

ПОПОВА ЕВГЕНИЯ РОМАНОВНА

**РАЗРАБОТКА ТЕОРИИ И РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ
СКРУЧЕННОЙ КАМВОЛЬНОЙ ПРЯЖИ**

Специальность 05.19.02 – Технология и первичная обработка
текстильных материалов и сырья

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва 2014 г.

Работа выполнена на кафедре прядения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор,
Скуланова Нина Сергеевна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
зав. кафедрой «Технология тканей и трикотажа» ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского»
Строганов Борис Борисович

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, заместитель генерального директора ЗАО «Лёнэкспорт»
Нестеренко Алексей Вячеславович

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ивановский государственный политехнический университет». Текстильный институт.

Защита состоится «1» июля 2014 г. в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д212.144.06 при Московском государственном университете дизайна и технологии по адресу: 119071, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии».

Автореферат разослан «___» _____ 2014 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор

Е.А. Кирсанова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Актуальность работы определяется задачами использования теоретических расчетов деформационных и прочностных свойств скрученной камвольной пряжи с использованием ЭВМ различных сырьевых составов: чистошерстяной, полушерстяной и чисто химической, в соответствии с новой классификацией камвольных смесей.

Применение теоретических расчетов прочности скрученной камвольной пряжи позволяет расширить ассортимент камвольных и камвольно-суконных тканей для чистошерстяных, полушерстяных и чисто химических составов смесей и создать ассортимент детских и молодежных тканей для верхней одежды.

Цель и основные задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка научно обоснованного метода теоретического расчета прочности скрученной камвольной пряжи для различных составов смесей и основных групп классификации камвольных смесей ОАО НПК «ЦНИИШерсть».

Основные задачи исследования:

- разработка методики аналитического теоретического расчета прочности скрученной камвольной пряжи;
- разработка метода и определения жесткости камвольной пряжи различных сырьевых составов пряжи: чистошерстяной, полушерстяной и чисто химической;
- определение и расчет параметров для проектирования аналитическим методом прочности одиночной и скрученной камвольной пряжи;
- прогнозирование теоретических прочностных показателей скрученной камвольной пряжи основных групп классификации камвольных смесей ОАО НПК «ЦНИИШерсть».

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы проведено комплексное использование современных теоретических и экспериментальных методов и средств исследований. Применены методы классического анализа и механики деформируемого твердого тела. В исследовании широко использованы вычислительные методы. Разработаны и зарегистрированы программы для ЭВМ, реализованные в среде MathCAD и MathLAB. Достоверность основных положений, выводов и рекомендаций подтверждены корректным применением теории, апробацией и внедрением результатов работы.

Научная новизна результатов диссертационной работы:

- разработана методика теоретического расчета прочности скрученной камвольной пряжи с использованием аналитического метода проектирования;
- проанализирована геометрия и прочность скрученных между собой нитей; проведены теоретические расчеты прочности одиночной и скрученной камвольной пряжи для линейных плотностей основных групп камвольных смесей;

- разработаны теоретические основы экспериментального определения жесткости нити при кручении; определена жесткость при изгибе и кручении камвольной пряжи различных сырьевых составов пряжи: чистошерстяной, полушерстяной и чисто химической для прогнозирования прочностных характеристик скрученной камвольной пряжи;
- разработаны две программы для ЭВМ номер регистрации 2012617967 от 3 сентября 2012 и номер регистрации 2013610687 от 9 января 2013 года для автоматизированных расчетов прочности скрученной пряжи из волокон и пряжи любой природы.

Практическая значимость и реализация результатов работы:

На основе структурной механики нити получены инновационные ассортименты камвольных и камвольно-суконных тканей.

Производственная апробация результатов диссертационной работы проведена на ЗАО «Текстильная фирма «Купавна» при выработке тканей с использованием фасонных нитей из пряжи 31текс×2 (чистошерстяной и полушерстяной), что расширяет ассортимент предприятия для выработки детского ассортимента верхней одежды.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и получили одобрение:

1. на Всероссийской научной студенческой конференции «Текстиль XXI века», (г. Москва: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2011г.);
2. на Всероссийской научной студенческой конференции «Текстиль XXI века», (г. Москва: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2012 г.);
3. на межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК – 2011, 2014), (г. Иваново, ИГТА, 2011, 2014 г.);

Публикации. Основные результаты выполнения работы опубликованы в 10 печатных работах: 4 статьи опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК; 1 статья – в сборнике ОАО НПК «ЦНИИШерсть»; 4 тезиса доклада на различных научно-технических конференциях, 1 статья в зарубежном издании «Fiber chemistry» на английском языке.

Структура и объем диссертационной работы.

Работа состоит из введения, 5 глав, выводов, библиографического списка из 79 наименований и 5 приложений.

Общий объём диссертации 138 стр., в том числе 130 стр. основного текста, 31 рис., 44 табл., 5 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, сформулированы его цель и задачи, определена методика исследования, отражена научная новизна, практическая значимость и апробация результатов работы, приведены сведения о публикациях по теме диссертации, о ее структуре и объеме.

Первая глава диссертационного исследования посвящена аналитическому обзору работ по теме: оценка характеристик кручения и проектирование прочности одиночной и скрученной пряжи.

Вторая глава посвящена анализу возможности применения аналитического метода проектирования к скрученной камвольной пряже, основанного на теории деформирования и прочности текстильных материалов проф. В.П. Щербакова и проф. Н.С. Скулановой. Показаны недостатки расчетно-эмпирических и регрессионных моделей прочности скрученной пряжи. При проектировании прочности скрученной пряжи были приняты следующие условия проектирования: скрученная нить представляет собой две одинаковые, вписанные одна в другую винтовые линии, радиус осевой линии каждой из которых равен радиусу поперечного сечения нити; сечение каждой из двух нитей представляет собой круг радиусом R , а осевая линия нити – винтовую линию с углом подъема α и радиусом, равным радиусу поперечного сечения крученой нити, т.е. тоже R ; кривизна винтовой линии является постоянной и равна $\kappa_3 = \frac{\sin^2 \alpha}{R}$, кручение $\kappa_1 = \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{R}$. Между нитями вдоль винтовой линии возникает контактная равномерно распределенная нагрузка интенсивностью q_0 ; последовательность точек касания образует прямую ось крученой нити. Технология формирования крученой нити должна обеспечить получение равновесной структуры. Ось крученой нити является прямой линией контакта нитей.

Прочность скрученной нити определяется выражением

$$P_k = 2 \left(\frac{T}{\cos \alpha} - \frac{q_0 R}{\cos \alpha} \right), \quad (1)$$

где: T – натяжение пряжи в момент разрыва; α – угол кручения скрученной пряжи; B – жесткость пряжи при кручении; R – радиус поперечного сечения пряжи.

Контактная нагрузка определялась по формуле:

$$q_0 = \frac{(TR^2 + B \cos^2 \alpha) \sin^2 \alpha}{R^3 (2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha)}. \quad (2)$$

В третьей главе проведено определение жесткости пряжи 31текс×2 для трех основных составов смесей, которые определены в современной классификации камвольной пряжи в соответствии с ГОСТ 30702-2000: вариант 1 чистошерстяная пряжа, для производства которой используется шерсть мериносовая 64^к I дл., сорн. (M21Imз.), вариант 2 полушерстяная пряжа, для производства которой используется 50 % - шерсть мериносовая 64^к I дл., сорн. (M21Imз.) и 50% - полиакрилонитрильные волокна, вариант 3 чистохимическая пряжа, для производства которой используется полиакрилонитрильные волокна.

Жесткость при кручении определена экспериментально на крутильном динамометре и вычислялась из соотношения:

$$B_y = B_{ch} \frac{\varphi_{ch}}{L_{ch}} \frac{L_y}{2\pi n}, \quad (3)$$

где B_y – жесткость пряжи, сН·мм²; φ_{ch} – угол закручивания чувствительного элемента, рад; L_{ch} – длина чувствительного элемента (стальной проволоки); L_y – длина пряжи; n – число оборотов, на которое закручивается пряжа (табл. 1).

Таблица 1

Параметры жесткости при кручении

	Чистошерстяная камвольная пряжа 31текс	Полушерстяная камвольная пряжа 31текс	Чисто химиче- ская камвольная пряжа 31текс
Жесткость при кручении B , сН·мм ²	0,042	0,047	0,112
Контактная нагрузка q_0 , сН/мм	15,057	22,644	40,929

Получены значения жесткости при кручении и контактной нагрузки для пряжи 31 текс различных составов смеси, которые позволили вести теоретические расчеты.

В четвертой главе проведены теоретические расчеты прочности одиночной и скрученной камвольной пряжи 31текс×2 для трех составов смесей: чистошерстяной, полушерстяной и чисто химической с первичной круткой 560 кр/м и вторичной круткой 200 кр/м.

Для выработки одиночной и скрученной камвольной пряжи разработаны технологические переходы и планы прядения получения пряжи, которые имели следующие особенности: для чистошерстяной пряжи был выбран технологический план, включающий два перехода гребнечесания, процессы крашения и глажения; для полушерстяной пряжи технологический план предусматривает два перехода гребнечесания и смешивание химической штапельированной ленты до второго гребнечесания; для чисто химической пряжи предусматривается процесс штапельирования и переработка в ровницу на ровничном ассортименте.

В камвольной системе прядения процесс получения пряжи включает от пятнадцати до двадцати переходов, который происходит при значительной потере технологических свойств дорогостоящего шерстяного волокна: длины, прочности, удлинения. Теоретические расчеты прочности с использованием принятого метода позволяют вести проектирование с учетом прочности и длины волокна наиболее жесткого компонента.

Для оценки изменения длины волокон в технологических процессах и в дальнейших теоретических расчетах на приборе «Алметр AL – 100» определена длина волокон до и после второго гребнечесания (табл. 2).

Таблица 2

Изменение длины волокон после второго гребнечесания

Показатель	Длина волокна по диаграмме «Hauteur», мм	Коэффициент вариации по длине C_vH , %	Длина волокна по диаграмме «Barbe», мм	Коэффициент вариации по длине C_vB , %
Чистошерстяная лента после III перехода	55,4	46,8	67,6	41,7
Чистошерстяная гребенная лента	64,3	41,8	75,5	37
Полушерстяная гребенная лента	69,9	50,8	85,4	43,8

В результате приведенного анализа штапельных диаграмм с прибора «Алметр AL – 100» по показателям «Hauteur» и «Barbe» было выявлено увеличение длины волокон в процессе приготовления гребенной ленты. Длина волокон для чистошерстяной ленты увеличилась до 64,3 – 75,5 мм с коэффициентом вариации волокон по длине 41,8 – 37 %, для полушерстяной ленты до 69,9 – 85,4 мм с коэффициентом вариации волокон по длине 50,8 – 43,8 % .

Данные показатели были использованы при расчетах коэффициента скольжения и параметров распределения Вейбулла.

В процессе получения и переработки пряжи обрыв пряжи происходит в минимальном сечении пряжи на участках длиной: 1 – 2 см, 40 – 50 см, 1 – 5 м. Для расчетов минимальной линейной плотности камвольной пряжи

$T_{\min} = \bar{T} - 3\sigma$ необходимо использовать градиенты неровноты, которые были получены на приборе КЛА-2 (табл. 3, рис. 1).

Таблица 3

Градиенты неровноты камвольной одиночной пряжи

Показатели	Длина отрезка					
	0,2 см	50 см	1 м	3 м	5 м	25 м
Чистошерстяная пряжа	15,4	12,3	11,2	9,4	8,8	2,2
Полушерстяная пряжа	15,5	11	8,8	6,8	5	0,9
Чисто химическая пряжа	16,6	10,9	9	6,4	4,5	1

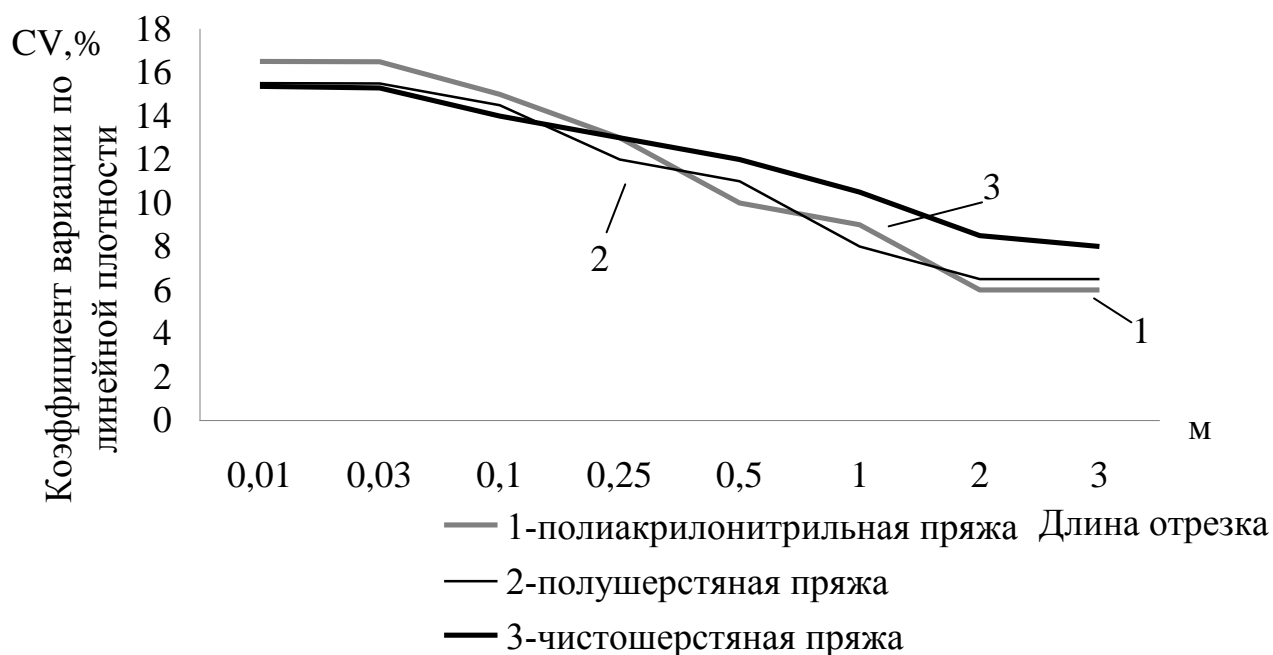


Рис. 1. Градиент неровноты камвольной одиночной пряжи

Теоретический расчет прочности одиночной и скрученной пряжи проведен с использованием параметров, приведенных в табл. 4.

Таблица 4

Характеристики свойств волокон смеси

Варианты смеси	Состав смеси	Квадратическая неровнота пряжи по линейной плотности, %	Линейная плотность волокна, текс	Прочность волокна, сН	Удлинение волокна, %	Средняя длина волокон компонента, мм
1	2	5	7	8	9	10
1	Шерсть мериносая 64 ^к , I дл., сорн. (M24Iмз)	12,3	0,42	9,54	2,06	67,7
2	Шерсть мериносая 64 ^к , I дл., сорн. (M24Iмз)	11,0	0,42	9,54	2,06	67,7
	Полиакрилонитрильное волокно		0,40	18,5	2,34	65,0
3	Полиакрилонитрильное волокно	10,9	0,40	18,5	2,34	65,0

Прочность одиночной пряжи вычислена по формуле:

$$P_* = \bar{P}_b(l)m_i \left(1 + \sum_{i=1}^n e_i \right) k k_c \langle \cos \vartheta \rangle, \quad (4)$$

где: \bar{P}_b – прочность волокон длиной l наиболее жесткого компонента; m_i – число волокон наиболее жесткого компонента; $\left(1 + \sum_{i=1}^n e_i\right)$ – сумма соотношения жесткостей волокон в пряже; k – коэффициент реализации средней прочности волокон; k_c – коэффициент скольжения; ϑ – угол ориентации отдельных волокон.

Для определения коэффициента скольжения использовано соотношение:

$$k_c = 1 - \frac{2}{3l_b} \sqrt{\frac{d_b Q}{2\mu(1 - \cos^2 \beta)}}, \quad (5)$$

где d_b – диаметр волокна; Q – длина волны миграции, которую можно принимать равной четырем виткам крутки; μ – коэффициент трения между волокнами; l_b – длина волокна.

Коэффициент реализации прочности волокон в пряже определен из теоретической зависимости:

$$k = \frac{(\alpha e)^{-\frac{1}{\alpha}}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)}, \quad (6)$$

где α – параметр распределения Вейбулла прочности волокон; $\Gamma(x)$ – гамма-функция Эйлера.

Для прогнозирования прочностных характеристик и автоматизации проектирования составов смеси из волокон различной природы разработаны и зарегистрированы две программы для ЭВМ (номер регистрации 2012617967 от 3 сентября 2012 и номер регистрации 2013610687 от 9 января 2013 года), которые позволяют определять: среднюю длину волокон каждого компонента, мм; среднюю линейную плотность волокон в смеси, текс; минимальную линейную плотность пряжи, текс; жесткость волокон каждого компонента, сН; число волокон в пряже; число волокон каждого компонента; параметры распределения Вейбулла для каждого компонента; коэффициент реализации средней прочности волокон в пряже; длину участка скольжения, мм; коэффициент скольжения; теоретическую прочность одиночной пряжи, сН; жесткость одиночной пряжи при кручении, сН·мм²; радиус сечения каждой из скрученных нитей, мм; угол кручения скрученной пряжи, рад; контактную нагрузку скрученной пряжи, сН/мм; теоретическую прочность скрученной пряжи, сН.

Впервые получены зависимости прочности P_k и контактной нагрузки q_0 одиночной и скрученной в два сложения чистошерстяной, полушерстяной и чисто химической пряжи (табл. 5)

Таблица 5

Показатели теоретических расчетов прочности камвольной пряжи различных составов смеси

1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Вариант смеси	Состав смеси	Жесткость единичного волокна, сН	Средняя линейная плотность волокон в смеси, текс	Минимальная линейная плотность пряжи, текс	Доля компонентов по числу волокон	Число волокон в пряже	Жесткость каждого компонента, сН	Параметры распределения Вейбулла	Коэффициент реализации средней прочности волокон	Длина волны миграции волокон	Длина скольжения волокна, мм	Длина волокна, воспринимающая и передающая нагрузку, мм	Прочность единичного волокна наиболее жесткого компонента, сН	Коэффициент скольжения волокон	Теоретическая прочность одиночной пряжи, сН	Теоретическая прочность скрученной пряжи, сН
1	Шерсть мериноская 64 ^к , I дл., м.з., (M24Iмз)	46,31	0,42	20	1	48	2222,913	$P_w=11,357$ $a = 4,325$	0,571	7,143	2,585	62,529	6,768	0,975	173,9	338,5
2	Шерсть мериноская 64 ^к , I дл., м.з., (M24Iмз)	46,31	0,41	21	0,478 0,522	24 27	1111,456	$P_w = 19,45$ $a = 4.325$	0,621	7,143	2,585	59,829	11,71	0,973	261,2	495,7
	Нитроновое волокно	2134,615														
3	Полиакрилонитрильные волокна	79,06	0,4	21	1	53	4190,171	$P_w = 19,45$ $a = 4.325$	0,621	7,143	2,585	59,829	11,71	0,973	468,9	891,4

Прочность скрученной камвольной пряжи 31 текс×2: 1 вариант – 338,5 сН; 2 вариант – 445,7 сН; 3 вариант – 891,4 сН. Экспериментальная прочность пряжи ниже на 5-10%, относительная доверительная ошибка 3 %.

В пятой главе проведено аналитическое проектирование прочности скрученной камвольной пряжи основных групп классификации камвольных смесей в соответствии с ГОСТ 30702-2000.

В климатических условиях России особое место в структуре ассортимента тканей и трикотажа занимает одежда из чистошерстяной, полушерстяной и чисто химической пряжи. Создание новых структур с улучшенными качественными показателями на основе оптимальных ресурсосберегающих процессов при снижении материалоемкости и увеличении производительности оборудования возможно на основе аналитических методов проектирования прочностных показателей пряжи с использованием современных вычислительных средств. Производство камвольной скрученной пряжи и составов смесей регламентировано классификацией, разработанной ОАО НПК «ЦНИИШерсть», которая рекомендует составы смеси в зависимости от тонины шерсти: тонкой, полутонкой, полугрубой и грубой с вложением химических волокон. Прочностные свойства регламентированы, и для скрученной камвольной пряжи составляет от 6 до 6,4 сН/текс.

Проведены расчеты для теоретического проектирования прочностных показателей групп смесей 1-К; 1.3-К; 2-К; 2.3-К; 3-К; 3.3-К шерстяных волокон тониной 22 – 30 мкм и нитроновых волокон для пряжи линейной плотности 19 текс, 21 текс, 28 текс, 31 текс и 42 текс с круткой 200 кр/м.

Для проектирования прочностных параметров для основных групп камвольных смесей одиночной пряжи впервые установлены диапазоны изменения теоретических параметров для чистошерстяных смесей при вложении мериносовой шерсти 64^к, мериносовой шерсти 60^к, кроссбредной шерсти 50^к и полушерстяных смесей с вложением полиакрилонитрильных волокон: жесткости волокон основных групп камвольных смесей 41,5 – 79 сН; средней линейной плотности смесей основных групп камвольных смесей 0,47 – 0,94 текс; числа волокон в минимальном сечении пряжи основных групп камвольных смесей 17 – 51; пределов жесткости различных компонентов групп классификации: для чистошерстяных смесей 705,6 – 1466,3 сН, для полушерстяных смесей 432,5 сН – 2134,6 сН; теоретического коэффициента реализации средней прочности волокон в камвольной одиночной пряже с использованием параметров распределения Вейбулла и гамма-функции Эйлера: для чистошерстяных смесей 0,621 – 0,801, для полушерстяных смесей 0,621 – 0,833; теоретического коэффициента скольжения для одиночной камвольной пряжи: для чистошерстяных смесей 0,975 – 0,977; для полушерстяных смесей 0,967 – 0,98. В табл. 6 приведены показатели теоретических расчетов для пряжи групп классификации камвольных смесей.

Таблица 6

Показатели теоретических расчетов прочности скрученной пряжи основных групп классификации камвольных смесей

Группа смеси	Состав смеси	Линейная плотность пряжи, текс	Средняя линейная плотность волокон в смеси, текс	Минимальная линейная плотность пряжи, текс	Жесткость волокна, сН	Число волокон каждого компонента	Квадратическая неровность пряжи по линейной плотности «Ус-тер», %	Средняя длина волокон компонента, мм	Коэффициент реализации средней прочности волокон	Коэффициент скольжения волокон	Прочность одиночного волокна наиболее жесткого компонента, сН	Теоретическая прочность одиночной пряжи, сН	Теоретическая прочность скрученной камвольной пряжи, сН
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1-К	Шерсть мериносая 64 ^к , I дл., сорн., (M22Iмз)	19	0,472	8	41,51	17	20	80	0,833	0,977	7,633	96,26	184,70
1-К	Шерсть мериносая 64 ^к , I дл., сорн., (M22Iмз)	21	0,472	9	41,51	19	19,5	80	0,833	0,976	7,633	108,21	210,16
1-К	Шерсть мериносая 64 ^к , I дл., сорн., (M22Iмз)	28	0,472	13	41,51	28	18	80	0,833	0,974	7,632	157,59	306,34
1.3-К	Шерсть мериносая 64 ^к I сор., (M22Iмз).	19	0,486	9	41,26	11	18,3	80	0,833	0,980	7,555	105,32	201,76
	Нитроновое волокно				54,06	8		95					
1.3-К	Шерсть мериносая 64 ^к I сор., (M22Iмз).	21	0,486	10	41,26	12	17,8	80	0,833	0,980	7,557	121,70	231,55
	Нитроновое волокно				54,06	9		95					
1.3-К	Шерсть мериносая 64 ^к I сор., (M22Iмз).	28	0,486	14	41,26	16	17,1	80	0,621	0,978	10,682	162,40	314,54
	Нитроновое волокно				54,06	13		95					
2-К	Шерсть мериносая 60 ^к , I дл., сорн., (M24Iмз)	31	0,592	15	43,59	25	17,5	80	0,801	0,975	7,754	173,60	338,50
2.3-К	Шерсть мериносая 60 ^к I сор., (M24Iмз).	31	0,410	21	46,31	24	16	80	0,621	0,967	11,71	261,20	495,70
	Нитроновое волокно				79,06	27		95					
3-К	Шерсть кроссбредная 50 ^к , I дл., сорн., (K30Iмз)	42	0,940	21	66,65	22	17	90	0,793	0,975	14,049	248,70	469,71
3.3-К	Шерсть кроссбредная 50 ^к , I дл., сорн., (K30Iмз)	42	0,784	24	66,65	13	14,5	90	0,621	0,976	10,987	282,30	535,74
	Нитроновое волокно				54,06	18		95					

На основании использования теоретических расчетов для скрученной камвольной пряжи основных групп классификации камвольных смесей определены контактные нагрузки, возникающие в скрученной пряже линейных плотностей 19 текс – 42 текс.

Получены теоретические зависимости пределов изменения теоретической прочности одиночной и скрученной камвольной пряжи основных групп классификации камвольных смесей, в соответствии с ГОСТ 30702 – 2000 для линейных плотностей пряжи 19 текс, 21 текс, 28 текс, 31 текс, 42 текс: для одиночной пряжи чистошерстяных смесей от 96,3 сН до 248,7 сН и для полушерстяных смесей от 105,3 сН до 282,3 сН; для скрученной пряжи чисто шерстяных смесей от 184,7 сН до 464,7 сН и для полушерстяных смесей от 201,8 сН до 535,7 сН.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЕ

1. Проведены анализ и обобщение исследований для оценки оптимальных качественных и количественных характеристик скрученной пряжи: жесткость при кручении, остаточная неравномерность скрученных нитей, релаксация напряжений при кручении, сопротивление кручению и изменение длины нити вследствие кручения, модуль начальной жесткости.
2. Обобщены исследования по проектированию прочности скрученной и одиночной пряжи в работах известных ученых. Для проектирования прочности скрученной камвольной пряжи различного сырьевого состава разработан и принят аналитический метод проектирования.
3. Определены геометрические и силовые параметры, обеспечивающие равновесность скрученной в два сложения пряжи.
4. Получена аналитическая зависимость для расчета контактной нагрузки в скрученной пряже с использованием следующих параметров: прочности, радиуса и угла подъема винтовой линии, натяжения, перерезывающих сил, изгибающих и крутящих моментов одиночной пряжи.
5. Дан теоретический расчет скрученной камвольной пряжи различного сырьевого состава с учетом контактной нагрузки скрученных нитей. Уточненный теоретический метод использован для расчетов и обобщений при расчете прочности скрученной камвольной пряжи различных линейных плотностей и составов смесей для основных групп смесей классификации камвольных смесей в соответствии с ГОСТ 30702-2000.
6. Для определения жесткости одиночной камвольной пряжи разработан метод крутильного динамометра и уточнена методика оценки жесткости одиночной камвольной пряжи при кручении. Впервые получены расчетные значения жесткости при кручении камвольной пряжи различных смесовых составов для расчета теоретической прочности пряжи по новой классификации смесей.
7. Установлено, что жесткость при кручении камвольной пряжи 31 текс из полиакрилонитрильных волокон больше жесткости чистошерстяной пряжи в 2,66 раз и полушерстяной пряжи в 2,38 раз.

8. При отсутствии внешнего нагружения рассчитана контактная нагрузка, которая для чистошерстяной камвольной пряжи составила 15,057 сН/мм, полшерстяной камвольной пряжи – 22,644 сН/мм и чисто химической камвольной пряжи – 40,929 сН/мм.
9. Разработаны оптимальные планы прядения для выработки скрученной камвольной пряжи 31 текс×2 следующих составов смесей: вариант 1 чистошерстяная пряжа-шерсть мериносовая 64^к, I дл., сорн. (М21I мз) 100%; вариант 2 полшерстяная пряжа-шерсть мериносовая 64^к, I дл., сорн. (М21I мз) 50% и полиакрилонитрильные волокна 50%; вариант 3 чисто химическая пряжа-полиакрилонитрильные волокна 100%, которые предусматривают двухкратное гребнечесание.
10. Для теоретических расчетов прочности скрученной пряжи разработаны и внедрены в практику две программы для ЭВМ, зарегистрированные в государственном реестре РФ № 2012617967 от 3 сентября 2012 и № 2013610687 от 9 января 2013 года.
11. Проведены исследования градиентов неровности с использованием прибора КЛА-2 для одиночной чистошерстяной камвольной пряжи 31 текс, одиночной полшерстяной камвольной пряжи 31 текс; одиночной химической пряжи 31 текс и для скрученной камвольной 31 текс ×2.
12. Определены значения изменения длины волокон в технологическом процессе с использованием прибора «Алметр AL-100» для трех составов камвольной пряжи 31 текс×2, которые позволили определить прочностные свойства волокон в зависимости от длины.
13. Для проектирования прочностных параметров для основных групп камвольных смесей одиночной пряжи впервые установлены:
 - жесткость волокон основных групп камвольных смесей 41,5 – 79 сН;
 - средняя линейная плотность смесей основных групп камвольных смесей 0,47 – 0,94 текс;
 - число волокон в минимальном сечении пряжи основных групп камвольных смесей 17 – 51;
 - пределы жесткости различных компонентов различных групп классификации: для чистошерстяных смесей 705,6 – 1466,3 сН, для полшерстяных смесей 432,5 сН – 2134,6 сН;
 - теоретический коэффициент реализации средней прочности волокон в камвольной одиночной пряже с использованием параметров распределения Вейбулла и гамма-функции Эйлера: для чистошерстяных смесей 0,621 – 0,801, для полшерстяных смесей 0,621 – 0,833;
 - теоретические коэффициенты скольжения для одиночной камвольной пряжи: для чистошерстяных смесей 0,975 – 0,977; для полшерстяных смесей 0,967 – 0,98.
14. Установлены теоретические зависимости пределов изменения теоретической прочности одиночной и скрученной камвольной пряжи основных групп классификации камвольных смесей, в соответствии с ГОСТ 30702 – 2000 для линейных плотностей пряжи 19 текс, 21 текс, 28 текс, 31 текс, 42

текс: для одиночной пряжи чистошерстяных смесей от 96,3 сН до 248,7 сН и для полушерстяных смесей от 105,3 сН до 282,3 сН; для скрученной пряжи чисто шерстяных смесей от 184,7 сН до 464,7 сН и для полушерстяных смесей от 201,8 сН до 535,7 сН.

15. Разработаны параметры получения фасонной пряжи с использованием скрученной камвольной пряжи 31 текс×2 и внедрены в производство ЗАО «Текстильная фирма «Купавна»» следующих артикулов: «Элегия» артикул С 155-ИА; «Джулия» артикул С 246-ИА; «Жасмин» артикул 3681.

Основное содержание диссертационной работы отражено в следующих публикациях:

1. В.П. Щербаков, Н.С. Скуланова, О.Ю. Дмитриев, И.Б. Цыганов, Е.Р. Попова. Теоретические основы и экспериментальное определение жесткости нити при кручении и изгибе. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности № 6. 2012г. **(из перечня ВАК)**
2. Скуланова Н.С., Попова Е.Р., Артиков А.О. Проектирование прочности камвольной пряжи с вложением полиакрилонитрильных волокон. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности № 2. 2013г. **(из перечня ВАК)**
3. В.П. Щербаков, Н.С. Скуланова, О.Ю. Дмитриев, И.Б. Цыганов, Е.Р. Попова. Теория и расчет силовых факторов определяющих равновесную структуру крученной нити. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности № 1. 2013г. **(из перечня ВАК)**
4. Скуланова Н.С., Попова Е.Р. Теоретический расчет прочности и методика определения жесткости скрученной нити при кручении. // Химические волокна, № 2, 2013г. **(из перечня ВАК)**
5. Скуланова Н.С., Колесников Ю.П., Артиков А.О., Попова Е.Р. Исследование технологии получения аппаратной пряжи с использованием гребенного топса. Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК - 2011) Тезисы докладов. – И.; ИГТА, 2011.
6. Скуланова Н.С., Колесников Ю.П., Попова Е.Р. Проектирование прочности камвольной пряжи с вложением полиакрилонитрильных волокон. Всероссийская научно-техническая конференция «Текстиль XXI века». Тезисы докладов. – М.; МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2011.
7. Скуланова Н.С., Попова Е.Р. Расчет прочности скрученных нитей. Всероссийская научно-техническая конференция «Текстиль XXI века». Тезисы докладов. – М.; МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2012.
8. Разумеев. К.Э., Скуланова Н.С., Родионов В.А., Попова Е.Р., Оренбах С.Б. Проектирование прочности аппаратной пряжи аналитическим методом. Сборник научных трудов ОАО НПК «ЦНИИШЕРСТЬ» «Разработка научных основ и промышленное освоение эффективных ресурсосберегающих технологий производства и глубокой переработки шерсти и других видов натуральных и химических волокон» 2011г. - с.113-119

9. N.S. Skulanova, E.R. Popova. Theoretical calculation of strength and method of determining the stiffness of twisted yarn in torsion. *Fiber chemistry*, Vol.45, № 2, July, 2013 Pages 101-103.
10. Н.С. Скуланова, Е.Р. Попова, И.И. Ган, М.О. Скачкова, Ю.Г. Прозорова Теоретический расчет прочности скрученной камвольной полушерстяной пряжи различных линейных плотностей. Межвузовская научно-техническая конференция аспирантов и студентов «Молодые ученые – развитию текстильной и легкой промышленности» (ПОИСК - 2014) Тезисы докладов. – И.; ИГТА, 2014.

Попова Евгения Романовна

**РАЗРАБОТКА ТЕОРИИ И РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ СКРУЧЕННОЙ
КАМВОЛЬНОЙ ПРЯЖИ**

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Усл.-печ. 1,0 п.л. Тираж 70 экз. Заказ № _____
Информационно-издательский центр МГУДТ
117997, г. Москва, ул. Садовническая, 33, стр. 1
Тел/факс (495) 506 72 71
e-mail: rfrost@yandex.ru

Отпечатано в ИИЦ МГУДТ