

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Витебский государственный технологический университет

УДК 677.07.004.12

№ гос. рег. 19991620

Инв. № \_\_\_\_\_



"Утверждаю"

Проректор по научной работе

С.М.Литовский

\_\_\_\_\_ 1999 г.

ОТЧЕТ

о научно-исследовательской работе

«Исследование и разработка методов прогнозирования показателей  
качества изделий текстильной промышленности»

99-Г/Б-260

Научный руководитель \_\_\_\_\_

А.А.Кузнецов

Начальник НИС \_\_\_\_\_

С.А.Беликов

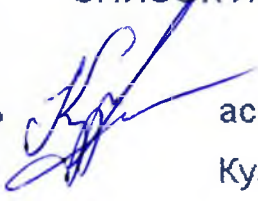
Витебск


1999

Библиотека ВГТУ



СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ.

Научный руководитель		ассистент кафедры физики Кузнецов Андрей Александрович (введение, разделы 2-4)
Консультант		зав. кафедры "ТОиМП", к.т.н., доцент Ольшанский Валерий Иосифович
Инженер		аспирант кафедры "ТОиМП", Кузьменков Сергей Михайлович (раздел 5)
Лаборант		студентка гр.П-10 Волкова Алла Васильевна (раздел 1, делопроизводство)
Лаборант		студент гр.Тм-3 Дроздов Александр Сергеевич (разработка прикладных программ)
Лаборант		студент гр.Тм-4 Шафранский Александр Алексеевич (разработка прикладных программ)
Лаборант		студент гр.Мн-7 Вопсев Алексей Михайлович (делопроизводство)



и

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1. Систематизация показателей качества изделий текстильной промышленности	9
1.1. Обобщенная классификация показателей качества изделий и методов их оценки	9
1.2. Систематизация показателей качества волокон (нитей)	14
2. Математическое моделирование процесса растяжения волокон и нитей	19
2.1. Универсальная математическая модель растяжения волокон и нитей	19
2.2. Разработка методики оценки параметров универсальной математической модели на основе кратковременных испытаний	25
3. Аналитические исследования процессов деформирования и разрушения волокон и нитей с продольной гетерогенностью при полуцикловом испытании на растяжение	28
3.1. Разработка методики исследования показателей качества текстильных волокон (нитей) на основе имитационного моделирования процесса испытания	28
3.2. Разработка имитационной модели процессов деформирования и разрушения одиночного волокна (нити) при полуцикловом испытании на растяжение	31
3.3. Анализ результатов имитационного моделирования процессов деформирования и разрушения одиночного волокна (нити) при полуцикловом испытании на растяжение	33
3.4. Разработка имитационной модели процессов деформирования и разрушения пучка волокон при полуцикловом испытании на растяжение	37
3.5. Анализ результатов имитационного моделирования процессов деформирования и разрушения пучка волокон при полуцикловом испытании на растяжение	40

4. Исследование влияния зажимной длины нити (волокна) на характеристики полуцикловых испытаний на растяжение на основе метода имитационного моделирования	46
Выводы по разделам 1-4	56
Литература к разделам 1-4	58
5. Исследование свойств изделий при выполнении подготовительных операций	60
Литература к разделу 5	70
Приложения	71

Реферат.

Отчет содержит 83 стр., 29 рис., 22 источника.

ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕКСТИЛЬНАЯ НИТЬ, ВОЛОКНО, НЕРАВНОМЕРНОСТЬ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ИСПЫТАНИЕ, ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА, ПРОЦЕСС ДЕФОРМИРОВАНИЯ КРИВАЯ РАСТЯЖЕНИЯ

Объектом исследований являются текстильные волокна и нити.

Целью научно-исследовательской работы является разработка научно-обоснованной методики оценки и прогнозирования показателей качества текстильных нитей и волокон по результатам кратковременных испытаний.

Методы исследования базируются на математическом описании процесса испытания по растяжению текстильных материалов и моделировании основных механических свойств нитей и волокон.

В результате исследования разработана методика исследования механических свойств текстильных материалов, основанная на имитационном моделировании процесса испытания. На основе разработанной методики, проведено исследование влияния продольной неравномерности структуры и механических свойств одиночной нити на основные прочностные показатели качества. Предложена универсальная математическая модель кривой растяжения текстильных материалов, которая позволяет по результатам кратковременных испытаний оценить не только прочностные свойства нити (волокна), но и деформационные и упрочняющиеся. Выявлен характер влияния условий проведения полциклового испытания на растяжение на прочностные показатели качества и предложена инженерная модель, описывающее данное влияние. Разработанная методика позволяет на основе кратковременных испытаний оценить и прогнозировать основные механические свойства текстильных материалов, что приводит к уменьшению временных и материальных затрат на проведение испытаний

Областью применения разработанной методики являются центры сертификации и метрологии, предприятия текстильной промышленности Республики Беларусь.

## Введение.

В данной работе рассматриваются вопросы качества технических систем текстильных материалов, к которым относятся :натуральные и химические волокна; однородная и смешанная пряжа; комплексные нити; трощенные нити; одно - и многокруточные нити.

Из всех свойств текстильных материалов в работе рассматривались лишь механические и их зависимости от строения и геометрических свойств волокон и нитей. Обзор литературных источников позволил установить номенклатуру показателей качества волокон и нитей, которые регламентируются стандартами и предлагаются исследователями. Разработаны стандартные (полуцикловые, одноцикловые и многоцикловые) условия экспериментального определения единичных показателей качества и математические модели для вычисления комплексных.

В работах, посвященных инженерному проектированию текстильных материалов, разработаны эмпирические и теорико-эмпирические математические модели (типа «черный ящик») для определения некоторых показателей качества (относительная прочность, разрывное удлинение, коэффициент вариации по разрывной нагрузке) пряжи и нитей от показателя геометрических свойств (для хлопка), коэффициента крутки и числа волокон в поперечном сечении.

Во многих работах исследуется влияние различных факторов на полуцикловые характеристики текстильных материалов. Отмечается, что кривая «удлинение- нагрузка» полностью характеризует поведение текстильных материалов под действием силы или удлинения, которые увеличиваются с постоянной скоростью. Формы этих кривых для различных материалов и систем нитей очень различны. Описано, в основном на качественном уровне (т.е. без разработки математических моделей) влияние таких факторов как влажность, температура, скорость растяжения, длина пробы, число волокон (нитей) в групповом образце.

Мало исследованы полуцикловые характеристики растяжения неоднородных (скрученных, компактированных, фасонных, текстурированных, эластичных и армированных) нитей. Приведены некоторые предложения по формированию структуры неоднородной нити за счет нагона, которые позволяют повышать коэффициент использования прочности компонентов.

Стандартами регламентируются методы одноцикловых испытаний с целью разделить общую деформацию на упругую, эластическую и пластическую части. Экспериментально установлено, что отношение этих частей между собой также сильно зависит от характера цикла «нагрузка-

отдых», от влажности и температуры. Оказалось, что существенное влияние оказывают предистория испытания. Предложены теоретические модели из идеально упругих и вязких элементов (Эйринга, Кукина и Соловьева) для поведения волокон и нитей при одноцикловом испытании. С их помощью пытаются описать поведение волокон и нитей при растяжении с непрерывно изменяющимися нагрузкой и деформацией.

Нити в различных технологических процессах и некоторых изделиях подвергаются циклическим нагрузкам с частотой от 1 до 100 Гц. Отмечено, что во время этих нагрузок сначала изменяется структура нити, что сопровождается увеличением остаточного (пластического) удлинения и медленно исчезающей составляющей эластического удлинения. Через определенное число циклов структура стабилизируется и при продолжении испытаний медленно растет пластическое удлинение и прочность (разрывная нагрузка) нити. Затем через определенное число циклов нить разрушается от усталости.

Стандартами регламентируются следующие многоцикловые характеристики, получаемые в стандартных условиях:

1. выносливость, которая оценивается числом циклов до разрушения или временем испытания до разрушения (долговечность);
2. остаточная относительная циклическая деформация, которая накапливается за заданное число циклов;
3. работа, совершаемая за определенное число циклов.

Установлено, что выносливость нити при увеличении заданной циклической относительной деформации снижается. Существует такое значение циклической деформации (предел выносливости), при котором нить не разрушается при любом, сколь угодно большом числе циклов испытания. Между обрывностью при ткачестве и показателем выносливости существует довольно тесная корреляционная связь.

Условия многоцикловых испытаний также оказывают существенное влияние на их характеристики. К факторам, определяющим условия испытания относят: частоту нагружения и заданное относительное удлинение, заданную статическую нагрузку, зажимную длину образца, температуру, влажность. Экспериментально установлен характер влияния показателей условий испытания на предел выносливости.

В литературе также описаны методы и некоторые результаты полуцикловых, одноцикловых и многоцикловых испытаний на кручение и изгиб. Есть сведения об испытаниях на изнашивание. Показателями (критериями) износа после определенного числа циклов изнашивания являются:

1. ухудшение механических свойств (прочности, выносливости);
2. число видимых повреждений;

### 3. изменений структуры нити.

Эти критерии износа часто выражают одним числом, отражающим процент изменения начального значения.

Но полученные в стандартных условиях разных методов испытаний показатели качества недостаточно информативны. Они могут только (при сравнении с базовыми значениями) характеризовать качество изготовления. А условия получения и переработки нитей разнообразны и довольно часто существенно отличаются от стандартных условий испытания. Математических моделей, при помощи которых можно было бы на основании результатов испытаний в стандартных условиях прогнозировать поведение нити в различных условиях получения и переработки, практически нет. Имеющиеся теорико-эмпирические и эмпирические математические модели прогноза позволяют на основании результатов одних (первичных) стандартных испытаний прогнозировать с той или иной точностью только результаты других (вторичных).

Несмотря на важность кривой «удлинение-нагрузка», как характеристики поведения волокон и нитей, последние не описаны математической моделью.

Испытаниям волокон и нитей на разрыв в пучке присуща методическая ошибка. Из-за неодновременности разрушения элементов пучка, результаты испытаний не могут характеризовать среднюю прочность элементов. Теория, описывающая явление, разработана со значительными допущениями и не позволяет вследствие сложности проводить инженерные расчеты. Недостаточно точной по причине упрощающих допущений является математическая модель Пирса, которая отражает зависимость предела прочности от длины образца.

В Республике Беларусь и в том числе в ВГТУ разработано и внедрено в производство большое количество новых видов неоднородных нитей и пряжи. А методика прогнозирования свойств этих текстильных материалов по свойствам компонентов и структуре нитей и пряжи разработана пока недостаточно. Сказанное выше позволяет сформулировать следующие задачи дальнейших исследований:

1. Разработка универсальной модели растяжения волокон и нитей, отражающей результаты экспериментов, параметры которой имеют физический смысл.
2. Разработка инженерной математической модели прогноза значений показателей полуцикловых характеристик одиночной нити на растяжение в зависимости от длины.
3. Разработка модели деформирования одиночной нити с учетом неравномерности ее линейной плотности и механических свойств по длине образца.



4. Разработка инженерной модели связи показаний разрывной машины при испытании на разрыв пучка нитей (волокон) с неравномерностью их механических свойств и извитости.
5. Разработка алгоритмов и программного обеспечения для усовершенствованной разрывной машины РМ-3, состыкованной с ПЭВМ, что дает возможность повысить информативность полуцикловых испытаний.
6. Совершенствование многоцикловых испытаний пряжи и нитей с использованием параметрического подхода, сложных циклов нагружения и переходных процессов с целью снижения временных и материальных затрат, а также для повышения информативности испытаний.

Для достижения целей, указанных в пунктах 2.4 будет использован такой мощный «инструмент» как имитационное моделирование. Применение которого значительно расширяет возможности учета особенностей исследуемых процессов и позволяет избежать многих упрощенных допущений.

Литература к разделам 1-4

1. Соловьев А.В., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.- 181 с.
2. Мортон В.Е., Хёрл О.В. Механические свойства текстильных волокон. Перевод с английского. М.: Легкая индустрия, 1971.-181 с.
3. Кирюхин С.М., Соловьев А.В. Контроль и управление качеством текстильных материалов. М.: Легкая индустрия, 1977.-311 с.
4. Корицкий К.И. Техничко-экономическая оценка и проектирование качества текстильных материалов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983.-159 с.
5. Корицкий К.И. Инженерное проектирование текстильных материалов. М.: Легкая индустрия, 1971.-352 с.
6. Кукин Г.К., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение (волокна и нити). М.: Легпромбытиздат, 1989.-271 с.
7. Кудряшова Н.И., Кудряшов Б.А. Высокоскоростное растяжение текстильных материалов. М.: Легкая индустрия, 1974.-271 с.
8. Ничипорчик Л.Д., Назарова Т.В. К вопросу оценки неравномерности прочности капроновой кордной нити. /В сб. Механические свойства и износостойкость текстильных материалов/ Доклады VII Всесоюзной научной конференции по текстильному материаловедению. Вильнюс-Каунас, 1971, стр.88-91 с.
9. Сорокин Е. Я, Перепелкин К.Е. Исследование по неравномерности химических волокон. /В сб. Механические свойства и износостойкость текстильных материалов/ Доклады VII Всесоюзной научной конференции по текстильному материаловедению. Вильнюс-Каунас, 1971, стр.98-103 с.
10. Матуконис А.В. Строение и механические свойства неоднородных нитей . М.: Легкая индустрия, 1971.-192 с.

11. Матуконис А.В. Производство, свойства и применение неоднородных нитей М.: Легпромбытиздат, 1987.-135 с.
12. Панкратова М.А., Гапонова В.П. Текстильные волокна. М.: Легпромбытиздат, 1986.-270 с.
13. Перепелкин К.Е. Дефектность и технологическая работоспособность нитей – основные факторы стабильности процессов их получения и переработки. Вестник Московской государственной текстильной академии. Вып.1. М.:1994 г. 139-151 с.
14. Калиновски Е. Урбанчик Г.В. Химические волокна (исследования и свойства). М.: Легкая индустрия,1971.-319 с.
15. Носов М.П., Теплицкий С.С. Усталость нитей. Киев: Техніка,1975.-176 с.
16. Ю.А.Мазов. Упругие свойства высокообъемных эластичных нитей. /В сб. Механические свойства и износостойкость текстильных материалов/ Доклады VII Всесоюзной научной конференции по текстильному материаловедению. Вильнюс-Каунас, 1971, стр.81-84 с.
17. Ивахненко А.Г., Юрачковский Ю.П., Моделирование сложных систем по экспериментальным данным, М.: Легкая индустрия,1986.-192 с.
18. Смит Д.М., Математическое и цифровое моделирование для инженеров и исследователей., М. Мир, 1985.-123 с.

## ЛИТЕРАТУРА К РАЗДЕЛУ 5

1. Базюк Г.П. Резание и режущий инструмент в швейном производстве. – М.: “ Легкая индустрия ”, 1980. – 192с.
2. Галынкер И.И., Сафронова И.В. Механическая технология производства одежды. – М.: “ Легкая индустрия ”, 1977. – 304с.
3. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение ( волокна и нити ). – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 352с.
4. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента в легкой промышленности. – М.: “ Легкая индустрия”, 1974. – 520с.