4 текс, количество элементарных нитей 200 (ТУ 2272-036-51605609-2003); нить линейной плотности 29,4 текс для огнестойкой технической ткани, количество элементарных нитей 200, термообработанная (ТУ 2272-037-51605609-2003); нить линейной плотности 29,4 текс, крутка «0» (ТУ 2272-

024-51605609-2001); нить линейной плотности 58,8 текс, количество элементарных нитей 300 (ТУ 2272-036-51605609-2003); нить линейной плотности 58,8 текс, термовытянутая, количество элементарных нитей 300; нить линейной плотности 100 текс, количество элементарных нитей 600 (ТУ2272-013-51605609-2007); нить линейной плотности 14,3 текс, количество элементарных нитей 60 (ТУ2272-003-51605609-2005).

Проведена оценка напряженности изготовления арамидных тканей. В этом случае используются критерии длительной прочности, который позволяет оценить напряженно-деформированное состояние нитей на ткацком станке.

В нашей работе использован критерий В.Москвитина.

Коэффициент повреждаемости нити основы можно рассчитать по следующей формуле:

$$\eta = (m+1) \int_0^t (t-\tau)^m \frac{d\tau}{t^{1+m} [\sigma(\tau)]} \quad (10)$$

В работе использован степенной закон, связывающий напряжение нити и время разрушения:

$$t = B\sigma^{-b} \quad (11)$$

С учетом степенной зависимости критерий Москвитина принимает следующий вид

$$\eta = \frac{1+m}{B^{1+m}} \int_0^t (t-\tau) \sigma^{(1+m)b}(\tau) d\tau \quad (12)$$

Коэффициент повреждаемости может быть рассчитан по следующим формулам:

при постоянном напряжении –

$$\eta = \frac{t^{m+1} \sigma^{(1+m)b}}{B^{1+m}} \quad (13)$$

Расчеты коэффициента повреждаемости показали, что исследуемые ткани можно выработать на современном ткацком станке.

Проведен расчет параметров строения тканей. В работе для этой цели использована нелинейная теория изгиба упругих стержней. Большинство задач изгиба можно решить, если знать решение задачи поперечного и продольно-поперечного изгиба консоли.

Рассмотрена схема поперечного изгиба нитей (рис. 4).

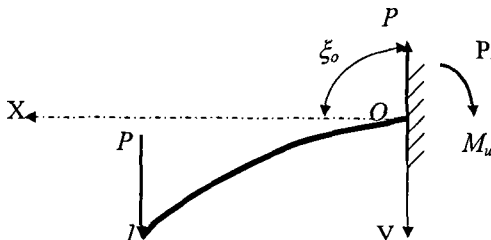


Рис. 4. Схема поперечного изгиба нитей.

Сила P в процессе изгиба перемещается поступательно, сохраняя перпендикулярность к первоначальной оси нити.

Рассмотрена схема продольно-поперечного изгиба консольного стержня (нити в ткани) – рис. 5.

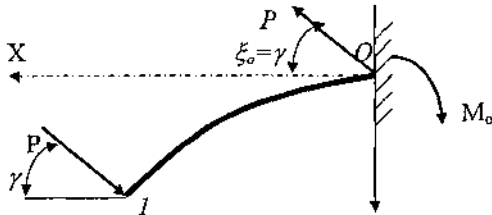


Рис. 5. Схема продольно-поперечного изгиба нитей.

Решения этих задач известно. Решения, полученные ранее, можно использовать и для решения задачи изгиба по схеме, показанной на рис. 6. На схеме упругая линия разбита на четыре части. Тогда участок 01 на рис. 3.7 будет подобен участку 01 на рис. 3.6.

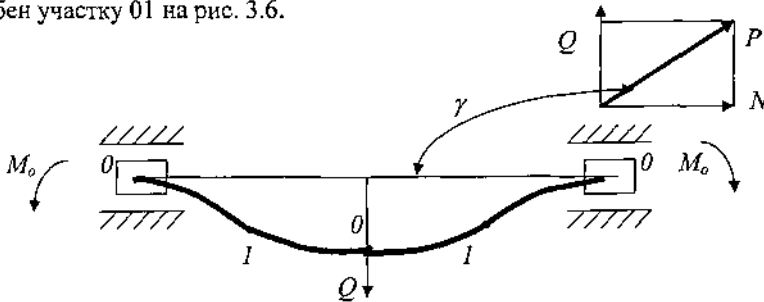


Рис. 6. Схема изгиба нити в ткани.

В работе решение задачи проводилось методом упругих параметров, который представляется более приемлемым и наиболее простым. В общем виде точный метод решения задачи для всех рассмотренных схем имеет следующий вид:

$$\frac{h_o}{L} = \frac{\eta_o'' \cos \gamma - \xi_o'' \cos \gamma}{B} \quad (14)$$

$$B = \sqrt{\frac{PL^2}{EI}} \quad (15)$$

где h_o - половина высоты волны изгиба нити; η_o'' , ξ_o'' - упругие параметры; L - расстояние между соседними нитями в местах изгиба нитей; P - результирующая сила; E - модуль упругости нити; I - момент инерции сечения нитей.

В работе проведен расчет параметров строения для арамидных огнезащитных тканей, вырабатываемых на ЗАО «КШФ «Передовая текстильщица». Характеристика тканей представлена в таблице.

№ п/п	Артикул ткани	Переплетение	Плотности ткани, нит/дм		Линейные плотности нитей, текс	
			основы	утка	по основе	по утку
1	84127	Саржа 3/3	24	24	29,4	29,4
2	86146	полотно	11	11	110	110
3	86211-09	полотно	11	14	110	62,5
4	86294-05	полотно	25,5	26	29,4	29,4
5	5356	Саржа 1/2	18	18,5	58,4	58,4
6	56313	Атлас 8/3	30	28	14,3	14,3

На основе полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- на основе нелинейной теории изгиба упругих стержней проведен расчет параметров строения арамидных огнезащитных тканей.

- по методике, разработанной на кафедре ткачества МГТУ им.А.Н.Косыгина, по микросрезам ткани определены параметры строения арамидных тканей.

- сравнительный анализ расчетных и экспериментальных данных дает хорошую сходимость результатов.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям натяжения основы и утка.

Проведен выбор датчиков омического сопротивления для измерения натяжения основных и уточных нитей при изготовлении арамидных тканей на бесчелночном ткацком станке СТБ.

Основными особенностями изменения натяжения основы на ткацких станках являются следующие: характер изменения натяжения основы, пробранной в одну ремизку, повторяется через число прокидок, равным раппорту ткани по утку; характер изменения среднего натяжения нитей основы практически повторяется через каждую прокидку; натяжение основных нитей, пробранных в первые ремизки, больше натяжения нитей основы, пробранных в последние ремизки; величина заправочного натяжения нитей основы, пробранных в различные ремизки, примерно одинакова; натяжение нитей основы при прибое превышает натяжение нитей при полном открытии зева; процесс прибоа уточной нити к опухке ткани вызывает колебания натяжения нитей;

Установлено, что: использование бобин сомкнутой намотки облегчает процесс прокладывания утка в зеве; уровень натяжения утка при его прокладывании определяет линейная плотность используемых уточных нитей, плотности ткани по основе и по утку не оказывают существенного влияния на натяжение утка; с увеличением линейной плотности натяжение утка в вершине баллона увеличивается; наилучшие условия сматывания достигаются при использовании конической бобины сомкнутой намотки, наихудшие – при использовании цилиндрической бобины.

Пятая глава посвящена экспериментальным исследованиям свойств и строения тканей.

Исследованы полуцикловые свойства огнезащитных тканей; разрывная нагрузка полосок ткани в пересчете на одну нить больше разрывной нагрузки нитей основы и утка до ткачества; разрывное удлинение полосок ткани небольшое. Ис-

следованы полуцикловые свойства нитей, вынутых из ткани. Исследована стойкость тканей к истиранию.

Исследованы параметры строения ткани (урработки основных и уточных нитей, толщина, порядок фазы строения и поверхностная плотность тканей); экспериментальные данные хорошо коррелируют с расчетными, что свидетельствует о том, что предложенные методы расчета параметров строения тканей эффективны. Строение ткани изучалось на ЭВМ по методике, разработанной на кафедре качества МГТУ им.А.Н.Косыгина. Микросрезы тканей, подготовленные по стандартной методике сканировались на ЭВМ и по ранее разработанной программе на ЭВМ проводился расчет всех необходимых параметров строения тканей.

В данной главе проведены исследования по установлению причинно-следственных связей. Существующие методы (планирование эксперимента, корреляционный анализ) не всегда дают хорошие результаты, так как в конечном итоге присутствуют так называемые "эффекты сопутствия" влияния различных входных параметров. Кроме того, необходимо при проведении экспериментальных исследованиях факторы варьировать в строго определенных пределах, что сложно в производстве. В данной работе используется бинарная причинно-следственная теория информации, основанная на предпосылках Шеннона.

Предлагается использовать следующее соотношение: $I_{12}:H_1 > I_{21}:H_2$ то $2 \rightarrow 1$, где J, H - соответственно информация и энтропия распределения вероятностей случайных величин. Поскольку $I_{12}=I_{21}$, то если $H_1 < H_2$, то $2 \rightarrow 1$.

Величину энтропии распределения вероятностей для случайной одномерной величины можно определить по формуле:

$$H_i = \sum_1^k P(X_{ki}) \log_2 P(X_{ki}) \quad , \quad (16)$$

где $P(X_{ki})$ - вероятность состояний случайной величины X_{ki} .

Величина информации между i -ым и j -ым факторами определится по формуле

$$I_{ij} = \sum_1^{k,r} P(X_{ki}, X_{rj}) \log_2 \frac{P(X_{ki}, X_{rj})}{P(X_{ki}) P(X_{rj})} \quad . \quad (17)$$

где $P(X_{rj})$ - вероятность состояний случайной величины X_{rj} ; $P(X_{ki}, X_{rj})$ – вероятность состояний случайных величин X_{ki} и X_{rj} .

Для функционалов энтропии и информации справедливо следующее равенство:

$$\Gamma_{ij} = I_{ij} : H_i \quad (18)$$

где Γ_{ij} - коэффициент причинного влияния j -ого фактора на i -ый.

При статистической независимости переменных X_i, X_j парный коэффициент причинного влияния Γ_{ij} равен 0, при $\Gamma_{ii}=1$ существует наличие строгой детерминированности следствия причиной.

Однако парные коэффициенты Γ_{ij} не могут служить мерой истинной тесноты связи между факторами. Такой мерой могут служить частные коэффициенты причинного влияния g_{ij} , причем $\sum \Gamma_{ij} > \sum g_{ij}$. Разность $\Gamma_{ij}-g_{ij}$ может служить оценкой косвенного причинного влияния X_j на X_i .

Расчет энтропии, информации и парных коэффициентов причинного влияния проведен по программе, составленной на кафедре ткачества МГТУ имени А.Н.Косыгина на ЭВМ. Расчет частных коэффициентов причинного влияния проведен при использовании стандартной программы "Эврика". Известно, что разрывная нагрузка, разрывное удлинение, крутка и линейная плотность нитей взаимосвязаны. В работе установлены причинно-следственные связи между разрывной нагрузкой нити (X_1), разрывным удлинением нити (X_2), линейной плотностью нити (X_3) и круткой нити (X_4) для арамидных нитей линейной плотности 14,3; 29,4; 58,8 и 100 текс.

Анализ полученной информационной структурной модели взаимосвязи между исследуемыми параметрами дает новые углубленные представления о процессе. Крутка нити существенным образом определяет линейную плотность нити, крутка и линейная плотность в наибольшей степени определяет разрывное удлинение нити, а крутка, линейная плотность и разрывное удлинение нити определяет разрывную нагрузку нити.

Шестая глава посвящена оптимизации технологического процесса изготовления исследуемых шести тканей. В работе:

определены факторы, в наибольшей степени влияющие на процесс формирования ткани, свойства и качество тканей – заправочное натяжение основных нитей, величина угла заступа;

выбраны критерии оптимизации технологического процесса изготовления огнезащитных тканей из арамидных нитей: уработки основных и уточных нитей и поверхностная плотность ткани;

для оптимизации технологического процесса ткачества использован один из методов планирования и анализа эксперимента – полный факторный эксперимент ПФЭ 2^2 ;

определены оптимальные технологические параметры изготовления огнезащитных тканей на бесчелючных ткацких станках СТБ и рапирном ткацком станке фирмы «Дорнье»;

установка оптимальных технологических параметров обеспечивает изготовление тканей с приемлемой обрывностью, рационального строения и высокими показателями физико-механических свойств;

Расчетный годовой экономический эффект от использования оптимальных параметров для шести исследуемых тканей в пересчете на 1 станок при двухсменном режиме работы предприятия составляет от 98 до 461 тыс.руб.

В приложении приведен акт о внедрении результатов работы в учебный процесс и программы расчета параметров на ЭВМ.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Предложен новый метод определения изгибной жесткости текстильных нитей; определена изгибная жесткость арамидных нитей различной линейной плотности.

2. Определены параметры долговечности арамидных нитей различной линейной плотности.

2. На основе критерия длительной прочности В. Москвитина проведена оценка напряженности заправок огнезащитных тканей из высокопрочных ара-

мидных нитей «Русар»; на аналитическом уровне доказана возможность переработки этих нитей на современном технологическом оборудовании.

3. На основе нелинейной механики упругих стержней определены рациональные параметры строения огнезащитных тканей из арамидных нитей.

6. Получены математические модели натяжения основы и утка в различные периоды тканеформирования, основных параметров строения и свойств тканей в зависимости от основных технологических параметров, что позволяет прогнозировать напряженность заправок и качество тканей. Установлено, что наибольшее влияние на условия формирования и качество тканей оказывает заправочное натяжение основы.

7. Показана эффективность использования в качестве уточных паковок бобин сомкнутой намотки.

8. На основе бинарной причинно-следственной теории информации построены графы причинно-следственных связей между полуцикловыми характеристиками, линейной плотностью и круткой различных арамидных нитей; построены ориентированные причинно-следственные графы.

9. Установка оптимальных технологических параметров обеспечивает изготовление тканей с приемлемой обрывностью, рационального строения и высокими показателями физико-механических свойств

10. Расчетный годовой экономический эффект от использования оптимальных параметров для шести исследуемых тканей в пересчете на 1 станок при двухсменном режиме работы предприятия составляет от 98 до 461 тыс.руб.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАБОТЕ.

1. Для оценки напряженности заправок ткацких станков целесообразно использовать метод расчета повреждаемости основных нитей с использованием критерия длительной прочности В.Москвитина

2. Для расчета изгибной жесткости арамидных нитей целесообразно использовать предложенную нами методику.

3. Для расчета рационального строения тканей целесообразно использовать предложенную методику на основе нелинейной теории изгиба упругих стержней.

4. Для прогнозирования условий изготовления хлопчатобумажных тканей, их строения и свойств необходимо использовать полученные математические модели.

5. С целью получения тканей с наилучшими физико-механическими показателями и наименьшей обрывностью на ткацком станке необходимо установить разработанные оптимальные технологические параметры:

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Н.В. Егоров, В.П. Щербаков. Определение параметров строения арамидных огнезащитных тканей, Ж. Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2010 г., №3.

2. Н.В.Егоров, В.П.Щербаков. Новый метод расчета жесткости нити при изгибе. Ж. Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2010 г., №5.

3. Н.В. Егоров, В.П. Щербаков. Исследование свойств нитей Русар для изготовления технических тканей, Ж. Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2010 г., №6.

4. Н.В.Егоров, В.П.Щербаков. Экспериментальное определение и расчет параметров долговечности. Сборник научных трудов аспирантов, 2010, №17.

5. Н.В.Егоров. Расчет параметров строения тканей из арамидных нитей. Международная научно-техническая конференция «Современные наукоемкие инновационные технологии развития промышленности региона (ЛЕН-2008)», 2008 г., Кострома.

6. Н.В.Егоров. Анализ напряженности заправки ткацкого станка при изготовлении технических тканей. Межвузовская научно-техническая конференция «Студенты и молодые ученые КГТУ – производству», 2008, г.Кострома.

7. Н.В.Егоров. Оценка напряженности заправки огнезащитных тканей из арамидных нитей на ткацком станке. Международная научно-техническая конференция «ТЕКСТИЛЬ-2009».

8. Н.В.Егоров, В.П.Щербаков. Разработка огнезащитных тканей. Международная научно-техническая конференция «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (ПРО-ГРЕСС-2010), Иваново.

9. Н.В.Егоров, В.П.Щербаков. Определение жесткости параарамидной нити при изгибе. Международная научно-техническая конференция «ТЕКСТИЛЬ-2010».