

**ИЗ ФОНДОВ РОССИЙСКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ БИБЛИОТЕКИ**

**На правах рукописи**

**Николаева Наталья Алексеевна**

**Разработка оптимальных технологических параметров  
изготовления тканей на основе использования  
котонированного льна**

Специальность 05.19.02

АВТОРЕФЕРАТ

**Москва - 2004**

**КОНТРОЛЬНЫЙ ЭКЗ.**

На правах рукописи



**НИКОЛАЕВА НАТАЛЬЯ АЛЕКСЕЕВНА**

**РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПАРАМЕТРОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТКАНЕЙ НА ОСНОВЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОТОНИРОВАННОГО ЛЬНА**

Специальность 05.19.02  
Технология и первичная обработка  
текстильных материалов и сырья

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

Москва - 2004 г.

Работа выполнена в Московском государственном текстильном университете имени А.Н.Косыгина

Научный руководитель -  
доктор технических наук, профессор  
ЮХИН СЕРГЕЙ СЕМЕНОВИЧ

Официальные оппоненты:  
доктор технических наук, профессор  
ЩЕРБАКОВ ВИКТОР ПЕТРОВИЧ

кандидат технических наук, доцент  
НАЗАРОВА МАРГАРИТА ВЛАДИМИРОВНА

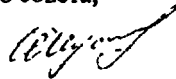
Ведущая организация -  
ООО "ТОРГОВЫЙ ДОМ  
«ИСТОМКИНСКАЯ ТЕКСТИЛЬНАЯ КОМПАНИЯ»

Защита состоится " " \_\_\_\_\_ 2004 года в \_\_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета К 212.139.01 в Московском государственном текстильном университете имени А.Н.Косыгина по адресу: 119991 Москва, Малая Калужская, 1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного текстильного университета имени А.Н.Косыгина

Автореферат разослан " " \_\_\_\_\_ 2004 года.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор технических наук, доцент



Ю.С.ШУСТОВ

## АННОТАЦИЯ

Диссертационная работа посвящена разработке оптимальных технологических параметров изготовления тканей с использованием котонированного льна современном отечественном оборудовании.

Автором:

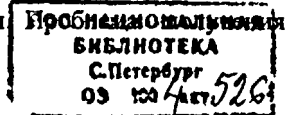
- теоретически доказана возможность изготовления данной группы тканей на современном технологическом оборудовании на основании использования критерия длительной прочности Бейли и анализа свойств используемых нитей;
- разработаны методы расчета повреждаемости основных нитей, обрывности основных и уточных нитей, параметры строения тканей;
- исследовано натяжение основных и уточных нитей при изготовлении тканей;
- разработаны математические модели влияния" технологических параметров на натяжение нитей основы и утка в основные периоды тканеформирования, основные параметры строения и свойства тканей;
- на основе бинарной причинно-следственной теории информации определены свойства нитей основы, по которым можно прогнозировать условия формирования тканей, и технологические параметры, определяющие условия тканеформирования;
- определены оптимальные технологические параметры изготовления тканей на станках СТБ.

Автор защищает:

1. Расчеты напряженности заправочных ткацких станков на основе критерия длительной прочности Бейли;
2. Расчеты обрывности нитей основы и утка по заданным физико-механическим свойствам;
3. Метод расчета рациональных параметров строения тканей с учетом технологии их изготовления;
4. Оптимальные технологические параметры изготовления тканей с использованием пряжи из котонированного льна на бесчелночных ткацких станках СТБ;
5. Экспериментальные математические модели влияния технологических параметров изготовления тканей на натяжение нитей основы и утка в основные периоды тканеформирования, физико-механические свойства и строение тканей;
6. Графы причинно-следственных связей, определяющие основные свойства используемых нитей и технологические параметры, которые влияют на условия формирования хлопчатобумажных тканей из пряжи малой линейной плотности.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность данной работы обусловлена высококачественным ассортиментом тканей, выбранных для исследования.



тканей с хорошими гигиеническими свойствами сегодня стоит довольно остро, особенно для России, которая практически не имеет своей сырьевой базы. Данная работа проведена в соответствии с тематическим планом НИР Московского государственного текстильного университета имени А.Н.Косыгина в рамках межвузовской научной программы "Новые материалы", гранта Минобразования Российской Федерации в области текстильной и легкой промышленности 1999-2000 годов, хоздоговорной НИР с ОАО "Куровской текстиль". В качестве производственной базы был выбран один из крупнейших текстильных комбинатов России - АО "Куровской текстиль".

**Целью работы** является разработка расчетных методов для прогнозирования возможности изготовления тканей из котонированного льна, оценки напряженно-деформированного состояния нитей основы и утка на ткацком станке и строения тканей, экспериментальное подтверждение расчетных моделей и получение оптимальной технологии изготовления тканей из котонированного льна на современном технологическом оборудовании.

**Задачами исследования** являются:

- выбор критериев для прогнозирования возможности изготовления тканей из котонированного льна;
- сравнительный анализ параметров вязкоупругости хлопчатобумажной, льняной пряжи и пряжи из котонированного льна;
- теоретический расчет напряженности заправки ткацкого станка СТБ и обрывности нитей основы и утка при изготовлении хлопчатобумажных, полульняных и льняных тканей;
- расчет рациональных параметров строения хлопчатобумажных, льняных и полульняных тканей;
- установление зависимостей между технологическими параметрами, параметрами строения тканей и свойствами нитей и тканей исследуемого ассортимента;
- выявление факторов, определяющих условия изготовления, свойства и строение вырабатываемых тканей на основе бинарной причинно-следственной теории информации;
- оптимизация технологического процесса изготовления тканей из котонированного льна.

**Методика** данного научного исследования включает проведение теоретических и экспериментальных исследований. Теоретические исследования основаны на использовании современных научных теорий: строения и проектирования тканей, механики деформируемого твердого тела, накопления повреждений, кинетической теории прочности твердых тел, графов. Экспериментальные исследования проводились в производственных условиях АО "Куровской текстиль". Определение свойств и строения тканей проводилось в лабораториях этого предприятия и кафедры ткачества МГТУ имени А.Н.Косыгина. При обработке экспериментальных данных использованы современные методы статистики, анализа и планирования

эксперимента. При проведении работы широко использована современная вычислительная техника.

*Научная новизна* работы заключается в разработке следующих вопросов:

- теоретически доказана возможность переработки пряжи из котонированного льна на бесчелночных ткацких станках СТБ на основе анализа релаксационных свойств нитей, расчета повреждаемости нитей основы по критерию длительной прочности Бейли и обрывности нитей основы и утка по теории надежности;

- теоретически установлено, что наиболее эффективно пряжу из котонированного льна использовать в качестве утка;

- на основе обработки экспериментальных данных современными методами теории анализа и планирования эксперимента, бинарной причинно-следственной теории информации определены факторы, в наибольшей степени оказывающие влияние на условия изготовления исследуемых тканей, их строение и качество (технологические параметры - заправочное натяжение основы, величина заступа, положение скала относительно грудницы ткацкого станка; свойства используемых нитей основы - стойкость нитей к истиранию, выносливость нитей к многократному нагружению);

- получены математические модели для расчета основных параметров строения и свойств исследуемых тканей в зависимости от технологических параметров их изготовления на ткацком станке.

*Практическая значимость* работы заключается в разработке следующих вопросов:

- определены оптимальные технологические параметры изготовления полульняных тканей с использованием в утке пряжи из котонированного льна на бесчелночных ткацких станках СТБ, обеспечивающие минимально-возможную обрывность нитей, высокое качество тканей, их рациональное строение;

- получена возможность прогнозирования условий изготовления, свойств и строения исследуемых тканей на основе полученных математических моделей;

- рекомендованы пути стабилизации технологического процесса ткачества.

Апробация работы. Основное содержание работы докладывалось и получило одобрение на:

- всероссийских научно-технических конференциях "ТЕКСТИЛЬ", МГТУ, Москва (1998,1999,2001 г.г.);

- международной научно-технической конференции "Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-98), Иваново, 1998 г.;

- международных научно-технических конференциях "Лен", КГТУ, Кострома (1996,1998,2000);

- межвузовской научно-технической конференции "Новое в текстильной промышленности (Наука-99)", Димитровград, 1999 г.;

- научной конференции МГТУ имени А.Н.Косыгина (2001 г.);
- заседаниях кафедры ткачества Московского государственного текстильного университета имени А.Н.Косыгина (2000,2001,2002 г.г.).

Основные результаты работы опубликованы в 5 статьях и 9 тезисах научных конференций.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав с выводами, общих выводов и рекомендаций по работе, списка использованной литературы. Работа изложена на 192 страницах машинописного текста, содержит 35 рисунков и 30 таблиц. Список литературы включает 124 наименований. Приложения представлены на 30 страницах.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, ее научная новизна и практическая ценность. Сформулированы цели и задачи исследования.

**Первая глава** посвящена состоянию вопроса.

Наибольший интерес представляют собой работы ведущих ученых Московского государственного текстильного университета имени А.Н.Косыгина (проф. Николаев С.Д., проф. Мартынова А.А., проф. Юхин С.С.), Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна (проф. Гордеев В.А.), Ивановской государственной текстильной академии (проф. Ерохин Ю.Ф., проф. Степанов Г.В., проф. Ефремов Е.Д.), Костромского государственного технологического университета (проф. Лустгартен Н.В.), зарубежных ученых ближнего (проф. Велиев Ф.В., проф. Васильченко В.Г., проф. Милашюс В.М., проф. Башметов В.С.), дальнего зарубежья (проф. Шосланд Я., проф. Масайтис Й., проф. Люненшлосс Й.) и их учеников.

Ве работы, тесно связанные с темой настоящего исследования рассматривались по следующим основным направлениям:

- анализ ассортимента льняных тканей, выпускаемых в России и за рубежом;
- анализ технологических процессов и оборудования при изготовлении льняных тканей;
- исследования по анализу натяжения нитей основы и утка на ткацких станках;
- исследования по оценке напряженности заправок ткацких станков;
- исследования по взаимосвязи технологических параметров, параметров строения и свойств вырабатываемых тканей и используемых нитей;
- исследования по оптимизации технологического процесса ткачества.

Для исследования выбраны две ткани: хлопчатобумажная и полульняная (основа - хлопчатобумажная пряжа, уток - пряжа из котонированного льна). Ткани характеризуются следующими показателями: линейная плотность основы - 50 текс; линейная плотность утка - 50 текс (хлопчатобумажная пряжа) и 42 текс (льняная пряжа); плотность ткани по основе - 220 нит/дм, плотность ткани по утку - 170 нит/дм; ширина суровой ткани - 100 см.

Вторая глава посвящена теоретическим исследованиям.

Она посвящена вопросам прогнозирования напряженности заправки ткацкого станка и выбору рациональных параметров строения и оптимальных технологических параметров изготовления ткани.

Текстильные нити в работе взяты как вязкоупругие тела. Поэтому в основу определения вязкоупругих параметров взяты уравнения наследственной теории вязкоупругости.

Функции влияния подбираются таким образом, чтобы учесть наличие бесконечно большой скорости деформирования или релаксации в начальный момент нагружения, когда  $t \rightarrow 0$ , и конечную функцию процесса:  $\varepsilon = \text{const}$ ,  $d\varepsilon/dt = 0$  или  $d\sigma/dt = 0$ ,  $\sigma = \text{const}$ . Это позволяет с помощью одних и тех же функций решать задачи и статического, и динамического типа с нагрузками, быстро меняющимися во времени, для любого времени наблюдения.

В расчетной практике наибольшее применение нашли функции, предложенные А.Р. Ржаницыным, М.А. Колтуновым.

Определение вязкоупругих параметров проведено по методу, разработанному на кафедре ткачества МГТУ имени АЛКосыгина. Сущность его заключается в измерении нагрузки при заданной деформации во времени. Нить основы или утка на универсальной разрывной машине ФП-10 доводится до деформации  $\varepsilon$ , машина останавливается и далее через определенные промежутки времени фиксируется нагрузка. Время  $t_2, t_3, t_4$  определяется при помощи секундомера. Кроме того, на машине можно записать экспериментальную кривую релаксации на диаграммную бумагу. Расчет проводился по следующим формулам:

$$t_1^\alpha (\sigma_2 - \sigma_3) - t_2^\alpha (\sigma_1 - \sigma_3) + t_3^\alpha (\sigma_1 - \sigma_2) = 0.$$

$$E = \frac{(\sigma_1 - \sigma_2) \alpha}{\varepsilon A (t_2^\alpha - t_1^\alpha)} = \frac{\sigma_1 \alpha (\alpha + 1)}{\varepsilon [\alpha (\alpha + 1) - A t_1^{\alpha+1}]}$$

$$A = \frac{\sigma_1 (\alpha + 1) (t_2^\alpha - t_1^\alpha) + (\sigma_1 - \sigma_2) t_1^{\alpha+1}}{(\sigma_4 - \sigma_1) (\alpha + 1) \alpha + E \varepsilon A (t_4^\alpha - t_1^\alpha) (\alpha + 1)}$$

$$\beta = \frac{E \varepsilon A (t_4^{\alpha+1} - t_1^{\alpha+1})}{\dots}$$

Решение уравнений проводили при использовании стандартной информационной программы "Эврика"<sup>11</sup>. Установлено, что релаксационные процессы в пряже из котонированного льна протекают интенсивнее, чем в льняной пряже, и медленнее, чем в хлопчатобумажной.

Нити основы па ткацком станке испытывают большие динамические нагрузки, чем уточные. Поэтому вызывает интерес оценка их работоспособности.

Для определения повреждаемости нити вводится функция повреждаемости, равная 0 до начала нагружения и 1 при разрушении. В работе



использован критерий Бейли. Для реальных расчетов принимается взаимосвязь между временем разрушения и напряжением в виде степенной функции. Критерий Бейли принимает следующий вид:

$$\eta = \int_0^t \frac{d\tau}{B \sigma^{-b}}$$

где  $B$  и  $b$  - параметры нити;  $\tau$  - время нагружения.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что наилучшие условия достигаются при использовании в основе хлопчатобумажной пряжи. С позиций механики разрушения повреждаемость основы из костоирированного льна довольно высокая, поэтому эту пряжу проблематично использовать в качестве основы.

Важным является установление функциональной зависимости между параметрами строения ткани и технологическими параметрами ее выработки на ткацком станке. В работе для этой цели использована нелинейная теория изгиба стержней.

Большинство задач изгиба можно решить, если знать решение задачи поперечного и продольно-поперечного изгиба консоли, которое известно и описано в специальной литературе. В процессе формирования ткани нити основы и утка перемещаются друг относительно друга, уменьшается заправочная ширина ткани и ее геометрическая плотность по основе и по утку. Рассмотрим схемы изгиба, представленные на рис. 1 и 2. В данном случае каждая четвертинка нити находится в условиях задачи, связанной с изгибом консоли. Полная длина стержня равна  $L-4l$ .

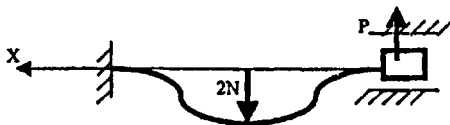


Рис.1. Схема поперечного изгиба нити в ткани

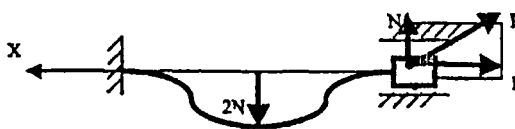


Рис.2. Схема продольно-поперечного изгиба нити в ткани

Известно решение данных задач как методом аналитических параметров, так и методом упругих параметров. Метод упругих параметров нам представляется более приемлемым и наиболее простым. Он также известен и описан в литературе.

Алгоритм расчета в нашем случае должен быть следующим:

1. Задаемся значениями натяжения основы и утка -  $F_o$  и  $F_y$ .
2. Задаемся значением силы нормального давления нитей -  $N$ .

3. Определяем результирующие силы: для продольно-поперечного изгиба  $P_1 = (F_o^2 + N^2)^{0.5}$  и  $P_2 = (F_y^2 + N^2)^{0.5}$  и для поперечного изгиба  $P_1 = P_2 = N$ .

4. Выбираем модули упругости нитей -  $E_o$  и  $E_y$ .

5. Определяем момент инерции сечения нитей: если сечение нити принято круглым:  $I_o = 0.05 d_o^4$ ;  $I_y = 0.05 d_y^4$ ; если сечение нити принято эллипсообразным:  $I_o = 0.05 d_{ox} d_{oy}^3$ ;  $I_y = 0.05 d_{yx} d_{yz}^3$ , где  $d_o$ ,  $d_y$  - диаметры круглого сечения нитей основы и утка соответственно;  $d_{ox}$ ,  $d_{oy}$  - диаметры основы по горизонтали и вертикали в эллипсообразном сечении эллипса;  $d_{yx}$ ,  $d_{yz}$  - диаметры утка по горизонтали и вертикали в эллипсообразном сечении эллипса;  $d_o = 0.125(0.1T_o)^{0.5}$  и  $d_y = 0.125(0.1T_y)^{0.5}$ ,  $T_o$  и  $T_y$  - линейные плотности нитей.

6. Находим параметр  $B$  по формуле:  $B = (PL^2/EI)^{0.5}$ .

7. Определяем геометрические плотности тканей:  $L_o = 100/P_o$  и  $L_y = 100/P_y$ , где  $P_o$  и  $P_y$  - плотности ткани по основе и по утку.

8. Определяем угол  $j_1 = 180 - \arctg[N/(2F_o)]$  и  $j_2 = 180 - \arctg[N/(2F_y)]$

9. Далее по построенным нами графикам по известным  $B = \lambda_o''$  и  $j = \zeta'$  находим значения параметров  $\eta_o''$  и  $\xi_o''$ .

10. Проводим расчет высот волн изгиба основы и утка по формулам:

$$\frac{h_o}{L_1} = \frac{\eta_{o1}'' \cos j_1 - \xi_{o1}'' \sin j_1}{B_1} \quad \frac{h_y}{L_2} = \frac{\eta_{o2}'' \cos j_2 - \xi_{o2}'' \sin j_2}{B_2}$$

где  $h_o$  и  $h_y$  - половина высот волн изгиба нитей основы и утка;  $\eta_o''$  и  $\xi_o''$  - упругие параметры.

Если сумма высот волн изгиба нитей основы и утка не равна сумме диаметров нитей основы и утка, то выбирается новое значение силы  $N$  и расчет повторяется с пункта 2.

11. Находим значение силы  $N$ , при которой сумма высот волн изгиба основы и утка равна сумме диаметров нитей основы и утка.

12. Находим отношение высот волн изгиба  $h_o/h_y = \varphi$

14. Находим порядок фазы строения ткани  $ПФС = (9\varphi + 1)/(\varphi + 1)$ .

15. Из геометрии моделей строения тканей определяем уработки нитей.

Расчет параметров строения тканей по данной методике дает хорошее совпадение с результатами экспериментальных исследований.

В работе изучены основные физико-механические и гигиенические свойства используемых нитей. Анализ результатов исследования позволяет сделать следующие выводы:

- относительная разрывная нагрузка котонированного льна меньше чем обычной льняной пряжи, но больше чем хлопчатобумажной;

- разрывное удлинение котонированного льна больше чем обычной льняной пряжи, но, естественно, меньше чем хлопчатобумажной; оно достаточно большое и приемлемое для технологического процесса ткачества;

- выносливость котонированного льна к многократным растягивающим усилиям и стойкость к истиранию меньше для обычной льняной и хлопчатобумажной пряжи;

вязкоупругие параметры для котонированного льна лучше, чем для льняной пряжи обычной системы прядения, но уступают хлопчатобумажной пряже.

Это позволяет сделать вывод о том, что пряжа из котонированного льна способна к переработке на ткацком станке в качестве утка.

Обрывность в ткачестве может служить одним из важных показателей уровня технологии и организации производства. При разработке метода расчета обрывности необходимо знать закон распределения вероятностей обрывов.

Установлено, что обрывность основы и утка подчиняется нормальному закону распределения, а расчет обрывности основы можно проводить по данным стойкости нитей к истиранию и их выносливости к многократным нагрузкам, а расчет обрывности утка - по полуцикловым характеристикам, определенным на разрывной машине с высокой скоростью деформирования нити, соизмеримой со скоростью прокладывания утка на станке СТБ. Установлено, что стойкость нитей к истиранию и выносливость к многократному растяжению подчиняется логарифмически - нормальному закону распределения, а разрывные нагрузки и удлинения, определенные при высоких скоростных режимах - нормальному.

При обработке результатов эксперимента учитывают соотношение между интегральной функцией нормального распределения и функцией нормированного центрального нормального распределения.

Результаты расчетов показали, что обрывность основных нитей составляет: для хлопчатобумажной пряжи - 0,111 обр/м, пряжи из котонированного льна - 0,972 обр/м, обычной льняной пряжи - 0,415 обр/м; а обрывность уточных нитей составляет: для хлопчатобумажной пряжи - 0,082 обр/м, пряжи из котонированного льна - 0,077 обр/м, обычной льняной пряжи - 0,443 обр/м.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что:

- при использовании в основе котонированного льна получается довольно большая обрывность, наилучшие условия достигаются при выработке полульняных тканей с использованием в основе хлопчатобумажной пряжи;

- при использовании в утке пряжи из котонированного льна обрывность уточных нитей меньше, чем при использовании обычной льняной пряжи.

Полученные данные свидетельствуют о том, что для изготовления бельевых тканей на станке наряду с хлопчатобумажными тканями можно вырабатывать и полульняные с использованием в утке котонированного льна.

Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям натяжения нитей основы и утка, строения и свойств полульняных тканей.

Для измерения натяжения основы использован датчик для записи натяжения групповых нитей, при записи натяжения утка - одиночных нитей.

Запись натяжения проводили в доступных для экспериментирования зонах. При исследовании натяжения основы - в зоне "скало - ламели", при исследовании натяжения утка - перед компенсатором.

Выявлена степень влияния основных технологических параметров на изменение натяжения основы в основные моменты тканеформирования при выработке ткани полотняного переплетения (заправочное натяжение основы  $X_1$ , величина заступа  $X_2$ , положения скала по вертикали относительно грудницы  $X_3$ ).

Эксперимент проводился по матрице ВЗ (планы Бокса). В результате расчетов на ПЭВМ получены следующие регрессионные уравнения влияния рассматриваемых технологических параметров:

на натяжение при прибое

$$Y_1 = 81,8 + 11,9X_1 + 4,4X_2 + 3,3X_3 - 0,1X_1X_2 - 0,6X_1X_3 - 0,1X_2X_3 + 0,2X_1^2 + 0,7X_2^2 - 0,8X_3^2$$

на натяжение при зевобразовании

$$Y_2 = 79,9 + 11,7X_1 + 4,8X_2 + 3,0X_3 - 0,4X_1X_2 - 0,4X_1X_3 - 0,4X_2X_3 - 0,9X_1^2 + 0,6X_2^2 + 0,6X_3^2$$

Выявлена степень влияния скорости прокладывания утка, характеризуемая углом закручивания торсионного валика ( $X_1$ ), величины прогиба пластины тормоза утка ( $X_2$ ), диаметра бобины ( $X_3$ ) на натяжение нитей утка: заправочное  $F_1$ , при разгоне прокладчика  $F_2$ , при прокладывании и сматывании нити с бобины  $F_3$ , при прокладывании и действии уточного тормоза  $F_4$ . В результате расчета получены следующие уравнения регрессии:

заправочное натяжение утка -

$$Y_3 = 39,6 + 6,2X_1 + 6,4X_2 - 2,2X_3 - 0,3X_1X_2 + 0,3X_1X_3 + 0,3X_2X_3 + 0,4X_1^2 - 0,6X_2^2 + 0,4X_3^2$$

натяжение утка при разгоне -

$$Y_4 = 79,4 + 11,4X_1 + 12,0X_2 - 3,4X_3 - 0,3X_1X_2 + 0,3X_1X_3 - 0,3X_2X_3 + 0,4X_1^2 + 0,6X_2^2 - 0,4X_3^2$$

натяжение утка при прокладывании и сматывании нити с паковки -

$$Y_5 = 45,6 + 7,0X_1 + 6,6X_2 - 2,4X_3 + 0,3X_1X_2 + 0,3X_1X_3 - 0,3X_2X_3 + 0,4X_1^2 + 0,4X_2^2 + 1,4X_3^2$$

натяжение утка при прокладывании утка и действии уточного тормоза:

$$Y_6 = 60,8 + 9,0X_1 + 9,0X_2 - 2,2X_3 - 0,5X_1X_3 + 0,25X_1^2 + 0,25X_2^2 + 0,25X_3^2$$

Получены следующие регрессионные уравнения влияния основных технологических параметров (заправочное натяжение основы  $X_1$ , величина заступа  $X_2$ , положения скала по вертикали относительно грудницы  $X_3$ ) на свойства и строение тканей:

разрывная нагрузка полоски ткани в направлении основы, (Н):

$$Y_7 = 794,3 + 19,4X_1 + 14,7X_2 + 12X_3 + 2,4X_1X_2 - 1,9X_1X_3 - 1,4X_2X_3 - 21,8X_1^2 + 21,7X_2^2 + 23,2X_3^2$$

разрывное удлинение полоски ткани в направлении основы (%):

$$Y_8 = 9,05 + 0,28X_1 + 0,19X_2 + 0,18X_3 - 0,01X_1X_2 + 0,08X_1X_3 - 0,01X_2X_3 - 0,31X_1^2 + 0,44X_2^2 + 0,19X_3^2$$

разрывная нагрузка полоски ткани в направлении утка (Н):

$$Y_9 = 506,7 + 17,4X_1 + 14,5X_2 + 9,0X_3 + 1,4X_1X_2 - 0,9X_1X_3 - 1,1X_2X_3 - 12X_1^2 + 18,3X_2^2 + 20,8X_3^2$$

разрывное удлинение полоски ткани в направлении утка (%):

$$Y_{10} = 8,1 + 0,37X_1 + 0,28X_2 + 0,3X_3 - 0,13X_1X_2 - 0,03X_1X_3 - 0,10X_2X_3 - 0,35X_1^2 + 0,4X_2^2 - 0,1X_3^2$$

стойкость ткани к истиранию:

$$Y_{11} = 1478 + 48X_1 + 32X_2 + 17X_3 - 3X_1X_3 - 8X_2X_3 - 77X_1^2 - 107X_2^2 - 82X_3^2$$

воздухопроницаемость ткани:

$$Y_{12} = 586,3 + 25X_1 + 18X_2 + 19X_3 + 7,5X_1X_2 + 7,5X_1X_3 + 7,5X_2X_3 - 51,3X_1^2 - 66,3X_2^2 - 61,2X_3^2$$

урработка основных нитей:

$$Y_{13} = 6,98 - 0,40X_1 - 0,16X_2 + 0,06X_3 - 0,05X_2X_3 + 0,03X_1^2 + 0,03X_2^2 + 0,53X_3^2$$

урработка уточных нитей:

$$Y_{14} = 6,85 + 0,40X_1 + 0,14X_3 - 0,10X_2X_3 + 0,15X_1^2 - 0,05X_2^2 - 0,35X_3^2$$

толщина ткани:

$$Y_{15} = 0,4231 - 0,0007X_1 - 0,0004X_2 + 0,0001X_1X_2 + 0,0001X_1X_3 + 0,0001X_2X_3 - 0,0001X_1^2 - 0,0001X_2^2 + 0,0014X_3^2$$

поверхностная плотности тканей:

$$Y_{16} = 194,98 - 0,48X_1 - 0,20X_2 + 0,12X_3 - 0,05X_2X_3 + 0,03X_1^2 + 0,03X_2^2 + 0,62X_3^2$$

Для всех уравнений построения двумерные сечения поверхностей отклика при третьем фиксированном значении.

В работе проведено исследование гигиенических свойств различных тканей. Установлено, что по гигиеническим свойствам льняная ткань из котонированного льна имеет промежуточные показатели между хлопчатобумажной и обычной льняной тканями.

Полученные математические модели позволяют прогнозировать условия формирования ткани, ее основные свойства и параметры строения.

Наибольшее влияние на натяжение основы, параметры строения и свойства тканей оказывает заправочное натяжение основных нитей

В работе приведены результаты экспериментальных исследований по установлению причинно-следственных связей в ткачестве. В ряде работ в области технологии для этих целей используется бинарная причинно-следственная теория информации. Задачи исследования обусловлены использованием метода, который бы позволял: идентифицировать исследуемые факторы; устранять эффекты сопутствия; автоматизировать трудоемкий метод расчета.

Величины энтропии распределения вероятностей для одномерной случайной величины и информации между  $i$ -ым и  $j$ -ым факторами можно определить по стандартным формулам.

Для функционалов энтропии и информации справедливо следующее равенство:  $\Gamma_{ij} = I_{ij} : H_i$  где  $\Gamma_{ij}$  - коэффициент причинного влияния  $j$ -ого фактора на  $i$ -ый,  $I_{ij}$  - величина информации между  $i$ -ым и  $j$ -ым факторами,  $H_i$  - величина энтропии.

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

В работе при помощи этой теории решены четыре задачи по установлению причинно-следственных связей между:

- параметрами строения паковок и технологическими параметрами при сновании;
- параметрами строения паковок и технологическими параметрами при шлихтовании;
- свойствами и обрывностью основных нитей в ткачестве;

- технологическими параметрами и обрывностью основных нитей в ткачестве.

При исследовании технологического процесса снования взяты следующие факторы:  $X_1$  - скорость снования, м/мин;  $X_2$  - высота баллона, мм;  $X_3$  - натяжение нити, сН;  $X_4$  - удельная плотность, г/см<sup>3</sup>.

При исследовании технологического процесса шлихтования использованы следующие факторы:  $X_1$  - скорость шлихтования, м/мин;  $X_2$  - степень отжима нитей, %;  $X_3$  - натяжение нитей, сН;  $X_4$  - температура сушильных барабанов, град.;  $X_5$  - величина истинного приклея, %;  $X_6$  - удельная плотность наматывания на ткацкий навой, г/см<sup>3</sup>.

При исследовании свойств нитей основы и обрывности в ткачестве выбраны следующие факторы:  $X_1$  - разрывная нагрузка основы;  $X_2$  - разрывное удлинение основы;  $X_3$  - выносливость нитей основы к многократному растяжению;  $X_4$  - стойкость нитей основы к истиранию;  $X_5$  - обрывность нитей основы. При исследовании технологических параметров и обрывности нитей основы выбраны следующие факторы: заправочное натяжение основы, сН;  $X_1$  - величина заступа, мм, А'; положение скала по вертикали, мм,  $X_2$ ; положение основонаблюдателя по горизонтали, мм,  $X_3$  - угол раскрытия зева, град.,  $X_4$ ; момент подачи основы, град.,  $X_5$  - обрывность нитей основы, обр/м,  $X_6$

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

построены графы причинно-следственных связей между технологическими параметрами и структурой выходных паковок при шлихтовании и сновании. Установлено, что наибольшее влияние на плотность намотки при сновании оказывает натяжение основы, а при шлихтовании - величина истинного приклея и скорость шлихтования.

- установлено, что в наибольшей степени на обрывность основы на ткацком станке оказывают влияние выносливость к многократным нагрузкам и стойкость нитей к истиранию.

- наибольшее влияние на обрывность основы оказывает заправочное натяжение основы, угол раскрытия зева, величина заступа и положение скала по вертикали.

**Четвертая глава** посвящена оптимизации изготовления исследуемых тканей на бесчелночных ткацких станках СТБ.

В качестве критериев оптимизации выбраны: воздухопроницаемость ткани  $Y_1$  и стойкость ткани к истиранию  $Y_2$ .

Для оптимизации технологического процесса ткачества использованы планы Бокса. В качестве варьируемых параметров приняты: заправочное натяжение основы  $X_1$ , величина заступа  $X_2$ , положение скала по вертикали  $A_j$ .

В результате расчетов на ПЭВМ по стандартной программе "Эврика" получены следующие регрессионные уравнения (в кодированных величинах):

для полульняной ткани -

влияния технологических параметров изготовления ткани на воздухопроницаемость тканей:

$$Y_1 = 586,3 + 25X_1 + 18X_2 + 19X_3 + 7,5X_1X_2 + 7,5X_1X_3 + 7,5X_2X_3 - 51,3X_1^2 - 66,3X_2^2 - 61,2X_3^2;$$

- влияния технологических параметров изготовления ткани на стойкость ткани к истиранию (количество циклов):

$$Y_2 = 1477,5 + 48X_1 + 32X_2 + 17X_3 - 2,5X_1X_3 - 7,5X_2X_3 - 77,5X_1^2 - 107,5X_2^2 - 82,5X_3^2;$$

для хлопчатобумажной ткани -

влияния технологических параметров изготовления ткани на воздухопроницаемость тканей:

$$Y_1 = 560,6 + 15X_1 + 9X_2 + 14X_3 + 1,3X_1X_2 + 1,3X_1X_3 - 1,3X_2X_3 - 40,6X_1^2 - 60,6X_2^2 - 55,6X_3^2$$

- влияния технологических параметров изготовления ткани на стойкость ткани к истиранию (количество циклов):

$$Y_2 = 1556,8 + 44X_1 + 9X_2 + 45X_3 + 3,8X_1X_2 - 3,8X_1X_3 + 18,8X_2X_3 - 91,9X_1^2 - 106,9X_2^2 - 76,9X_3^2$$

В работе решалась компромиссная задача (три параметра варьирования и два критерия оптимизации) на ЭВМ при использовании стандартной программы "Эврика".

В результате расчетов оптимальные параметры имеют следующие значения: для полульняной ткани - заправочное натяжение основы 55,7 сН; величина заступа 46,7 мм; положение скала относительно грудницы +18,4 мм; для хлопчатобумажной ткани - заправочное натяжение основы 60,9 сН; величина заступа 43,3 мм; положение скала относительно грудницы +17,4 мм.

Установка оптимальных технологических параметров изготовления тканей на ткацком станке обеспечивает их выработку ткани с высокими физико-механическими показателями. При этом обрывность нитей основы и утка при изготовлении полульняной ткани составляет 0,13 и 0,11 обр/м, а при изготовлении хлопчатобумажной ткани - 0,12 и 0,08 обр/м соответственно.

В приложении представлены: акты о внедрении результатов исследования на АО "Куровской текстиль" и в учебном процессе кафедры ткачества МГТУ имени А.Н.Косыгина, программы расчета на ПЭВМ, результаты расчета на ПЭВМ

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. По данным испытаний на релаксацию напряжений на разрывной машине с постоянной скоростью движения нижнего зажима определены вязкоупругие параметры хлопчатобумажной и льняной пряжи и пряжи из котонированного льна; установлено, что релаксационные процессы в пряже из котонированного льна протекают интенсивнее, чем в льняной пряже, и медленнее, чем в хлопчатобумажной.

2. На основе критерия длительной прочности Бейли проведена оценка напряженности заправок хлопчатобумажных и льняных тканей (обычная льняная пряжа и пряжа из котонированного льна). Установлено, что повреждаемость хлопчатобумажной основной пряжи значительно ниже, чем обычной льняной пряжи и пряжи из котонированного льна.

3. На основе нелинейной механики упругих стержней определены рациональные параметры строения суровых хлопчатобумажной и полульняной тканей, находящихся на станке и в суровом виде. Определено, что порядок фазы строения хлопчатобумажной ткани несколько выше полульняной. А

порядки фаз строения тканей, находящейся на станке, и суровой несколько отличаются друг от друга.

4. На основе теории надежности проведен расчет обрывности основных и уточных нитей. Установлено, что расчет обрывности основных нитей необходимо проводить по двум показателям нитей - выносливости нитей к многократному нагружению и стойкости нитей к истиранию, а расчет обрывности по утку - по разрывной нагрузке и разрывному удлинению нитей определенным при высокой скорости их деформирования.

5. Установлено, что по механическим свойствам нитей наблюдается различие между свойствами хлопчатобумажной, обычной льняной пряжи и пряжи из котонированного льна; по полуцикловым характеристикам пряжи, из котонированного льна имеет промежуточные значения между значениями хлопчатобумажной и обычной льняной пряжи; выносливость нитей, к многократному нагружению и стойкость нитей к истиранию - наихудшие у пряжи из котонированного льна. Установлено, что пряжу из котонированного льна целесообразней использовать в качестве утка.

6. Получены математические модели натяжения основы, и утка, в различные периоды тканеформирования, основных параметров строениями 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 полулльняных тканей оказывает заправочное натяжение основы.

7. На основе бинарной причинно-следственной теории информации построены графы причинно-следственных связей между технологическими параметрами и структурой выходных паковок при шлихтовании и сновании, между технологическими параметрами, свойствами используемых нитей и обрывностью основных нитей на ткацком станке.

8. Установлено, что в наибольшей степени на обрывность основы на ткацком станке оказывают влияние выносливость к многократным нагрузкам и стойкость нитей к истиранию.

9. Установлено, что наибольшее влияние на обрывность основы оказывает заправочное натяжение основы, угол раскрытия зева, величина заступа и положение скала по вертикали.

10. На основе решения компромиссной задачи численными методами на ЭВМ определены оптимальные технологические параметры изготовления базельных тканей на бесчелночных ткацких станках СТБ.

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

### **Основные результаты работы опубликованы в печати:**

1. Николаев С.Д., Авилочкина Н.А. Прогнозирование напряженности заправочных современных ткацких станков. Тезисы международной научно-технической конференции "ЛЕН-96", Кострома, 1996.



•2. Раченкова О.М., Сидоренко Н.К., Авилочкина Н.А. Разработка метода установления функциональной зависимости между параметрами строения тканей и их технологическими параметрами. Сборник научных трудов, выполненных по итогам конкурса грантов, МГТА, Москва, 1997.

3. Раченкова О.М., Авилочкина Н.А., Никишин В.Б., Николаев С.Д. Разработка геометрических моделей строения тканей различного переплетения. Тезисы докладов международной научной конференции "Прогресс-98", Иваново, 1998.

4. Авилочкина Н.А. Влияние переплетения хлопчатобумажной ткани на ее свойства и строение. Тезисы докладов всероссийской научно-технической конференции Текстиль-98", Москва, 1998.

5. Николаев С.Д., Юхин С.С. Авилочкина Н.А. Расчет рациональных параметров строения \* тканей \* различного переплетения. Тезисы докладов международной научно-технической конференции "Лен-98", Кострома, 1998.

6. Авилочкина Н.А., Никишин В.Б., Острикова А.А., Рыжкова О.В. Разработка методов расчета обрывности нитей основы и утка на ткацком станке. Сборник научных трудов, выполненных по итогам конкурса грантов молодых ученых, МГТА, Москва, 1999г

7. Авилочкина Н.А. Оптимизация изготовления тканей из Котонированного льна. Сборник международной научно-технической конференции "Актуальные проблемы переработки льна в современных условиях", КГТУ, Кострома, 2000.

8. Юхин С.С., Авилочкина Н.А. Прогнозирование условий изготовления тканей из котонированного льна. Тезисы докладов Всероссийской научно-технической конференции "Текстиль-99\ Москва, 1999.

9. Николаев С.Д., Юхин С.С., Авилочкина Н.А. Анализ причинно-следственных связей между технологическими параметрами, структурой паковки и свойствами нитей при шлихтовании. Ж. "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", №3, 2000.

10. Николаев С.Д., Юхин С.С., Авилочкина Н.А. Установление причинно-следственных связей между свойствами нитей и их обрывностью на ткацком станке на основе бинарной причинно-следственной теории информации. Ж. "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", №4, 2000.

11. Николаев С.Д., Юхин С.С., Авилочкина Н.А. Анализ причинно-следственных связей между технологическими параметрами ткачества на основе бинарной причинно-следственной теории информации. Ж. "Известия вузов. Технология текстильной промышленности", №6, 2000.

12. Авилочкина Н.А., Юхин С.С. Исследование натяжения - нитей основы при изготовлении хлопчатобумажных тканей с котонированным льном. Тезисы докладов межвузовской научно-технической конференции "Наука-99", Димитровград, 1999.

13. Авилочкина Н.А. Исследование натяжения нитей основы и утка при изготовлении тканей из котонированного льна. Тезисы докладов научной конференции МГТУ, 2001.

14. Николаева Н.А., Острикова А.А., Ковалева О.В. Расчет обрывности основы и утка на ткацком станке по заданным свойствам. Тезисы докладов всероссийской научно-технической конференции "Текстиль-200Г, Москва, 2001.

ИД №01809 от 17.05.2000

Подписано в печать 08.07.04

Сдано в производство 12.07.04

Формат бумаги 60x84/16 Бумага множ.

Усл печ л. 1,0 Уч.-изд л. 0,75

Заказ 328 Тираж 80

Электронный набор МГТУ, 119991, ул. Малая Калужская, 1