

677.017
У 18

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 677.017:677.024.324.23



ИВАНЕНКОВ
Дмитрий Анатольевич

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УСТАЛОСТНЫХ СВОЙСТВ
ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ**

Автореферат диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

по специальности 05.19.01 – «Материаловедение производств текстильной и
лёгкой промышленности (технические науки)»

Витебск, 2009

Библиотека ВГТУ



Кузнецов Андрей Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры «Физика» учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты:

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

Рыклин Дмитрий Борисович, доктор технических наук, профессор кафедры «Прядение натуральных и химических волокон» учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»

Оппонирующая организация:

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

Защита состоится 18 декабря 2009 г. в 10.00 часов на заседании совета по защите диссертации К 02.11.01 в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» по адресу: 210035, г. Витебск, Московский проспект, 72
e-mail: vstu@vitebsk.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Витебский государственный технологический университет»

Автореферат разослан 16 ноября 2009 г.

Учёный секретарь совета по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент

Г.И. Кочарновская

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Одним из основных показателей эффективности работы ткацкого производства является производительность станков, зависящая от уровня обрывности основных и уточных нитей. Ликвидация обрывов вызывает значительные простои оборудования, затрудняет автоматизацию процесса ткачества и использование высокоскоростных станков, особенно при большом числе нитей в заправке. Обрывность приводит к ухудшению качества ткани, увеличению трудовых затрат и, как следствие, увеличению себестоимости продукции. В связи с этим всё большее значение приобретает развитие методов прогнозирования обрывности нитей в условиях ткацкого производства.

Многочисленными экспериментами установлено, что прогнозирование обрывности нитей основы необходимо осуществлять по показателям усталостных свойств, определяемых при многоцикловом растяжении и истирании. Однако большинство исследований, направленных на изучение усталостных свойств, проводились либо на качественном уровне, либо устанавливались эмпирические зависимости показателей усталостных свойств от одного из условий проведения испытания. Эти зависимости не являются универсальными для нитей различных по структуре и волокистому составу, а входящие в них постоянные коэффициенты затрудняют их использование. До настоящего времени не разработаны методики, позволяющие прогнозировать показатели усталостных свойств текстильных нитей по результатам кратковременного эксперимента.

Проблема разработки экспресс-методов прогнозирования показателей, характеризующих усталостные свойства текстильных нитей при многократном растяжении и истирании, и, как следствие, снижения временных затрат на проведение испытаний и обеспечения достоверности оценки до настоящего времени остается неразрешенной актуальной научной задачей.

Связь работы с крупными научными программами (проектами) и темами

Тема диссертационной работы соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований в Республике Беларусь на 2006–2010 гг. и научному направлению УО «ВГТУ». Работа выполнялась в рамках межвузовской программы фундаментальных исследований «Метрологическое обеспечение качества» «Разработка методики оценки и прогнозирования качества технических систем и изделий в легкой промышленности» (1999–2003 г., № гос. рег. 19991620); госбюджетной НИР «Разработка технологии получения и методов проектирования текстильных материалов технического и бытового назначения и исследование их свойств» (2006–2010, № гос. рег. 20064328); отдельным инновационным проектом по заданию



концерна «Беллепром» по теме «Разработка технологии производства и ассортимента тканей для верха обуви» (2009 г., № гос. рег. 20094407).

Цель и задачи исследований

Целью диссертационной работы является разработка и промышленная апробация научно-обоснованных экспресс-методов прогнозирования усталостных свойств текстильных нитей различного способа получения, структуры и волокнистого состава с использованием существующего парка испытательного оборудования.

В соответствии с указанной целью были поставлены и решены следующие задачи:

- разработать вероятностные и эмпирические математические модели зависимости разрывной нагрузки нити от количества циклов истирания и остаточной циклической деформации от количества циклов растяжения при многоцикловых испытаниях;
- разработать статистические имитационные модели процессов многоцикловых испытаний на истирание и растяжение;
- разработать экспресс-методики прогнозирования стойкости к многократному истиранию и растяжению текстильных нитей, предела выносливости;
- разработать математические зависимости стойкости текстильных нитей к многократному истиранию и растяжению от гетерогенности показателей их механических свойств;
- произвести промышленную апробацию экспресс-методик прогнозирования усталостных свойств текстильных нитей.

Объектом исследования являются текстильные нити различного способа получения, структуры и волокнистого состава (за исключением текстурированных и высокоэластичных). Предмет исследования – методы оценки и прогнозирования усталостных свойств текстильных нитей.

Положения диссертации, выносимые на защиту.

- математические модели зависимости разрывной нагрузки нити от количества циклов нагружения при многоцикловом испытании на истирание, применение которых позволяет прогнозировать значение показателей прочностных свойств нитей при различных режимах проведения усталостных испытаний;
- статистические имитационные модели усталостного испытания, позволяющие осуществить экспресс-прогнозирование стойкости нитей к многоцикловому истиранию с учётом гетерогенности их полуцикловых разрывных показателей механических свойств и вида статистического закона распределения;
- методики прогнозирования предела выносливости и стойкости к многократному истиранию, позволяющие сократить временные затраты на оценку

показателей усталостных свойств текстильных нитей различного способа получения, структуры и волокнистого состава;

- усовершенствованная методика прогнозирования обрывности нитей основы в условиях ткацкого производства, учитывающая конструктивные особенности ткацкого оборудования (длину заправки основы) и позволяющая снизить временные затраты на проведение входного контроля качества сырья.

Личный вклад соискателя. Диссертация является законченным научным трудом, выполненным соискателем самостоятельно на основе проведённых теоретических и экспериментальных исследований процессов, происходящих при многоцикловом истирании и растяжении текстильных нитей.

Соискателем лично:

- разработаны математические модели зависимости разрывной нагрузки текстильных нитей от количества циклов нагружения при испытании на многократное истирание;
- разработана статистическая имитационная модель многоциклового испытания на истирание;
- разработаны математические модели влияния гетерогенности показателей механических свойств на стойкость текстильных нитей к истиранию;
- разработана экспресс-методика прогнозирования стойкости текстильных нитей различного сырьевого состава к многократному истиранию;
- проведено ранжирование гетерогенности показателей механических свойств по степени влияния на величину стойкости нитей к истиранию и растяжению;
- усовершенствована методика прогнозирования обрывности нитей основы в условиях ткацкого производства;
- проведена промышленная апробация результатов диссертационной работы на предприятиях текстильной промышленности Республики Беларусь.

Научный руководитель проф. Кузнецов А.А. сформулировал тематику и направление исследований, участвовал в разработке математических зависимостей показателей механических свойств и количества циклов многократного растяжения, анализе полученных экспериментальных данных, обсуждении результатов имитационного моделирования процессов многократного растяжения и истирания. Доц. Невских В.В. участвовала в планировании и подготовке комплекса экспериментальных исследований процессов усталостного разрушения текстильных нитей при испытании на многократное истирание.

Апробация результатов диссертации

Основные результаты работы представлены и получили положительную

оценку на: XLIII международной научной конференции «Актуальные проблемы прочности» (Витебск, 2004); всероссийской научной конференции «Информационные технологии в образовательной, научной и управленческой деятельности (Инфотекстиль)» (Москва, 2004); международных научно-практических конференциях «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии» (Могилёв, 2004); «Новое в технике и технологии текстильной и лёгкой промышленности» (Витебск, 2005); «Теоретические знания - в практические дела» (Омск, 2006); «Молодые ученые - развитию текстильной и лёгкой промышленности (Поиск)» (Иваново, 2006-2007); «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс)», (Иваново, 2006-2007); «Экологические и ресурсосберегающие технологии промышленного производства» (Витебск, 2006); «Современные наукоемкие инновационные технологии развития промышленности региона (Лён)» (Кострома, 2006); «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности (Текстиль)» (Москва, 2006); «XVII Петербургские чтения по проблемам прочности» (Санкт-Петербург, 2007); XXXIII-XLI научно-технических конференциях преподавателей и студентов УО «ВГТУ» (Витебск, 2005-2008).

Разработанные экспресс-методики прогнозирования показателей механических свойств нитей рекомендованы РУП «Витебский центр стандартизации, метрологии и сертификации» для практического использования на предприятиях текстильной промышленности Республики Беларусь, прошли промышленную апробацию в производственных условиях ОАО «Речицкий текстиль» и РУПП «Оршанский льнокомбинат», а также внедрены в учебный процесс УО «ВГТУ».

Опубликованность результатов диссертации

По материалам диссертации опубликовано 29 печатных работ общим объемом 5,125 авторских листов, в том числе 10 статей, 6 из которых в научных изданиях, включенных в перечень изданий, утвержденных ВАК Республики Беларусь, 19 тезисов докладов.

Структура и объём работы

Работа содержит введение, общую характеристику работы, шесть глав, общие выводы, список использованных источников и приложения. Общий объём работы составляет 280 машинописных страниц. Объём диссертации составляет 198 страниц, включающих 59 рисунков и 43 таблицы. В работе использованы 168 библиографических источников. В работе приведены 13 приложений, которые представлены на 82 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении и общей характеристике работы обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены цель и задачи исследования, сформулированы основные положения, выносимые на защиту, отражена практическая значимость работы, личный вклад соискателя, данные по промышленной апробации и степени опубликованности полученных результатов, структура и объём диссертации.

В первой главе представлен анализ исследований, посвященных вопросам оценки и прогнозирования показателей усталостных свойств текстильных нитей при многократном истирании и растяжении. В результате анализа работ Г.Н. Кукина, А.Н. Соловьёва, В.П. Щербаква, Б.П. Позднякова, М.С. Бородавского, С.С. Жегулева, Н.Н. Миловидова, М.Н. Носова, Ф.Х. Садыковой, С.Д. Николаева, R.D. Anandjiwala, J.W.S Hearle, C.M. Leech и других учёных, посвящённых усталостным свойствам текстильных материалов, установлено, что в большинстве работ изучалось влияние условий проведения испытаний на показатели усталостных свойств. Авторы отмечают, что показатели усталостных свойств при многократном истирании и растяжении являются наиболее объективной характеристикой для прогнозирования поведения текстильных нитей в процессах ткачества. Однако, вследствие больших временных и материальных затрат на проведение исследований, практическое использование показателей усталостных свойств затруднено.

На основе проведённого анализа сформулирована цель и основные задачи диссертационной работы.

Вторая глава посвящена теоретическому анализу закономерностей изменения показателей механических свойств текстильных нитей в процессе многоциклового испытания на истирание.

Для решения задачи экспресс-прогнозирования стойкости текстильных нитей к многоцикловому истиранию предложено использовать параметрический принцип прогнозирования качества сложных технических систем. Одним из параметров, изменяющимся в результате многоциклового испытания на истирание, является разрывная нагрузка нити. Предположив, что разрушение нити происходит при достижении разрывной нагрузки некоторого критического значения, зависящего от физико-механических свойств нити и условий проведения испытаний, и рассматривая изменение разрывной нагрузки текстильной нити при испытании на многократное истирание как нестационарный процесс Пуассона накопления уровня повреждений, разработана математическая модель зависимости разрывной нагрузки нитей P_p от количества циклов истирания n :

$$P_p(n) = P_{кр} + (P_{p0} - P_{кр}) \cdot \exp[-Q^c \cdot n^c], \quad (1)$$

где $P_p(n)$ – текущее значение разрывной нагрузки после n циклов истирания, H ; $P_{кр}$ – критическая разрывная нагрузка, при достижении которой нить разрушается в результате многоциклового истирания, H ; P_{p0} – величина разрывной нагрузки нити, определённая до начала процесса многоциклового истирания, H ; Q – темповый параметр модели, обратно пропорциональный числу циклов нагружения n_{cp} , при котором текущее значение разрывной нагрузки нити численно равно среднему арифметическому значению параметров P_{p0} и $P_{кр}$, цикл⁻¹; c – параметр стационарности процесса накопления уровня повреждений.

Обозначив

$$m = \frac{n}{n_{cp}}; \quad V(m) = \frac{P_p(m)}{P_{p0}}; \quad V_0 = \frac{P_{кр}}{P_{p0}},$$

модель (1) была представлена в безразмерной форме:

$$V(m) = V_0 + (1 - V_0) \cdot \exp[-H \cdot m^c], \quad (2)$$

где $V(m)$ – параметр модели, численно равный отношению разрывной нагрузки после m циклов нагружения к первоначальной; V_0 – параметр модели, равный отношению критической разрывной нагрузки нити к первоначальной, определённой до начала процесса многоциклового истирания; m – безразмерное число циклов нагружения текстильной нити при проведении усталостного испытания; H – константа модели ($H = \ln 2 = 0,693$).

Использование модели (2) позволяет провести анализ интенсивности процесса снижения разрывной нагрузки при испытании на многоцикловое истирание:

$$I_v(m) = |(V_0 - 1) \cdot H \cdot m^{c-1} \cdot c \cdot \exp(-H \cdot m^c)|, \quad (3)$$

а также заменить семейство моделей, обладающих различными темповыми показателями Q .

Другим подходом теоретического описания процесса изменения разрывной нагрузки при многоцикловом испытании на истирание является применение основного физического принципа надёжности. Для процесса многоциклового истирания математическая запись данного принципа в дифференциальной форме имеет следующий вид:

$$\frac{dP_p}{dn} = -Q(P_p(n) - P_{кр})^k, \quad (4)$$

где Q – параметр модели, отражающий темп изменения разрывной нагрузки;
 k – параметр модели, принимающий значение 1, 2, ... n .

На основе использования уравнения (4) были получены следующие математические модели изменения разрывной нагрузки при испытании на многоцикловое истирание:

$$\text{при } k=1 \quad P_p(n) = P_{кр} + (P_{p0} - P_{кр}) \cdot \exp[-Q \cdot n], \quad (5)$$

$$V(m) = V_0 + (1 - V_0) \cdot \exp[-H \cdot m]. \quad (6)$$

$$\text{при } k=2 \quad P_p(n) = \frac{(P_{p0} - P_{кр}) \cdot P_{кр} \cdot Q \cdot n + P_{p0}}{1 + (P_{p0} - P_{кр}) \cdot Q \cdot n}, \quad (7)$$

$$V(m) = \frac{m \cdot V_0 + 1}{1 + m}. \quad (8)$$

Интенсивность процесса снижения разрывной нагрузки в условиях многократного истирания при различных значениях k :

$$\text{при } k=1: \quad I_V(m) = |(V_0 - 1) \cdot H \cdot \exp(-H \cdot m)|; \quad (9)$$

$$\text{при } k=2: \quad I_V(m) = \left| \frac{(1 - V_0)}{(1 + m)^2} \right|. \quad (10)$$

Физический смысл параметров математических моделей (1-3) и (5,7) аналогичен. Однако, трудоёмкость определения численных значений параметров разработанных моделей (1-3,5,7) несколько ограничивает их практическое использование. Для исключения данного недостатка разработана эмпирическая математическая зависимость разрывной нагрузки и количества циклов истирания n , параметры которой могут быть определены по результатам 100 циклов истирания:

$$P_p(n) = b_0 - \frac{n}{b_1 + b_2 \cdot n}, \quad (11)$$

$$b_0 = P_{p0}, \quad b_1 = \frac{n_1}{P_{p0} - P_{p1}}, \quad b_2 = \frac{1}{P_{p0} - P_{кр}},$$

где b_0, b_1, b_2 – параметры модели, численные значения которых определяются по результатам кратковременного эксперимента; P_{p1} – разрывная нагрузка нити, измеренная после $n_1 = 100$ циклов нагружения, Н.

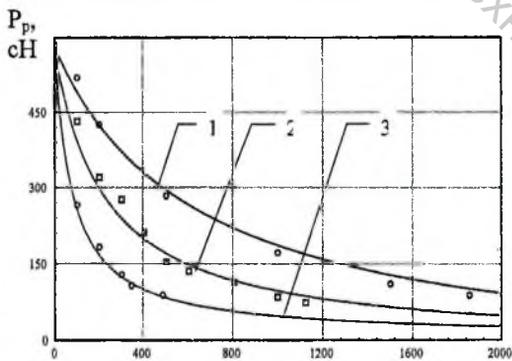
В *третьей главе* представлены результаты экспериментальных исследований процессов усталостного разрушения текстильных нитей при испытании на многократное истирание. В экспериментальных исследованиях использованы аттестованные в соответствии с требованиями нормативной документации приборы и оборудование, применяемые для испытания текстильных материалов. В качестве объектов исследований использовались текстильные нити различного вида, структуры и волокнистого состава.

Экспериментальные исследования проводились с использованием следующих приборов:

– ТКИ-5-27, предназначенный для истирания нитей различными качающимися абразивами (в качестве абразива использовались галева ремизок ткацкого станка);

– ИПП, предназначенный для самоистирания нитей.

Частота истирания при использовании прибора ТКИ-5-27 варьировалась в пределах от 180 до 500 мин^{-1} , угол истирания устанавливался соизмеримым с углом между средней линией и верхней ветвью передней части зева на ткацком станке (12°). Статическая нагрузка изменялась в пределах от 1 до 20% от разрывной нагрузки нити. При использовании прибора ИПП частота нагружения и угол истирания изменялись в пределах технической возможности прибора. Установлено, что условия проведения испытаний (характер движения и вид абразива) не изменяют общих закономерностей снижения разрывной нагрузки нити при многоцикловом испытании на истирание (рисунок 1).



1 – $P_{ст} = 30$ сН; 2 – $P_{ст} = 60$ сН; 3 – $P_{ст} = 90$ сН

Рисунок 1 – Зависимость разрывной нагрузки P_p хлопчатобумажной пряжи 25 текс×2 от количества циклов истирания n при различных значениях заданной статической нагрузки $P_{ст}$

математические зависимости (1), (5), (11) адекватны результатам эксперимента с доверительной вероятностью 0,95 при различных условиях проведения

при постоянном значении угла истирания приводит к уменьшению среднего значения стойкости к истиранию. Показано, что разработанные

испытаний текстильных нитей различного способа получения, структуры и сырьевого состава.

Установлено, что для всех исследуемых образцов текстильных нитей численные значения параметра «с» стремятся к 1. Данный факт указывает на стационарность рассматриваемого процесса накопления повреждений (изменения разрывной нагрузки) при многократном истирании.

Численное значение параметра P_{p0} разработанных моделей для всех исследуемых образцов нитей не зависит от условий проведения многоциклового испытания на истирание, а определяется физико-механическими свойствами нитей.

Сравнительный анализ численных значений критической разрывной нагрузки $P_{кр}$ и величины статической нагрузки $P_{ст}$ указал на их соизмеримость для всех исследуемых образцов нитей. Темповый параметр Q разработанных математических зависимостей (1), (5) и (7) зависит не только от механических свойств и структуры исследуемых нитей, но и от величины статической нагрузки и частоты нагружения, а значение параметра P_{p0} соизмеримо со значением разрывной нагрузки нити P_p .

Разработаны эмпирические математические зависимости параметров моделей (1), (5), (7) и условий проведения испытаний, применение которых позволяет осуществить прогноз стойкости к истиранию нити при различных режимах проведения усталостных испытаний.

Учитывая, что характер движения и вид абразива при истирании нитей в галеве ремизок наиболее приближены к реальным условиям переработки нитей в процессе ткачества, дальнейшие исследования, направленные в том числе и на прогнозирование обрывности нитей основы на ткацком станке, проводились с использованием прибора ТКИ-5-27-1.

Четвёртая глава посвящена разработке экспресс-методики прогнозирования стойкости текстильных нитей к многократному истиранию.

Разработан алгоритм статистической имитационной модели процесса многоциклового испытания на истирание текстильных нитей, реализованный в среде «Maple». В качестве исходных параметров имитационной модели выступают количество испытуемых нитей k , вид и параметры закона распределения следующих параметров:

- P_{p0} , $P_{кр}$, Q и c – при использовании модели (1);
- P_{p0} , $P_{кр}$ и P_{p1} – при использовании модели (11).

Сущность имитационного моделирования эксперимента заключается в том, что на каждом i -том этапе, соответствующем одному циклу истирания, определяется разрывная нагрузка нити $P_p(i)$ с использованием модели (1) или (11). При выполнении условия $P_p(i) \leq P_{кр}$ нить считается разрушенной, и стойкость к истиранию данной нити соответствует значению i . Результатами

имитационного моделирования являются к значений стойкости к истиранию, анализ которых позволяет определить вид закона распределения стойкости к истиранию и сводные статистические характеристики.

Относительная погрешность прогноза стойкости к истиранию для исследуемых образцов текстильных нитей (таблица 1) не превышает 15%.

Таблица 1 – Некоторые результаты прогнозирования стойкости к истиранию текстильных нитей различного сырьевого состава

Наименование исследуемых образцов нитей	Значение статической нагрузки $R_{ст}, Н$	Экспериментальные значения стойкости к истиранию		Прогнозные значения стойкости к истиранию, полученные с использованием эмпирической модели (11)		Прогнозные значения стойкости к истиранию, полученные с использованием вероятностной модели (1)	
		$n_{и}, \text{цикл}$	$Sp_{и}, \%$	$n_{и}, \text{цикл}$	$Sp_{и}, \%$	$n_{и}, \text{цикл}$	$Sp_{и}, \%$
Хлопчатобумажная пряжа 100 текс×2	1,40	9247	29,4	10542	33,5	10634	28,5
	2,75	3984	28,4	4144	32,4	4582	32,7
	4,10	1454	34,2	1541	36,3	1672	38,3
Хлопчатобумажная пряжа 25 текс×2	3,00	2340	29,8	2714	34,6	2691	32,8
	6,00	1120	41,2	1299	47,8	1188	39,1
	9,00	487	43,2	565	50,1	551	49,7
Шерстяная пряжа 220 текс	1,40	754	29,4	867	35,0	842	33,8
	2,75	422	36,4	460	39,7	478	47,7
	4,10	169	32,4	194	37,6	172	37,3
Нитроновая пряжа 100 текс	0,55	2340	27,5	2687	31,9	2591	27,0
	1,10	1120	29,7	1086	28,8	1288	34,2
	1,65	487	35,4	565	41,1	547	29,7

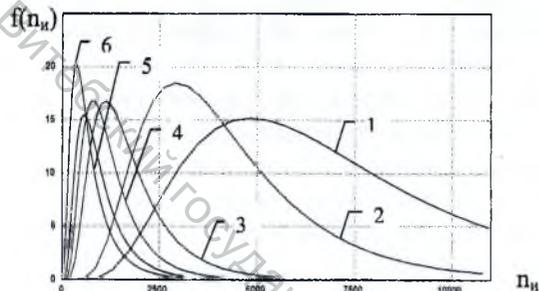
Учитывая, что закон распределения прогнозируемого показателя отличен от нормального, полученный результат является приемлемым для практического использования. По результатам комплекса теоретических и экспериментальных исследований разработаны экспресс-методики прогнозирования показателей усталостных свойств текстильных нитей при испытании на многократное растяжение.

Разработанные имитационные модели позволили установить закономерности влияния гетерогенности показателей механических свойств на основные статистические характеристики стойкости нитей к многоцикловому истиранию.

Установлена левая асимметрия функции распределения стойкости к истиранию (рисунок 2), отмеченная другими исследователями в экспериментальных работах, что также подтверждает правильность

выдвинутых предположений при разработке математических моделей. Впервые, с разработкой соответствующей модели, установлена зависимость между гетерогенностью показателей механических свойств текстильной нити и средним значением стойкости к истиранию.

Наиболее значимыми факторами, приводящими к существенному снижению среднего и модального значений стойкости к истиранию, медианы и



1 – $C_{PP0} = 6\%$; 2 – $C_{PP0} = 8\%$; 3 – $C_{PP0} = 12\%$;
4 – $C_{PP0} = 16\%$; 5 – $C_{PP0} = 20\%$; 6 – $C_{PP0} = 25\%$

Рисунок 2 - Функции плотности вероятности значений износоустойчивости p_n для «синтезированной» нити, полученные при различных значениях коэффициента вариации разрывной нагрузки C_{PP0}

и размаха функции распределения, является увеличение вариации разрывной нагрузки C_{P0} и вариации разрывной нагрузки после 100 циклов истирания C_{PP1} . Впервые произведена классификация гетерогенности показателей механических свойств по степени оказываемого влияния на величину стойкости к истиранию текстильных нитей различного способа получения, структуры и волокнистого состава.

Пятая глава посвящена

разработке метода прогнозирования показателей усталостных свойств текстильных нитей при многоцикловом растяжении и практической апробации разработанных методик прогнозирования усталостных свойств.

В результате теоретического анализа закономерностей изменения механических свойств текстильных нитей в процессе испытания на многократное растяжение разработаны математические модели взаимосвязи остаточной циклической деформации и количества циклов нагружения. Экспериментально установлена соизмеримость величины критической остаточной деформации с относительным разрывным удлинением нити для всех исследуемых образцов.

Методами имитационного моделирования процессов усталостного разрушения при испытании на многократное растяжение осуществлено прогнозирование выносливости текстильных нитей различного сырьевого состава. Относительная погрешность прогноза для исследуемых образцов текстильных нитей не превышает 15%, что указывает на возможность практического применения разработанной имитационной модели.

Проведена экспериментальная оценка влияния масштабного фактора разрывного удлинения на выносливость текстильных нитей. Разработана

математическая модель взаимосвязи относительного разрывного удлинения и зажимной длины, позволяющая осуществить прогнозирование показателей усталостных свойств текстильных нитей различной длины.

Впервые установлена взаимосвязь между гетерогенностью относительного разрывного удлинения и вида закона распределения выносливости текстильных нитей. Решена задача прогнозирования вида статистического распределения значений выносливости – использование критерия Wilki позволило установить, что закон распределения значений выносливости соответствует с доверительной вероятностью 0,95 нормальному при величине коэффициента вариации относительного разрывного удлинения до 3%, Вейбулла – от 3 до 12%, логарифмически-нормальному – при величине коэффициента вариации относительного разрывного удлинения более 12%.

Использование разработанной имитационной модели испытания на многократное растяжение впервые позволило осуществить прогноз предела выносливости. Экспериментально установлено, что уменьшение заданной циклической деформации приводит к закономерному снижению остаточной деформации, определённой после 50 циклов растяжения. Использование математической модели, отражающей данную закономерность, позволяет решить обратную задачу – определение минимального значения заданной циклической деформации, при которой численное значение выносливости составляет более 10^5 циклов. Некоторые результаты прогнозирования предела выносливости нитей представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Прогнозные и экспериментальные значения предела выносливости для исследуемых образцов текстильных нитей

Наименование исследуемых образцов пряжи	Прогнозные значения предела выносливости $\epsilon_B, \%$	Экспериментальные значения предела выносливости $\epsilon_B, \%$
Хлопчатобумажная пряжа 25 текс ×2	0,68	0,76
Нитроновая пряжа 100 текс	3,31	3,78
Полизфирная пряжа 100 текс	4,42	4,01
Шерстяная пряжа 220 текс	не существует	не существует
Хлопчатобумажная пряжа 100 текс ×2	1,11	1,08
Шерстяная пряжа 240 текс	не существует	не существует

С практической точки зрения, результаты исследований могут быть использованы для прогнозирования обрывности нитей основы в процессе

ткачества. Использование прогнозных значений показателей усталостных свойств позволило сократить временные затраты на проведение испытаний, а учёт влияния масштабного фактора прочностных свойств на выносливость – увеличить достоверность осуществления прогноза обрывности по методике, разработанной проф. С.Д. Николаевым (таблица 3).

Таблица 3 – Прогнозные значения обрывности нитей основы в процессе ткачества, полученные для тканей различного строения.

Артикул ткани	Прогнозные значения обрывности нитей основы			Фактическое значение обрывности нитей основы в процессе ткачества, обр./п.м. (по данным ОАО «Речицкий текстиль»)
	при использовании экспериментально определенных показателей усталостных свойств текстильных нитей, обр./п.м.	при использовании прогнозных значений показателей усталостных свойств текстильных нитей, обр./п.м.	при использовании прогнозных значений показателей усталостных свойств текстильных нитей с учётом влияния масштабного фактора на прочностные характеристики, обр./п.м.	
6с32.20	1,97	2,02	1,83	1,65
5с22.20	1,63	1,51	1,36	1,42
6с40	2,05	1,89	1,70	1,54
1с43.54	0,96	1,27	1,16	0,81
1в22	0,88	1,17	0,84	0,64
5с32	0,91	1,21	1,04	0,96

По результатам экспресс-оценки текстильные нити с более высокой прогнозируемой обрывностью были направлены для использования в качестве утка либо петельной основы при выработке тканей махрового ассортимента. Уменьшение обрывности, увеличение производительности работы ткацкого оборудования и повышение качества выпускаемых тканей способствовало повышению рентабельности работы предприятия.

Основные научные результаты диссертации

1. Разработаны вероятностные и эмпирические математические зависимости разрывной нагрузки и количества циклов нагружения при испытании на многократное истирание, остаточной циклической деформации и количества циклов многократного растяжения, позволяющие прогнозировать изменение показателей физико-механических свойств (разрывная нагрузка, остаточная циклическая деформация) текстильных нитей при многоцикловом испытании и способствующие экономии затрат на экспериментальные исследования [1,2,3,6,7,11,13,15,19,17,20,24,29,30,31].

2. Впервые разработаны статистические имитационные модели усталостных испытаний, позволяющие осуществить экспресс-прогнозирование стойкости текстильных нитей к многоцикловому истиранию, растяжению и учитывающие гетерогенность полуцикловых показателей механических свойств, вид статистического закона распределения [4,7,8,11,14,16,18,19, 21,22,26,28,29].

3. Разработаны методики прогнозирования стойкости к многократному истиранию и предела выносливости текстильных нитей, обеспечивающие достоверность получаемых результатов, применение которых позволяет оценить показатели усталостных свойств и сократить временные затраты на проведение испытаний [1,2,5,6,9,10, 12,14,16,22,23,25,26,28].

4. Усовершенствована методика прогнозирования обрывности нитей, использование которой позволило нормализовать процесс ткачества (уменьшить обрывность нитей основы), что привело к снижению себестоимости и увеличению рентабельности, как по отдельным видам производимой продукции, так и по предприятию в целом [27].

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Практическая значимость работы заключается в том, что разработанные математические модели и методики прогнозирования усталостных свойств текстильных нитей позволяют оценить показатели механических свойств (разрывная нагрузка, остаточная циклическая деформация, стойкость к истиранию, выносливость, предел выносливости), сократить временные затраты на проведение испытаний [10,12] и повысить информативность получаемых результатов.

2. Экспресс-методики прогнозирования показателей усталостных свойств текстильных нитей используются при проведении входного контроля сырья, поступающего на ткацкие предприятия Республики Беларусь, содействуя снижению затрат на проведение экспериментальных исследований для определения их качества и более эффективному управлению сырьевыми потоками [27].

3. Фактический экономический эффект от внедрения разработанных экспресс-методик, заключающийся в снижении обрывности и, как следствие, в увеличении производительности работы ткацкого оборудования, согласно данным ОАО «Речицкий текстиль» в 2006 г. на один ткацкий станок составил 1.299.452 руб., суммарный эффект в 2007 году – 9.727.280, в 2008 – 7.430.193, ожидаемый эффект в 2009 г. составит 7.965.341 белорусский рубль. Согласно данным РУПП «Оршанский льнокомбинат», экономический эффект от внедрения разработанной методики за период с 31.03.2007 по 01.04.2008 г. составил 1.077.200 белорусских рублей на один ткацкий станок. Результаты

исследований внедрены в учебный процесс УО «Витебский государственный технологический университет» в курс «Материаловедение».

4. Разработанные экспресс-методики прогнозирования показателей усталостных свойств (стойкость к истиранию, выносливость) рекомендованы Республиканским унитарным предприятием «Витебский центр стандартизации, метрологии и сертификации» для практического использования на предприятиях текстильной промышленности Республики Беларусь [6].

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи

1. Кузнецов, А.А. Прогнозирование выносливости текстильных нитей методами имитационного моделирования многоцикловых испытаний на растяжение / А.А. Кузнецов А.А., Д.А. Иваненков // Известия Вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006. – № 6. – С. 25–29.

2. Кузнецов, А.А. Оценка и прогнозирование показателей усталостных свойств текстильных нитей методами математического моделирования / А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков // Вестник Витеб. госуд. технол. ун-та. – 2004. – № 6. – С. 36–40.

3. Кузнецов, А.А. Апостериорное моделирование процесса усталостного разрушения текстильных нитей при проведении испытаний на многократное растяжение на основе применения основного физического принципа надёжности / Кузнецов А.А., Иваненков Д.А. // Вестник Витеб. госуд. технол. ун-та. – 2005. – № 9. – С. 55–59.

4. Кузнецов, А.А. Исследование влияния масштабного фактора на прочностные характеристики текстильных материалов методами имитационного моделирования / А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков // Вестник Витеб. госуд. технол. ун-та. – 2005. – № 11. – С. 33–37.

5. Кузнецов, А.А. Прогнозирование предела выносливости текстильных нитей методами имитационного моделирования многоцикловых испытаний на растяжение / А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков // Вестник Витеб. госуд. технол. ун-та. – 2007. – № 6. – С. 36–40.

6. Иваненков, Д.А. Прогнозирование стойкости текстильных нитей к многоцикловому истиранию / Д.А. Иваненков // Вестник Витеб. госуд. технол. ун-та. – 2009. – № 2. – С. 29–32.

Материалы конференций

7. Кузнецов, А.А. Исследование усталостных свойств текстильных нитей методами имитационного моделирования испытания на многократное растяжение / А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков // Материалы XI II Междунар



конф. «Актуальные проблемы прочности», 27 сент. – 1 окт. 2004 г. : в 2-х ч. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2004. – Ч. 1. – С. 298–302.

8. Кузнецов, А.А. Исследование влияния гетерогенности структуры и механических свойств на прочностные характеристики текстильных материалов / А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков // Материалы XLIII Междунар. конф. «Актуальные проблемы прочности», 27 сент. – 1 окт. 2004 г. : в 2-х ч. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2004. – Ч. 1. – С. 314–320.

9. Кузнецов, А.А. Использование ресурсосберегающих методов оценки физико-механических свойства текстильных материалов / А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков // Экологические и ресурсосберегающие технологии промышленного производства: сб. статей междунар. науч.-техн. конф., Витебск, 24–25 октября 2006 г. / УО «ВГТУ» ; редкол.: П.А. Витязь [и др.]. – Витебск, 2006. – С. 125–126.

10. Невских, В.В. Разработка метода оценки износостойкости текстильных нитей / В.В. Невских, А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков // «Новое в технике и технологии текстильной и лёгкой промышленности»: сб. статей междунар. науч.-техн. конфер. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2005. – С. 83–84.

Тезисы докладов

11. Кузнецов, А.А. Использование системы компьютерной алгебры «Maple» при исследовании механических свойств текстильных материалов / А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков // Всерос. науч. конф. «Информ. технологии в образовательной, научной и управленческой деятельности» (Инфотекстиль–2004) (27–28 января 2004 г.) : Тез. докл. / МГТУ им. А.Н. Косыгина. – Москва, 2004. – С. 74.

12. Кузнецов, А.А. Прогнозирование выносливости хлопчатобумажной пряжи методом имитационного моделирования испытания / А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков // Всерос. науч.-техн. конф. «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Текстиль–2004) : Тез. докл. / МГТУ им. А.Н. Косыгина. – Москва, 2004. – С. 212.

13. Иваненков, Д.А. Прогнозирование предела выносливости текстильных нитей методами имитационного моделирования многоциклового испытания на растяжение / Д.А. Иваненков, А.А. Кузнецов, В.В. Невских // «Молодые учёные – развитию текстильной и лёгкой промышленности» (Поиск–2006) : сб. материалов межвуз. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов: в 2 ч. / ИГТА. – Иваново, 2006. – Ч. 2 – С. 169–170.

14. Иваненков, Д.А. Оценка снижения прочности текстильной пряжи в процессе истирания / Д.А. Иваненков, А.А. Кузнецов, В.В. Невских // «Молодые учёные – развитию текстильной и лёгкой промышленности» (Поиск–2006) : сб. материалов межвуз. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов: в 2 ч. / ИГТА. – Иваново, 2006. – Ч. 1 – С. 145–146.

15. Иваненков, Д.А. Прогнозирование выносливости текстильных нитей методом математического моделирования // Д.А. Иваненков, А.А. Кузнецов / Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 22 – 23 апреля 2004 г. : в 2 ч. / ГУ ВПО «Белорусско-российский университет» ; редкол.: И.С. Сазонов [и др.]. – Могилёв, 2004. – Ч. 2 – С. 262–263.

16. Кузнецов, А.А. Исследование влияния гетерогенности показателей механических свойств на выносливость текстильных нитей при проведении испытания на многократное растяжение / А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков // Междунар. науч.-техн. конф. «Современные наукоёмкие технологии и перспективные материалы текстильной и лёгкой промышленности» (Прогресс–2006), Иваново, 21–24 мая, 2006 г. : Сб. матер. : в 2 ч. / ИГТА. – Иваново, 2006. – Ч. 1 – С. 220–221.

17. Кузнецов, А.А. Анализ статистического характера распределения значений выносливости текстильных нитей при испытании на многократное растяжение / А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков // Междунар. науч.-техн. конф. «Современные наукоёмкие технологии и перспективные материалы текстильной и лёгкой промышленности» (Прогресс–2006), Иваново, 21–24 мая, 2006 г. : сб. матер. : в 2 ч. / ИГТА. – Иваново, 2006. – Ч.1 – С. 221–222.

18. Иваненков, Д.А. Исследование изменения усталостных свойств нитей основы при истирании в галевых зевобразованиях / Д.А. Иваненков, А.А. Кузнецов, В.В. Невских, Т.Л. Боякова, Е.С. Высоцкая // Тезисы докладов XXXIX науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, Витебск, 28 апреля 2006 г. / УО «ВГТУ» ; ред. С. М. Литовский. – Витебск, 2006. – С. 97.

19. Иваненков, Д.А. Исследование изменения физико-механических свойств нитей основы вследствие усталостного истирания / Д.А. Иваненков, А.А. Кузнецов, В.В. Невских, О.Р. Барабанер, Е.С. Евсейкина // Тезисы докладов XXXIX науч.-техн. конф. преподавателей и студентов / УО «ВГТУ» ; ред. С. М. Литовский. – Витебск, 2006. – С. 98.

20. Кузнецов, А.А. Применение метода имитационного моделирования для анализа статистического характера распределения значений выносливости текстильных нитей / А.А. Кузнецов, Д.А. Иваненков, В.В. Невских // Тезисы докладов XXXIX науч.-техн. конф. преподавателей и студентов / УО «ВГТУ» ; ред. С. М. Литовский. – Витебск, 2006. – С. 98–99.

21. Кузнецов, А.А. Применение метода имитационного моделирования для прогнозирования физико-механических свойств текстильных материалов / А.А.Кузнецов, Д.А. Иваненков // Междунар. науч.-техн. конф. «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (ТЕКСТИЛЬ–2006) : тез. докл. / МГТУ им. А.Н. Косыгина. – Москва, 2006. – С. 201–202.

22. Иваненков, Д.А. Влияние дефектности структуры на прочностные свойства текстильных нитей / Д.А. Иваненков, А.А. Кузнецов // «XVII

Петербургские чтения по проблемам прочности» посвящ. 90-летию со дня рожд. проф. А.Н. Орлова : тез. докл. : в 2 ч. / Санкт-Петербург, 2007. – Ч. 2. – С. 241.

23. Иваненков, Д.А. Влияние гетерогенности структуры на усталостные свойства текстильных нитей / Д.А. Иваненков, А.А. Кузнецов // «XVII Петербургские чтения по проблемам прочности» посвящ. 90-летию со дня рожд. проф. А.Н. Орлова : Тез. докл. : в 2 ч. / Санкт-Петербург, 2007. – Ч. 2. – С. 242.

24. Иваненков, Д.А. Прогнозирование работоспособности текстильных нитей при многоцикловых деформациях растяжения / Д.А. Иваненков, А.А. Кузнецов // «XVII Петербургские чтения по проблемам прочности» посвящённые 90-летию со дня рожд. проф. А.Н. Орлова : Тез. докл. : в 2 ч. / Санкт-Петербург, 2007. – Ч. 2. – С. 243.

25. Иваненков, Д.А. Прогнозирование обрывности нитей основы с учётом влияния масштабного фактора прочностных характеристик текстильных нитей / Д.А. Иваненков, А.А. Кузнецов // «Молодые учёные – развитию текстильной и лёгкой промышленности» (Поиск-2007) : сб. материалов межвуз. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов : в 2 ч. / ИГТА. – Иваново, 2007. – С. 58–57

26. Иваненков, Д.А. Применение метода статистического имитационного моделирования для прогнозирования износостойкости текстильных нитей / Д.А. Иваненков, А.А. Кузнецов, В.В. Невских // Междунар. науч.-техн. конф. «Современные наукоёмкие технологии и перспективные материалы текстильной и лёгкой промышленности» (Прогресс-2007) : сб. матер. : в 2 ч. / ИГТА. – Иваново, 2006. – С. 156–157.

27. Иваненков, Д.А. Имитационное моделирование процесса износа текстильных нитей в процессе многократного истирания // Д.А. Иваненков, А.А. Кузнецов // Междунар. науч.-техн. конф. «Современные наукоёмкие технологии и перспективные материалы текстильной и лёгкой промышленности» (Прогресс-2007) : Сб. матер. : в 2 ч. / ИГТА. – Иваново, 2007 – С. 157–158.

28. Иваненков, Д.А. Апостериорное моделирование процесса изменения прочности текстильных нитей в процессе многоциклового испытания на истирание // Д.А. Иваненков, А.А. Кузнецов / Тезисы докладов LX науч.-техн. конф. преподавателей и студентов / УО «ВГТУ». – Витебск, 2007. – С. 66.

29. Иваненков, Д.А. Использование параметрического подхода для прогнозирования износостойкости текстильных нитей // Д.А. Иваненков, А.А. Кузнецов / Тезисы докладов LX науч.-техн. конф. преподавателей и студентов / УО «ВГТУ». – Витебск, 2007. – С. 71.

РЕЗЮМЕ

Иваненков Дмитрий Анатольевич

Прогнозирование усталостных свойств текстильных нитей

Ключевые слова: Прогнозирование, усталостные свойства нитей, обрывность, стойкость к истиранию, выносливость, предел выносливости, экспресс-методика, имитационное моделирование, ткацкий станок.

Объектом исследований являются текстильные нити различного сырьевого состава, строения и линейной плотности за исключением текстурированных и высокорастяжимых.

Предметом исследований являются методы оценки и прогнозирования усталостных свойств текстильных нитей.

Цель работы – разработка и промышленная апробация научно-обоснованных экспресс-методов прогнозирования усталостных свойств текстильных нитей различного вида, структуры и волокнистого состава.

Разработка экспресс-методов прогнозирования усталостных свойств текстильных нитей осуществлялась с использованием комплексного метода, включающего теоретические и экспериментальные исследования в области текстильного материаловедения, теории вероятности, случайных процессов, надёжности. Реализация алгоритмов статистических имитационных моделей осуществлялась с использованием системы символьной математики Maple V. Обработка результатов исследований осуществлена с использованием ЭВМ. В исследованиях использованы аттестованные в соответствии с требованиями нормативно-технической документации приборы и оборудование, применяемые для испытания текстильных материалов.

В результате проведённых исследований разработаны математические модели взаимосвязи разрывной нагрузки текстильных нитей и количества циклов нагружения при испытании на многократное истирание; статистическая имитационная модель многоциклового испытания на истирание и растяжение; математические модели взаимосвязи остаточной циклической деформации текстильных нитей и количества циклов нагружения при испытании на многократное растяжение; экспресс-методики прогнозирования выносливости и стойкости к многократному истиранию текстильных нитей различного сырьевого состава; усовершенствована методика прогнозирования обрывности текстильных нитей различного сырьевого состава в условиях ткачества.

Разработанные экспресс-методики внедрены на ОАО «Речицкий текстиль» (г. Речица), РУПП «Оршанский льнокомбинат» (г. Орша), в учебный процесс УО «ВГТУ».

РЭЗІЮМЭ

Іваненкаў Дзмітрый Анатольевіч

Прагназаванне ўсталасных уласцівасцей тэкстыльных нітак

Ключавыя словы: Прагназаванне, усталасныя ўласцівасці нітак, абрыўнасць, устойлівасць да сцірвання, вынослівасць, мяжа цягавітасці, экспрэс-методыка, імітацыйнае мадэляванне, ткацкі станок.

Аб'ектам даследаванняў з'яўляюцца тэкстыльныя ніткі рознага сыравінавага складу, будовы і лінейнай шчыльнасці за выключэннем тэкстураваных і высокарасцяжных.

Прадметам даследаванняў з'яўляюцца метады адзнакі і прагназавання усталасных уласцівасцей тэкстыльных нітак.

Мэта працы – распрацоўка і прамысловая апрацацыя навукова-абгрунтаваных экспрэс-метадаў прагназавання ўсталасных уласцівасцей тэкстыльных нітак рознага выгляду, структуры і кудзелістага складу.

Распрацоўка экспрэс-метадаў прагназавання ўсталасных уласцівасцей тэкстыльных нітак ажыццяўлялася з выкарыстаннем комплекснага метаду, які ўключае ў сабе тэарэтычныя і эксперыментальныя даследаванні ў вобласці тэкстыльнага матэрыялазнаўства, тэорыі верагоднасці, выпадковых працэсаў, надзейнасці. Рэалізацыя алгарытмаў статыстычных імітацыйных мадэляў ажыццяўлялася з выкарыстаннем сістэмы знакавай матэматыкі Maple V. Апрацоўка вынікаў даследаванняў ажыццёўлена з выкарыстаннем ЭВМ. У даследаваннях выкарыстаны атэставаныя ў адпаведнасці з патрабаваннямі нарматывуна-тэхнічнай дакументацыі прыборы і абсталяванне, якія прымяняюцца для выпрабавання тэкстыльных матэрыялаў.

У выніку праведзеных даследаванняў распрацаваныя матэматычныя мадэлі ўзаемасувязі разрыўнай нагрукі тэкстыльных нітак і колькасці цыклаў нагрукжэння пры выпрабаванні на шматкратнае сціранне; статыстычная імітацыйная мадэль многацыклавога выпрабавання на сціранне і расцяжэнне; матэматычныя мадэлі ўзаемасувязі рэшткавай цыклічнай дэфармацыі тэкстыльных нітак і колькасці цыклаў нагрукжэння пры выпрабаванні на шматкратнае расцяжэнне; экспрэс-методыкі прагназавання вынослівасці і ўстойлівасці да шматкратнага сцірвання тэкстыльных нітак рознага сыравінавага складу; удасканаленая методыка прагназавання абрыўнасці тэкстыльных нітак рознага сыравінавага складу ва ўмовах ткацтва.

Распрацаваныя экспрэс-методыкі ўкаранёныя на ААТ "Рэчыцкі тэкстыль" (г. Рэчыца), РУВТП "Аршанскі льнокамбінат" (г. Орша), у вучэбны працэс УА "ВДТУ".

Бібліятэка ВГТУ



SUMMARY

IVANENKOV DMITRIY ANATOLEVICH

Forecasting of Fatigue Properties of Textile Yarns

Keywords: Forecasting, fatigue properties of threads, thread breakage, attrition resistance, endurance limit, rapid technique, simulation modeling, a weaving loom.

The objective of the researches is textile yarns of various raw materials, structure, and linear density with the exception of texturized and elastomer ones.

The subject of the researches is the techniques of assessment and forecasting of fatigue properties of textile yarns.

The aim of the study is the development and technical testing of scientifically proved rapid techniques for forecasting of fatigue properties of textile yarns of various types, structures and fibre content.

The development of rapid techniques for forecasting of fatigue properties of textile yarns was fulfilled by using a complex method which includes theoretical and experimental researches in the field of textile material sciences, theory of probability, random processes, reliability. The realization of the algorithms of statistical simulating models was produced with the use of the system of symbolic mathematics Maple V. The findings were analyzed with PC. The certified tools and equipment for testing of textile materials were applied to the experiments.

The researches resulted in mathematical models of interrelationship between breaking load of textile yarns and the number of loading cycles during the testing on multiple attrition; statistical simulating model of multicyclic testing on attrition and stretching; mathematical models of interrelation between residual cyclic deformation of textile yarns and the number of loading cycles during the testing on multiple stretching; rapid techniques of endurance and resistance to multiple attrition of textile yarns of various raw materials; forecasting techniques of breakage of textile yarns of various raw materials in the process of weaving have been improved.

The developer rapid techniques are introduced into «Rechitsky Textile» (town of Rechitsa), «Orsha Linen Mill», (town of Orsha), and studying process of EE «VSTU» (city of Vitebsk).

