

РОМАНЫЧЕВ НИКИТА КОНСТАНТИНОВИЧ

**РАЗРАБОТКА И ПОЛУЧЕНИЕ НА СТАНКАХ СТБ
ТЕХНИЧЕСКИХ ТКАНЕЙ ИЗ ТЕРМОСТОЙКИХ НИТЕЙ
СТЕКЛА И БАЗАЛЬТА**

Специальность 05.19.02 – Технология и первичная
обработка текстильных материалов и сырья

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Иваново 2010

Работа выполнена в государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Ивановская государственная текстильная академия» (ИГТА).

Научный руководитель –

доктор технических наук,
профессор

Степанов Гай Васильевич.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор

Брут-Бруляко Альберт Борисович;

доктор технических наук,
профессор

Ерохин Юрий Филиппович.

Ведущая организация –

Костромской научно-исследовательский институт льняной промышленности (КНИИЛП).

Защита состоится « 25 » марта 2010 г. в 10 часов на заседании диссертационного совета Д.212.061.01 при Ивановской государственной текстильной академии по адресу: 153000, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, д. 21.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГТА.

Текст автореферата размещен на сайте ИГТА:

<http://www.igta.ru/html/raznoe/avtoref/kandidatsk.html>

Автореферат разослан « 19 » февраля 2010 г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Производство технического текстиля – одно из наиболее динамично развивающихся направлений развития текстильной промышленности.

В мировой практике расширению сфер использования технического текстиля способствовало создание ассортимента тканей на основе высококомодульных нитей. Это связано с их уникальными эксплуатационными характеристиками: высокая прочность, высокие показатели вибро- и шумоизоляции, термостойкость, неподверженность воздействию микроорганизмов и большинства химикатов и др.

При производстве технических тканей специального назначения используются высококомодульные термостойкие нити, такие как, стеклянные, базальтовые, арамидные и др. Применение высококомодульных нитей позволяет получать тканые материалы, которые используются в космонавтике, авиа- и судостроении. На их основе создаются композиционные пластики, позволяющие сократить общую массу изделия. Улучшение качественных показателей дает применение спецтканей в изделиях защищающих от внешних факторов: тентах, огнезащитных покрытиях, навесах, защитной одежде.

Одной из важнейших технических задач является получение тканей для защиты от теплового излучения. Разработки в этой области являются актуальными.

Целью настоящей работы является разработка и получение на бесчелночных ткацких станках СТБ, технических тканей содержащих высококомодульные термостойкие нити стекла и базальта.

Для достижения поставленной цели в работе **решены следующие научные и технические задачи:**

1. Обоснован сырьевой состав тканей и вид оборудования, на котором они могут быть получены. В частности, рекомендованы к использованию станки СТБ, оснащенные многоуточными приборами.
2. Исследовано взаимодействие высококомодульных технических нитей в ткани, дана оценка локальных сил, возникающих в области контакта основных и уточных нитей.

3. Применительно к переплетению рогожка 3/3 разработана математическая модель расположения нитей основы и утка в ткани, позволяющая оценить параметры ткани применительно к теории ее фазового строения.

4. С целью снижения обрывности основных и уточных нитей и повышения производительности ткацкого оборудования проведена оптимизация заправки ткацких станков, вырабатывающих ткани из нитей стекла и базальта, а также ткани из других видов волокон.

5. Исследованы механические свойства новых видов технических тканей.

Решение указанных задач соответствует направлению научных исследований Ивановской государственной текстильной академии по совершенствованию техники и технологии ткацкого производства.

Методика исследований. При теоретических исследованиях применялись методы прикладной математики (решения неоднородных дифференциальных уравнений 4-го порядка), теоретической механики, сопротивления материалов, методы математического моделирования и др.

Экспериментальные исследования по оптимизации заправочных параметров ткацкого станка, а также механических характеристик тканей проводились в производственных и лабораторных условиях. Обработка результатов исследований осуществлялась методами математической статистики с применением критериев Кочрена, Стьюдента, Фишера.

Автор защищает:

1. Результаты исследования взаимодействия в ткани комплексных технических нитей из стекла и базальта.
2. Методику расчета взаимодействия в ткани технических нитей, имеющих разный диаметр и жесткость на изгиб.
3. Методику расчета взаимодействия в ткани нитей, которые подвергаются разным локальным нагрузкам и имеют разные продольные натяжения.
4. Математическую модель строения ткани применительно к удлиненным перекрытиям основных и уточных нитей.
5. Аналитические соотношения, определяющие высоту волны изгиба нитей в ткани.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Исследовано взаимодействие в ткани комплексных технических нитей из стекла и базальта.

2. Разработана методика расчета взаимодействия в ткани технических нитей разного диаметра и жесткости на изгиб.
3. Разработана методика расчета взаимодействия в ткани нитей, которые подвергаются разным локальным нагрузкам и имеют разные продольные натяжения. Дана оценка влияния этих показателей на структуру ткани.
4. Создана математическая модель строения ткани применительно к удлиненным перекрытиям основных и уточных нитей, которые имеют место при получении ткани мелкоузорчатым видом переплетения рогожка 3/3.
5. Получены аналитические соотношения для определения высоты изгиба нитей в ткани.
6. Проведен комплекс работ, повышающих надежность прокладывания на станке СТБ технических нитей.

Практическая значимость и реализация результатов работы состоит:

- в получении технических тканей из высокомодульных термостойких нитей стекла и базальта;
- в разработке технологии их изготовления;
- в разработке мер по снижению обрывности нитей основы и утка в ткачестве путем оптимизации заправки на ткацком станке СТБ-2-180 технических тканей;
- во внедрении результатов диссертационной работы в производственный цикл НПО «Конверсипол», г. Иваново.

Апробация работы. Материалы по теме диссертации докладывались и получили одобрение на следующих конференциях и семинарах:

- межвузовских научно-технических конференциях и семинарах аспирантов, магистров и студентов «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (Иваново, 2004-2008);
- международных научно-технических конференциях «Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности» (Иваново, 2007, 2008);
- всероссийской научно-технической конференции «Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» (Москва, 2005).

Публикации. По материалам диссертационной работы опубликовано 12 печатных работ, из них 2 статьи в журнале «Известия вузов. Технология текстильной промышленности», включенном в перечень ВАК и 10 тезисов докладов в сборниках материалов научно-технических конференций.

Личное участие автора в разработке материалов диссертации. Постановка задач, выбор методов и направлений исследований, обобщение полученных результатов, теоретические положения и выводы диссертации принадлежат автору. Разработка тканей из термостойких нитей стекла и базальта и технологии их изготовления выполнена автором при участии научного руководителя. Результаты научно-исследовательской работы апробированы автором в условиях ткацкого производства НПО «Конверсипол» при участии сотрудников предприятия.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов и рекомендаций. Она содержит 140 страниц текста, 19 таблиц, 10 рисунков и приложения. Список использованной литературы включает 71 наименование. В приложениях приводятся заправочные параметры полученных тканей, методика и результаты определения их огнестойкости, технические характеристики аналогов изготовленных согласно НТД, акт производственной апробации результатов НИР.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и основные задачи работы, обозначены границы исследований, показаны научная новизна, практическая значимость и реализация полученных результатов.

В первой главе произведен анализ источников информации, посвященных техническим тканям и вопросам проектирования.

Изучению строения ткани посвящено довольно значительное количество работ. Но в них большинство исследователей рассматривают ткань, как объект, где нити основы и утка имеют один и тот же диаметр и состоят из одного и того же волокнистого материала. В действительности это не так. Многие технические ткани вырабатываются из нитей разного волокнистого состава, а диаметры нитей отличаются между собой. Практически в научных публикациях недостаточно исследованы ткани подобного рода.

Анализ литературы в области строения тканей позволил сформулировать указанные выше цель и задачи исследования.

Во второй главе рассмотрено строение технической ткани, где в основе и утке используются высокомодульные комплексные базальтовые и стеклянные нити. Ткань выработана переплетением рогожка 3/3. На рис.1 показана схема разреза ткани вдоль основной базальтовой нити.

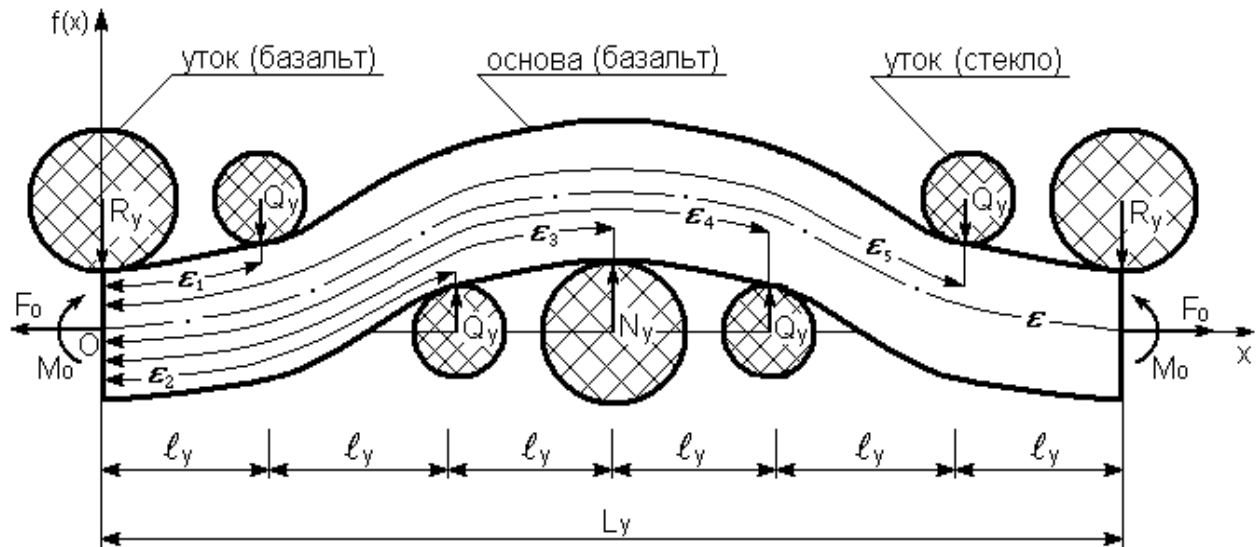


Рис.1

К нити приложены следующие нагрузки:

Q_y – сила действия уточной стеклонити на базальтовую нить основы;

N_y – сила действия базальтовой уточной нити на базальтовую нить основы;

F_0 – сила натяжения базальтовой основной нити;

M_0 – изгибающий момент;

ξ – обобщенная координата осевой линии нити;

ξ_i – координаты действия соответствующих сил;

l_y – расстояние между центрами сечений уточных нитей (геометрическая плотность);

L_y – длина раппорта переплетения.

При решении задачи силового равновесия нити в ткани, в качестве опор R_y приняты крайние базальтовые уточные нити.

Рассматриваемая ткань имеет квадратное строение. Поэтому нет необходимости приводить схему взаимодействия основных нитей с базальтовой нитью утка.

Для решения задачи прогиба нитей основы и утка в ткани необходимо знать уравнения их осевых линий, приближенно описывающие изгиб нити.

Получены следующие функции:

$$y = f(x) = a_x \left(0,5 - 0,61 \cos \frac{\pi x}{3l_y} + 0,135 \cos \frac{\pi x}{l_y} \right), \quad (1)$$

$$\delta = f(z) = a_z \left(0,5 - 0,61 \cos \frac{\pi z}{3l_o} + 0,135 \cos \frac{\pi z}{l_o} \right), \quad (2)$$

где l_o , l_y – расстояния между центрами сечений основных и уточных нитей (геометрические плотности);

a_x , a_z – максимальная величина изгиба нитей основы и утка в ткани.

Однако в этих уравнениях неизвестными величинами являются a_x и a_z . Используя принцип виртуальных перемещений точек осевой линии нити, а также схему нагрузок (рис. 1), получим значения искомых величин:

$$a_x = \frac{0,454 l_y^3 (2,8 Q_y + N_y)}{0,3 \pi^2 A_o + l_y^2 F_o}, \quad (3)$$

$$a_z = \frac{0,454 l_o^3 (2,8 Q_o + N_o)}{0,3 \pi^2 A_y + l_o^2 F_y}, \quad (4)$$

где Q_o – сила действия основной стеклонити на базальтовую нить утка;

N_o – сила действия базальтовой основной нити на базальтовую нить утка;

A_o – жесткость базальтовой основной нити на изгиб;

A_y – жесткость базальтовой уточной нити на изгиб;

F_y – сила натяжения базальтовой уточной нити.

С учетом значений (3) и (4) уравнения (1) и (2) примут вид:

$$f(x) = \frac{0,455 l_y^3 (2,8 Q_y + N_y)}{0,3 \pi^2 A_o + l_y^2 F_o} \left(0,5 - 0,61 \cos \frac{\pi x}{l_y} + 0,135 \cos \frac{\pi x}{l_y} \right), \quad (5)$$

$$f(z) = \frac{0,454 l_o^3 (2,8 Q_o + N_o)}{0,3 \pi^2 A_y + l_o^2 F_y} \left(0,5 - 0,61 \cos \frac{\pi z}{3l_o} + 0,135 \cos \frac{\pi z}{l_o} \right). \quad (6)$$

Используя уравнения (5), (6), а также известное равенство "сумма волн изгиба нитей в ткани равна сумме диаметров этих нитей" и равенство сил в местах контактов нитей основы и утка, запишем систему (7), определяющую математическую модель строения ткани:

$$\left. \begin{aligned} h_o &= \frac{0,44 l_y^3 (2,8 Q_y + N_y)}{0,3 \pi^2 A_o + l_y^2 F_o} \\ h_y &= \frac{0,44 l_y^3 (2,8 Q_o + N_o)}{0,3 \pi^2 A_y + l_o^2 F_y} \\ h_o + h_y &= d_o + d_y \\ 2,8 Q_o + N_o &= 2,8 Q_y + N_y \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где h_o , h_y – высоты волн изгиба нитей основы и утка;

d_o , d_y – диаметры нитей основы и утка.

Система (7) позволяет определять высоты волн изгиба нитей основы и утка, а следовательно, и фазу строения ткани по формулам:

$$h_o = \frac{(d_o + d_y) P_o^3 A_y}{P_o^3 A_y + P_y^3 A_o}, \quad (8)$$

$$h_y = \frac{(d_o + d_y) P_y^3 A_o}{P_o^3 A_y + P_y^3 A_o}, \quad (9)$$

где P_o , P_y – плотности нитей в ткани по основе и утку.

Кроме того, система (7) позволяет оценить влияние плотности основных и уточных нитей, их изгибной жесткости на расположение нитей в ткани. Система также использована при расчетах основных характеристик проектируемых тканей.

На основании полученных аналитических соотношений построены графики изменения высоты изгиба в ткани базальтовых основных и уточных нитей, рис.2. Следует отметить, что на высоту изгиба нитей влияют плотности ткани по основе и утку, а также жесткости соответствующих нитей на изгиб. Аналогичные выводы справедливы и для нитей из стекла.

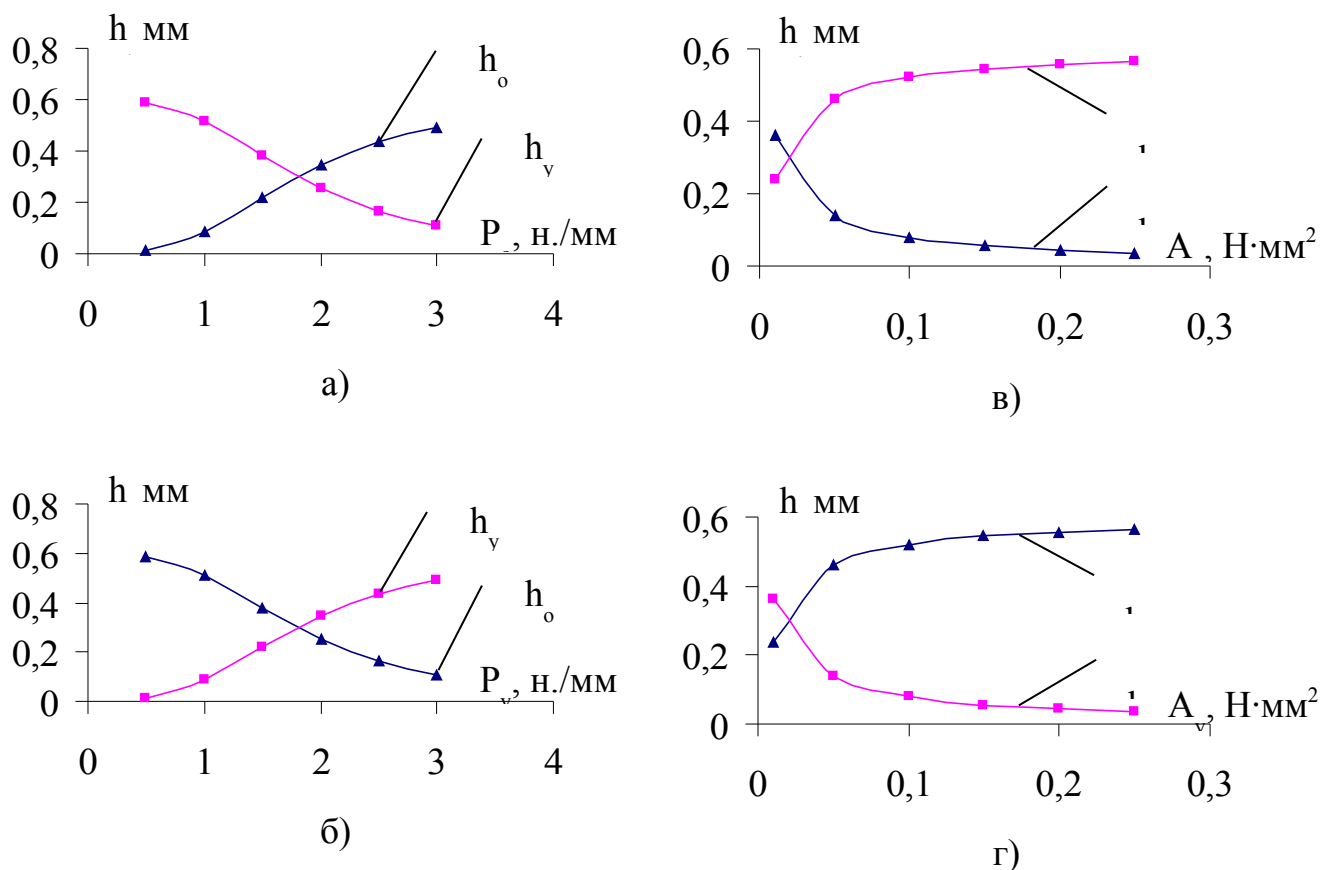


Рис.2. Влияние на высоту изгиба базальтовой нити:

- а) плотности по основе;
- б) плотности по утку;
- в) жесткости по основе;
- г) жесткости по утку.

Третья глава посвящена вопросу оптимизации конструктивно-заправочных параметров станка для повышения эффективности его работы. Для создания качественной ткани и снижения обрывности в ткачестве возникает необходимость в определении оптимальных параметров заправки станка СТБ-2-180. Для этого использовался метод определения регрессивной

многофакторной модели с помощью полного факторного эксперимента типа 2^n .

Рассматривалась обрывность нитей основы. Получено линейное уравнение регрессии:

$$Y = 0,913 - 0,079x_1 - 0,083x_2. \quad (10)$$

Рекомендованы параметры заправки основных нитей:

величина заступа – 340^0 ;

высота зева – 80 мм;

длина зева – 430 мм.

Очень важным фактором является обеспечение питания станка утком. В качестве утка используются комплексные нити из стекла и базальта. Получено линейное уравнение регрессии:

для уточной стеклонити

$$Y = 0,329 + 0,071x_1 + 0,067x_2, \quad (11)$$

для уточной базальтовой нити

$$Y = 0,141 + 0,008x_1 - 0,004x_2 + 0,005x_3. \quad (12)$$

Рекомендованы параметры заправки уточных нитей:

из стекла:

угол закручивания торсионного вала – 26^0 ;

глубина прогиба пластины уточного тормоза – 2 мм;

расстояние от бобины до экрана – 200 мм;

из базальта:

глубина прогиба пластины уточного тормоза – 2 мм;

угол закручивания торсионного вала – 28^0 ;

расстояние от бобины до экрана – 170 мм.

Четвертая глава диссертации посвящена исследованию механических свойств новых видов технических тканей. Определена поверхностная плотность тканей, плотность нитей на 10 см ткани, разрывная нагрузка и удлинение, жесткость при изгибе, стойкость к истиранию, выносливость тканей к многократному изгибу.

По результатам проведенных исследований к серийному производству рекомендована ткань № 4, отвечающая всем необходимым требованиям. Ткань выдерживает значительные нагрузки и может применяться для армирования пластмасс и защиты от теплового излучения.

Структура нитей и основные характеристики полученных тканей приведены в табл. 1.

Таблица 1

Механические свойства технических тканей

Ткань Параметры	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Линейная плотность нитей, текс						
по основе	хлопок 18,5	хлопок 18,5	полиэфир 18,0 + хлопок 18,5	базальт 40; стекло 26	стекло 26	стекло 96
по утку	базальт 40	стекло 26	стекло 14,4×4	базальт 40; стекло 26	стекло 26	стекло 96
Плотность нитей в ткани, нит./дм						
по основе	231	232	182	182	164	90
по утку	143	202	205	181	160	90
Разрывная нагрузка, Н						
по основе	277	233	602	825	637	1000
по утку	667	760	907	840	602	953
Жесткость при изгибе, мкН·см ²						
по основе	335	335	101	4576	2984	10428
по утку	4081	3787	8710	4920	2946	9873
Выносливость к многократному изгибу, цикл						
по основе	135	116	1085	8	2	10

по утку	10	6	7	6	2	8
Стойкость к истиранию, цикл	80	95	60	56	17	67
Поверхностная плотность, г/м ²	102	103	190	114	90	176
Переплетение	полотняное	полотняное	двух-слойн.	рогожка 3/3	полотняное	полотняное
Негорючесть*	–	–	–	+	+	+

* выполнено по методике предприятия НПО «Конверсипол», г. Иваново.

Общие выводы и рекомендации

1. В публикациях и патентной документации недостаточно освещены ткани, в структуре которых одновременно используются нити стекла и базальта.
2. Анализ источников информации выявил многообразие методов проектирования тканей. Однако в приведенных работах не описаны методы расчета тканей из нитей разного диаметра и жесткости на изгиб.
3. Спроектирована и получена техническая ткань из высокомодульных комплексных базальтовых и стеклянных нитей. Ткань обладает повышенной прочностью, огнестойкостью и применяется в военном деле. Кроме того, ткань можно использовать при армировании пластмасс и композиционных термопластов.
4. Решена задача прогиба нитей основы и утка в ткани, что позволило дать оценку ее геометрическим характеристикам.
5. Получена математическая модель строения ткани и на ее основе выведены расчетные формулы, позволяющие определить значения высот волн изгиба нитей в ткани, а следовательно, и фазу ее строения. Модель можно использовать при анализе строения подобных тканей.
6. Сделан анализ взаимодействия основных и уточных нитей в ткани, которые имеют не только разный волокнистый состав, но и разную линейную плотность, жесткость на изгиб, а сама ткань получена на ткацком станке СТБ мелкозорчатым переплетением рогожка 3/3.
7. Получены линейные регрессионные модели влияния заправочных параметров станка на обрывность основных и уточных нитей.

8. Рекомендованы оптимальные параметры заправки станка СТБ-2-180:

по основе:

величина заступа – 340 °;

высота зева – 80 мм;

длина зева – 430 мм;

по утку (стеклонить):

угол закручивания торсионного вала – 26 °;

глубина прогиба пластины уточного тормоза – 2 мм;

расстояние от бобины до экрана – 200 мм;

по утку (базальтовая нить):

глубина прогиба пластины уточного тормоза – 2 мм;

угол закручивания торсионного вала – 28 °;

расстояние от бобины до экрана – 170 мм.

9. По результатам проведенных исследований механических свойств тканей, к серийному производству рекомендована ткань № 4, отвечающая необходимым требованиям, т.е. обладающая достаточной поверхностной плотностью, разрывной нагрузкой, сопротивлением истиранию и выносливостью к многократному изгибу.

Публикации, отражающие основное содержание диссертации

1. **Романычев, Н.К.** Поиск и исследование огнестойких волокон для разработки технических тканей специального назначения / *Н.К. Романычев, Г.В. Степанов* // Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (Поиск-2007): тез. докл. межвуз. научно-техн. конф. / Иванов. гос. текст. академия. – Иваново, 2007. – Ч. 1. – С. 20.

2. **Романычев, Н.К.** Анализ свойств и структуры огнезащитной ткани с использованием комбинированной нити / *Н.К. Романычев* // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-2007): тез. докл. междунар. научно-техн. конф. / Иванов. гос. текст. академия. – Иваново, 2007. – Ч. 1. – С. 51.

3. **Романычев, Н.К.** Исследование свойств технических тканей полученных с использованием огнестойких волокон / *Н.К. Романычев, Г.В. Степанов* // Современные наукоемкие технологии и перспективные материалы текстиль-

ной и легкой промышленности (Прогресс-2007): тез. докл. междунар. научно-техн. конф. / Иванов. гос. текст. академия. – Иваново, 2007. – Ч. 1. – С. 51-52.

4. **Романычев, Н.К.** Характеристика ткани полученной с применением минеральных волокон / *Н.К. Романычев, О.С. Степанов* // Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (Поиск-2008): тез. докл. межвуз. научно-техн. конф. / Иванов. гос. текст. академия. – Иваново, 2008. – Ч. 1. – С. 32.

5. **Романычев, Н.К.** Анализ рынка стеклянных комплексных нитей / *Н.К. Романычев* // Современные наукоёмкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-2008): тез. докл. междунар. научно-техн. конф. / Иванов. гос. текст. академия. – Иваново, 2008. – Ч. 1. – С. 74-76.

6. **Романычев, Н.К.** Перспективы развития минеральных нитей второго поколения / *Н.К. Романычев, Н.Н. Соколов, О.С. Степанов* // Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности (Поиск-2008): тез. докл. межвуз. научно-техн. конф. / Иванов. гос. текст. академия. – Иваново, 2008. – Ч. 1. – С. 35.

7. **Степанов, О.С.** Ткань из высокомодульных технических нитей / *О.С. Степанов, Н.К. Романычев, Л.В. Моторин* // Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти. – 2009. – № 3. – С. 41-44.

8. **Степанов, О.С.** Обоснование типа ткацкого станка для получения ткани, содержащей стеклонити / *О.С. Степанов, Н.Н. Соколов, Н.К. Романычев* // Современные наукоёмкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-2008): тез. докл. междунар. научно-техн. конф. / Иванов. гос. текст. академия. – Иваново, 2008. – Ч. 1. – С. 67.

9. **Степанов, О.С.** Использование дельта-функции при изучении процесса прибора утка / *О.С. Степанов, Н.К. Романычев* // Современные наукоёмкие технологии и перспективные материалы текстильной и легкой промышленности (Прогресс-2008): тез. докл. междунар. научно-техн. конф. / Иванов. гос. текст. академия. – Иваново, 2008. – Ч. 1. – С. 74.

10. **Толубеева, Г.И.** Определение показателей прочности крученой пряжи / *Г.И. Толубеева, Н.К. Романычев, В.Л. Маховер* // Изв. вузов. Технол. текст. пром-сти. – 2006. – № 2. – С. 44–47.

11. **Толубеева, Г.И.** К расчету прочности крученой пряжи / *Г.И. Толубеева, Н.К. Романычев* // Молодые ученые – развитию текстильной и легкой про-

мышленности (Поиск-2005): тез. докл. межвуз. научно-техн. конф. / Иванов. гос. текст. академия. – Иваново, 2005. – Ч. 1. – С. 115-117.

12. **Толубеева, Г.И.** О методике расчета прочности крученой пряжи при разработке САПР тканей / *Г.И. Толубеева, Н.К. Романычев* // Современные технологии и оборудование текстильной промышленности (Текстиль-2005): тез. докл. всерос. научно-техн. конф. / Москов. гос. технол. ун-т. – Москва, 2005. – С. 52.

Лицензия ИД № 06309 от 19.11.2001. Подписано в печать 26.01.2010 г.

Формат 1/16 60×84. Бумага писчая. Плоская печать.

Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,89. Тираж 90 экз. Заказ № 2074

Редакционно-издательский отдел
Ивановской государственной текстильной академии
Копировально-множительное бюро
153000 г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 21