

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

На правах рукописи

УДК 677.017:677.024.324.23



**ИВАНЕНКОВ  
ДМИТРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ**

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УСТАЛОСТНЫХ СВОЙСТВ  
ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ**

Диссертации на соискание учёной степени

кандидата технических наук

по специальности 05.19.01 – “Материаловедение производств текстильной и  
лёгкой промышленности ”

Научный руководитель  
доктор технических наук,  
доцент Кузнецов А.А.

Библиотека ВГТУ



Витебск  
2009

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....   | 6  |
| ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ .....  | 7  |
| ГЛАВА 1 ПОКАЗАТЕЛИ УСТАЛОСТНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ ПРИ ИСПЫТАНИИ НА МНОГОКРАТНОЕ ИСТИРАНИЕ И РАСТЯЖЕНИЕ И СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ИХ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ..... | 11 |
| 1.1 Влияние усталостных свойств текстильных нитей на процессы их переработки.....  | 11 |
| 1.2 Общие сведения об износостойкости текстильных материалов и критериях оценки износа.....  | 14 |
| 1.2.1 Факторы износа текстильных материалов и методы их оценки.....  | 16 |
| 1.2.2 Влияние различных факторов на устойчивость нитей к истиранию.....  | 18 |
| 1.2.3 Приборы и методы, используемые для оценки стойкости к истиранию текстильных волокон и нитей.....   | 21 |
| 1.3 Влияние условий проведения испытаний на показатели усталостных свойств текстильных нитей при их многократном растяжении.....                                     | 24 |
| 1.3.1 Влияние заданной циклической деформации на показатели усталостных свойств текстильных нитей при их многократном растяжении                                     | 25 |
| 1.3.2 Влияние статической нагрузки на показатели усталостных свойств текстильных нитей при их многократном растяжении.....   | 27 |
| 1.3.3 Влияние зажимной длины на показатели усталостных свойств текстильных нитей при их многократном растяжении.....   | 29 |
| 1.3.4 Влияние частоты растяжения на показатели усталостных свойств текстильных нитей при их многократном растяжении.....   | 30 |
| 1.3.5 Влияние температурно–влажностного режима на показатели усталостных свойств текстильных нитей при их многократном растяжении                                    | 32 |
| 1.3.6 Влияние линейной плотности, крутки и сырьевого состава пряжи, длины волокна .....  | 33 |
| 1.4 Методы оценки и прогнозирования показателей усталостных свойств текстильных нитей при испытании на многоцикловое растяжение.....                                 | 36 |
| Выводы по главе 1.....   | 42 |
| ГЛАВА 2 КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ В ПРОЦЕССЕ МНОГОЦИКЛОВОГО ИСПЫТАНИЯ НА ИСТИРАНИЕ.....        | 43 |
| 2.1 Разработка вероятностных моделей изменения показателей усталостных свойств текстильных нитей в процессе испытания на многократное истирание.....                 | 44 |

|   |            |
|---|------------|
| 2.2 Разработка математических моделей изменения полуцикловых разрывных показателей механических свойств текстильных нитей в процессе испытания на многократное истирание с использованием теории надёжности сложных технических систем..... | 49         |
| 2.3 Выбор и обоснование прибора для определения стойкости к истиранию текстильных нитей.....  | 53         |
| 2.4 Экспериментальные исследования закономерностей изменения разрывной нагрузки текстильных нитей в процессе многоциклового испытания на истирание.....   | 54         |
| 2.5 Апостериорное моделирование процесса изменения разрывной нагрузки текстильных нитей в процессе многоциклового испытания на истирание.....   | 71         |
| Выводы по главе 2.....  | 77         |
| <b>ГЛАВА 3 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТОЙКОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ К ИСТИРАНИЮ МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОЦИКЛОВОГО ИСПЫТАНИЯ.....</b>   | <b>78</b>  |
| 3.1 Разработка имитационной модели процесса усталостного разрушения текстильных нитей при испытании на многократное истирание.....  | 78         |
| 3.2 Прогнозирование стойкости к истиранию текстильных нитей различного сырьевого состава методами имитационного моделирования многоциклового испытания.....   | 81         |
| 3.3 Экспресс-методика прогнозирования стойкости текстильных нитей к истиранию.....  | 84         |
| 3.4 Исследование влияния гетерогенности показателей механических свойств на стойкость к истиранию текстильных нитей при проведении испытания на многократное истирание.....   | 87         |
| Выводы по главе 3.....  | 100        |
| <b>ГЛАВА 4 КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ В ПРОЦЕССЕ МНОГОЦИКЛОВОГО ИСПЫТАНИЯ НА РАСТЯЖЕНИЕ.....</b>   | <b>101</b> |
| 4.1 Теоретический анализ закономерностей изменения показателей механических свойств текстильных нитей в процессе многоциклового испытания на растяжение.....  | 101        |
| 4.2 Разработка вероятностных моделей изменения показателей усталостных свойств текстильных нитей в процессе испытания на многократное растяжение.....   | 102        |

|  |            |
|--|------------|
| 4.3 Разработка математических моделей изменения показателей многоцикловых характеристик текстильных нитей в процессе испытания с использованием теории надёжности сложных технических систем.....  | 104        |
| 4.4 Выбор и обоснование прибора для определения многоцикловых характеристик деформации растяжения текстильных нитей.....   | 105        |
| 4.5 Экспериментальные исследования закономерностей изменения механических свойств текстильных нитей в процессе многоциклового испытания на растяжение.....   | 106        |
| 4.6 Апостериорное моделирование процесса накопления остаточной циклической деформации в процессе многоциклового испытания на растяжение.....   | 119        |
| 4.7. Экспериментальные исследования влияния условий проведения испытаний на показатели усталостных свойств текстильных нитей при их многократном растяжении.....   | 123        |
| 4.7.1 Влияние заданной циклической деформации на показатели усталостных свойств текстильных нитей при многократном растяжении.....   | 124        |
| 4.7.2 Влияние статической нагрузки на показатели усталостных свойств текстильных нитей при многократном растяжении.....  | 128        |
| 4.7.3 Влияние частоты нагружения на показатели усталостных свойств текстильных нитей при многократном растяжении.....  | 132        |
| 4.7.4 Влияние величины зажимной длины на показатели усталостных свойств текстильных нитей при многократном растяжении.....   | 135        |
| Выводы по главе 4.....   | 137        |
| <b>ГЛАВА 5 ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫНОСЛИВОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ МЕТОДАМИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МНОГОЦИКЛОВОГО ИСПЫТАНИЯ НА РАСТЯЖЕНИЕ И ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАЗРАБОТАННЫХ ЭКСПРЕСС-МЕТОДИК ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРОТЕКАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТКАЧЕСТВА.....</b> | <b>139</b> |
| 5.1. Разработка имитационной модели процесса усталостного разрушения текстильных нитей при испытании на многократное растяжение .....  | 139        |
| 5.2 Прогнозирование выносливости текстильных нитей различного сырьевого состава методами имитационного моделирования многоциклового испытания на растяжение.....   | 140        |
| 5.3 Экспресс-методика прогнозирования выносливости текстильных нитей при испытании на многократное растяжение .....  | 147        |
| 5.4 Прогнозирование предела выносливости текстильных нитей различного сырьевого состава методами имитационного моделирования многоциклового испытания на растяжение.....   | 147        |



|  |     |
|--|-----|
| 5.5 Экспресс-методика прогнозирования предела выносливости текстильных нитей при испытании на многократное растяжение.....   | 152 |
| 5.6 Исследование влияния гетерогенности показателей механических свойств на выносливость текстильных нитей при проведении испытания на многократное растяжение.....  | 153 |
| 5.7 Прогнозирование выносливости текстильных нитей различного сырьевого состава методами имитационного моделирования многоциклового испытания на растяжение с учётом влияния масштабного фактора прочностных свойств.....    | 167 |
| 5.8. Прогнозирование обрывности нитей основы в процессе ткачества.....   | 176 |
| 5.9 Расчёт экономического эффекта от внедрения в производственный процесс предприятий лёгкой промышленности Республики Беларусь разработанных методик прогнозирования показателей усталостных свойств текстильных нитей..... | 183 |
| Выводы по главе 6.....   | 193 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....  | 197 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....  | 199 |
| Список использованных источников.....  | 199 |
| Список публикаций соискателя.....  | 211 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ А.....  | 215 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....  | 220 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ В.....  | 225 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....  | 227 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....  | 233 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....  | 237 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ И.....  | 245 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ К.....  | 247 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Л.....  | 249 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ М.....  | 252 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Н.....  | 267 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ П.....  | 275 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ Р.....  | 278 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ С.....  | 279 |

## ВВЕДЕНИЕ

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 волокнистому 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.