

*На правах рукописи*



БАЙЧОРОВ ТИМУР МУРАТОВИЧ

РАЗРАБОТКА И УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ТОНКОЙ ШЕРСТИ  
ПО ЦИКЛУ «НЕМЫТАЯ ШЕРСТЬ – ТРИКОТАЖНАЯ ПРЯЖА»

Специальность 05.19.02 - «Технология и первичная обработка  
текстильных материалов и сырья»

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва – 2019

Работа выполнена на кафедре «Текстильные технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н.Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)».

Научный руководитель: **Разумеев Константин Эдуардович**  
доктор технических наук, профессор кафедры Текстильные технологии, декан Текстильного института ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», г.Москва

Официальные оппоненты: **Жуков Владимир Иванович**  
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Механических технологий волокнистых материалов ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет» г. Кострома

**Сильченко Елена Владимировна** кандидат технических наук, руководитель Управления научно-исследовательских работ и научно-технического сопровождения ООО Управляющая компания «Чайковский текстиль», г. Москва

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», г.Санкт-Петербург**

Защита диссертации состоится «20» февраля 2020 года в 10:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.144.06, созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» (ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина») по адресу: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д.33, стр.1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» и на официальном сайте <https://kosygin-rgu.ru/>

Автореферат разослан « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 года

Ученый секретарь  
диссертационного совета



Кирсанова Е. А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Одной из неотъемлемых частей российского народного хозяйства является текстильная промышленность, а в ее рамках одним из наиболее многопереходных – шерстяное производство.

Процессы первичной обработки шерсти и прядения являются важнейшими на подготовительных этапах прядильного производства, точки зрения, комплексного необратимого воздействия на многие характеристики (свойства) волокон.

Строение и свойства шерстяного волокна во многом определяют его использование в производстве, разновидность шерстяных изделий и качество. Характеристики составляющих свойств являются отражением технических условий в шерстяном производстве, и определяют качество шерсти на предприятиях первичной обработки шерсти и в прядильном производстве. «Квест-А» – единственное предприятие в России с полным циклом переработки шерсти, начиная от приемки шерсти до производства готовой пряжи. Исходя из этого, предоставляется возможность мониторинга и изучения технологического процесса выработки шерстяной пряжи, начиная с процессов подготовки немытой шерсти к ее первичной обработке, а также проведения исследования и анализа влияния и зависимости факторов на прочность готовой продукции на каждой стадии производства трикотажной пряжи.

Усовершенствование технологии путем разработки автоматизированного процесса позволяет оказать влияние непрерывной обработки шерсти на прочность в каждом из процессов цикла и автоматизированной системы проектирования и оценки разрывных характеристик шерстяной и трикотажной пряжи.

Разработанная технология позволит применить методику оценки прочности при помощи автоматизированного процесса для пучка параллельных нитей и иных текстильных изделий, получаемых способом прядения или кручения.

Для повышения физико-механических характеристик одиночной нити видится целесообразным изучить процесс получения одиночной нити, начиная с немытой шерсти.

**Объект исследования** – непрерывная технология первичной обработки и глубокой переработки шерсти.

**Предмет исследования** – отечественная тонкая шерсть.

**Целью диссертационной работы** является исследование непрерывной технологии первичной обработки и глубокой переработки отечественной тонкой шерсти на базе действующего предприятия влияние процессов обработки шерсти и процесса прядения на характеристики волокон, разработка автоматизированной системы расчета прочности шерстяного волокна, нити и пряжи, определение основных факторов, влияющих на прочность и качество шерсти, от которых зависит динамика и эффективность процессов производства.

Для решения поставленных целей были определены задачи:

- анализ существующих теоретических и экспериментальных методов оценки процессов обработки шерсти и процесса прядения, оценка информативности и перспективности результатов для дальнейшего использования;
- изучение физико-механических характеристик массы шерсти и ее изменения в процессах переработки и прядения, а также определение наиболее рациональных методов анализа характеристик;
- проведение планирования и обработки результатов экспериментов для определения оптимальных видов распределений свойств отечественной тонкой шерсти и оценки их изменения в процессах переработки и прядения;
- разработка системы обработки результатов прочностных характеристик и свойств волокнистого сырья, нитей и шерстяной трикотажной пряжи на разных этапах производства и построение на их основе модели преобразования распределения этих свойств.
- разработка методики расчета и оценки прочности нити и шерстяной трикотажной пряжи. Исследования вопроса применения разработанной технологии смежных областях.

#### **Методы исследования**

В работе использованы различные методы проведения и обработки результатов экспериментов, проектирование технологического процесса непрерывной технологии переработки шерсти, проектирование математической модели, методы компьютерно-статистического моделирования, теории вероятностных процессов и разработки автоматизированной системы.

**Научная новизна** работы заключается в:

- исследовании развития рынка шерсти и прогноз объемов производства шерсти с учетом различных факторов в Карачаево-Черкесской республике. Оценке возможностей для развития производства отечественной тонкой шерсти и шерстяной трикотажной пряжи;
- анализе факторов, влияющих на прочностные характеристики волокнистой массы шерсти и динамику изменений структуры волокон на предприятии с непрерывной технологией переработки отечественной тонкой шерсти по циклу «немытая шерсть – трикотажная пряжа»;
- разработке методов оценки влияния факторов на прочность волокон (ленты, шерстяной пряжи) на каждом этапе непрерывной технологии переработки шерсти;
- разработке комплекса алгоритмов для компьютерного моделирования оценки прочности шерстяной нити и пучка параллельных нитей;
- разработке компьютерных моделей для статистического моделирования различных схем и различными методами оценки прочности шерстяной нити и пучка параллельных нитей позволили установить взаимосвязь между прочностью и составляющими свойствами нити;

- разработке автоматизированной системы проектирования и оценки разрывных характеристик шерстяной нити и шерстяной трикотажной пряжи;
- исследовании возможности применения разработанной автоматизированной системы, в исследовании вопросов прочности крученых и плетеных изделий.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Разработаны методы оценки и расчета прочностных характеристик в процессе обработки отечественной тонкой шерсти и при производстве шерстяной трикотажной пряжи.

Применена методика расчетов выхода чистой шерсти и шерстяной ленты в непрерывном технологическом процессе по международным стандартам IWTO.

Разработанные в диссертации автоматизированные системы и модели компьютерного моделирования позволяют выбрать оптимальные условия технологических режимов различных процессов при разработке и усовершенствовании непрерывной технологии переработки отечественной тонкой шерсти по циклу «немытая шерсть – трикотажная пряжа». В сфере переработки шерсти и на предприятиях прядения созданное программное обеспечение будет эффективным инструментом анализа уровня качества и прочности вырабатываемого изделия, а также в выборе оптимальных технологических условий.

Улучшение механических характеристик шерсти в производстве трикотажной пряжи по циклу немытая шерсть – трикотажная пряжа. Оценка факторов, влияющих на характеристики шерсти на каждом этапе производства шерстяной трикотажной пряжи.

Разработки и рекомендации автора в диссертации, были использованы при выборе технологических режимов переработки шерсти и производстве шерстяной трикотажной пряжи на предприятии ООО «Квест–А».

**Достоверность результатов и проведенных исследований** подтверждается большим объемом проведенных исследований применением предложенных методов и способов исследования, апробацией основных положений диссертационной работы в научных изданиях и на конференциях.

**Личный вклад соискателя.** Основные результаты и положения, выносимые на защиту, получены автором лично. Автор самостоятельно провел анализ влияния и зависимости факторов на прочность и качество, шерстяного волокна и шерстяной пряжи на каждой стадии производства трикотажной пряжи, разработал методику и алгоритм моделирования расчета выхода топса из немытой тонкой отечественной шерсти отвечающими международным стандартам IWTO и разработал системы компьютерного расчета прочностных характеристик шерстяной трикотажной пряжи, пучка (пасмы) параллельных нитей и крученых изделий в зависимости от свойств составляющих их прядей.

**Апробация работы.** Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались:

– на международном лектории, посвященном 30-летию кафедры «Системы автоматизированного проектирования и информационные системы» Воронежского государственного технического университета и памяти ведущих ученых в области САПР (2014, ВГТУ, Воронеж);

– на международной научно-технической конференции «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» (ИННОВАЦИИ-2014, 2015, МГУДТ, Москва);

– на международной научно-практической конференции «Наука сегодня: Постулаты прошлого и современные теории» (2015, «Академия Бизнеса», Саратов).

– на XVIII международной научно-практической конференции «Техника и технология: новые перспективы развития» (2015, Саратов);

**Публикации.** По материалам диссертационной работы опубликованы 13 работ, из которых 5 статьи в журналах, входящих в перечень ВАК, 3 статьи в других изданиях, 5 тезисов докладов в сборниках материалов научных конференций.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа изложена на 158 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, общих выводов по работе, списка используемой литературы из 137 наименований, 3 приложений, 46 рисунков и 28 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены цели и задачи исследования. Дана характеристика научной новизны и практической значимости работы.

В **первой главе** проведен анализ существующих работ по исследованию процессов первичной обработки отечественной тонкой шерсти и факторов влияющих на характеристики шерстяного волокна и шерстяной трикотажной пряжи. Произведен анализ работ по исследованию вопросов прочности пучка параллельных нитей и текстильных изделий получаемых способом прядения и кручения. Произведен анализ разработанных автоматизированных систем по оценки прочностных характеристик шерстяной трикотажной пряжи, пучка параллельных нитей и иных крученых текстильных изделий. Основной вклад в этой области исследований внесли В.П. Щербаков, Н.С. Скуланова, А.Н. Соловьев, Ю.М. Винтер, П.А. Севостьянов, К.И. Корицкий, К.Э. Разумеев, А.П. Коробейников и др.

Произведен анализ предметной области исследования. Рассмотрены вопросы формирования и развития межрегионального и всероссийского рынков шерсти, которые наиболее актуальны для Карачаево-Черкесской республики. Определена целесообразность усовершенствования непрерывной технологии первичной обработки и глубокой переработки отечественной тонкой шерсти, в рамках одного предприятия.

Проведен анализ теоретических, экспериментальных и компьютерных методов исследования вопросов прочности при непрерывной технологии

переработки отечественной тонкой шерсти по циклу «немытая шерсть – трикотажная пряжа». Установлена необходимость разработки методов исследования при помощи компьютерного моделирования и автоматизированной системы, процессов определения прочностных характеристик шерстяной нити, пучка параллельных нитей, шерстяной трикотажной пряжи, учитывающих неравномерность их характеристик и свойств.

Во **второй** главе производится исследование технологических процессов первичной обработки и глубокой переработки отечественной тонкой шерсти в рамках одного предприятия. Выявлены основные факторы, влияющие на характеристики шерстяных волокон отечественной тонкой шерсти и трикотажной пряжи. Определены методы, которые позволят усовершенствовать процесс первичной обработки шерсти по этапу непрерывной технологии. Определены факторы, влияющие на качество и прочность шерстяного волокна в процессах переработки тонкой шерсти.

Было изучено влияние влаги в сырье на прочностные характеристики волокна шерсти и роль сушки в процессе ПОШ. Рассмотрев относительную влажность воздуха и удельную разрывную нагрузку волокна.

В пределах относительной влажности воздуха от 0 до 100% удельная разрывная нагрузка волокна снижается с увеличением влажности воздуха.

Вычисление удельной – разрывной нагрузки волокна при различной относительной влажности воздуха.

$$P_v = 828 - 1,27\varphi + 0,004\varphi^2 \quad (1)$$

Где:  $P_v$  – разрывная нагрузка волокна,  $\varphi$  – относительная влажность воздуха.

Таким образом, увеличение влажности воздуха на 1% приводит к снижению удельной разрывной нагрузки волокна. Расчетные данные показателей снижения разрывной нагрузки шерстяного волокна приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Снижение разрывной нагрузки шерстяного волокна

Содержание влаги $x$ в 1 г шерсти, мг	Относительная разрывная нагрузка волокна $P$ , %		
	Найденная экспериментально в 1 г	Вычислено по формуле $P_v = 102,8 - 0,173x$	Потеря прочности, %
0	100	102,8	—
48	97,7	95,4	8,3
105	88	84,6	18,2
135	76	79,4	23,4

Причем при высоком начальном значении  $\varphi$ , потеря удельной разрывной нагрузки ниже, чем при меньшем начальном значении  $\varphi$ .

Тем самым, подобрав оптимальную температуру сушки и оптимальную влажность шерсти, достигнута наименьшая потеря прочностных

характеристик волокна и установлена температура сушки в диапазоне 105 – 108°C.

Были получены расчеты прочностных характеристик шерстяного волокна различного диаметра.

Максимальная разрывная нагрузка волокна при зажимной длине 10 мм, сН,

$$P_B = 0,0056d^2 + 0,503d - 3,77 \quad (2)$$

Разрывная длина волокна, км,

$$L_B = 5,6 + \frac{502}{d} - 3790/d^2 \quad (3)$$

В таблице 2 приведены расчеты прочностных характеристик шерстяного волокна различного диаметра, в том числе взятого за образец на предприятии «Квест-А» ( $d = 29$  мкм).

Таблица 2 – Прочностные характеристики шерстяного волокна

Диаметр, мкм	17	18	19	20	21	22	23	29
Разрывная нагрузка, сН	6,4	7,1	7,8	8,5	9,3	10	10,8	15,5
Абсолютная прочность, км	22	21,8	21,5	21,2	20,9	20,6	20,2	18,4

Из приведенных данных видно, что с увеличением диаметра волокна шерсти его абсолютная разрывная нагрузка последовательно возрастает, а абсолютная прочность снижается, хотя и медленнее.

При взятом образце тонкой/полутонкой шерсти скорость прохождения шерсти через чесальную машину установлена на уровне — 30 г/м. Выбрав и установив в технологическом процессе скорость объема ниже (27-28 г/м) прохождения через кардочесальную машину, фиксируется объем утери на выходе ~ 10%, что не превышает расчетные потери при чесании.

Потери сырья в процессе чесания без остановки машины, %,

$$\Pi = \frac{G_B - G_L}{G_B} 100 = \left(1 - \frac{G_L}{G_B}\right) 100, \quad (4)$$

где  $G_B$  — суммарная масса волокна за 10 последовательных бросков самовеса, г;  $G_L$  — масса ленты, наработанной машиной за время  $t$ , г; равное продолжительности поступления 10 бросков, г.

Для расчета измерялась масса волокна при каждом из 10 бросках, а также масса ленты и время наработки равное продолжительности поступления. Отсюда следует, что при  $G_B = 310 + 312 + 302 + 315 + 298 + 311 + 306 + 319 + 305 + 301 = 3079$  г., и  $M = 2796$  г.,  $\Pi = \left(1 - \frac{3079}{2796}\right) 100 = 10,12\%$

Получив сырье после мойки и сушки объемом 5,5 тонн, шерсть прошла процесс замаливания и поступила в кардочесальную машину, получив на выходе ~ 5 тонн.

Выбраны оптимальные критерии, которые минимально влияют на структуру волокна и установлена скорость в процессе прочеса в гребнечесальном агрегате ~ 27-30 г/м.

Средняя длина по образцам = 65 мм, средняя длина по образцам ленты или ровницы = 57 мм. Отсюда,  $\omega = \frac{65-57}{65} 100 = 12,3\%$ .



Из поступившего объема отечественной тонкой шерсти на гребнечесание, зафиксирован очес в размере ~13 %, что является подтверждением расчетным показателям.

Был произведен расчет определения растительных примесей в шерсти и выхода мытой шерсти из немытой в соответствии с нормативной документацией организации International Wool Textile Organization (IWTO).

По установленным стандартам IWTO для проведения эксперимента необходимо отобрать не менее 1 кг образца немытой шерсти.

Масса отобранного волокнистого материала должна соответствовать стандарту IWTO, т.е. каждый образец должен весить не менее 200 г.

Определение содержания растительных примесей в шерсти  $VMB$  (%) производят по следующей формуле:

$$VMB_i = \frac{100}{M_i} \sum_{j=1}^3 f_j m_j (1 - \frac{A_i}{m}) \quad (5)$$

Для выявления влияния факторов и характеристик шерсти при выходе мытой шерсти из немытой, представляется необходимым произвести расчеты по стандартам IWTO.

$$PA = 7,7 - \frac{40,6}{(7,8 + VMB - HH)} \quad (6)$$

Где:  $PA$  – потери волокна, рассчитывается по формуле (6), в зависимости от наличия  $VM$  – содержание примесей растительного происхождения, в долях в продукте;  $VMB$  – содержание примесей растительного происхождения, выраженного в процентах от веса основы, а  $HH$  – компоненты основного вещества растительного происхождения.

Таблица 3 – Результаты расчетов потери волокна в %, в зависимости от содержания растительных примесей в продукте

PA	2,75	3,03	3,29	3,51	3,72	3,91	4,23	4,5	4,74	4,94	5,11
VM	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8

Отсюда содержание шерсти (WB) =  $[SDRY + PA] / 1,207$ , где: SDRY – выход чистой шерсти после гребнечесания.

Результаты расчетов выхода топса из немытой шерсти по стандарту IWTO представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты расчетов выхода топса из немытой шерсти по стандарту IWTO

VM \ SCRD	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8
35	31,9	31	30,2	29,4	28,5	27,7	26,2	24,7	23,3	21,9	20,5
40	37	36,1	35,2	34,4	33,6	32,8	31,3	29,8	28,3	26,9	25,6
45	42	41,1	40,3	39,4	38,6	37,8	36,3	34,8	33,4	32	30,6
50	47,1	46,2	45,3	44,5	43,7	42,9	41,3	39,9	38,4	37	35,6
55	52,1	51,2	50,3	49,5	48,7	47,9	46,4	44,9	43,5	42,1	40,7

В процессе переработки отечественной тонкой шерсти по технологии первичной обработки и глубокой переработки шерсти на предприятии с полным циклом зафиксированы объемы выхода мытой шерсти из немытой, и

выход топса из мытой шерсти, соответствующие международному стандарту IWTO и возрастают относительно текущим показателям на производстве в среднем 2-3%.

В **третье** главе описаны разработанные компьютерные модели прогнозирования прочности пучка параллельных нитей. Созданные модели позволяют оценить разрывные характеристик пучка нитей, пригодные для практического использования. Произведено компьютерное моделирование прогнозирования прочности пучка параллельных нитей с использованием, закона Гука, нормального и гамма распределений. Дано математическое решение задачи о прочности пучка нитей для одного из типов нестационарной случайной функции нагрузки-удлинение. Разработан алгоритм решения задачи для принятой нестационарной случайной функции нагрузка – удлинение одиночной нити где производится вычисление статистических характеристик распределения коэффициента использования прочности пучка нитей: среднего значения, коэффициента вариации, асимметрии и эксцесса.

Были получены результаты моделирования прочности пучка при использовании различных законов. Результаты статистического моделирования разрыва пучка нитей по нормальному закону распределения приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты моделирования прочности пучка из 2 нитей при помощи закона нормального распределения

Коэффициент вариации одиночной нити по разрывной нагрузке, %	Коэффициент использования прочности	Коэффициент вариации разрывной нагрузки пучка, %
5	0,90	8,9
10	0,89	11,3
15	0,89	14,3
20	0,89	17,4
25	0,88	20,7

Из результатов наглядно видно, чем больше нитей находится в пучке, то КИП снижается. На рисунке 1 более подробно изображена зависимость коэффициента вариации одиночной нити по разрывной нагрузке к КИП.

Было получено заключение, что чем меньше количество нитей в пучке, тем больше влияние коэффициента вариации по разрывной нагрузке на прочность, чем при большом числе нитей. Данная закономерность хорошо прослеживается при двух нитях в пучке – коэффициент использования прочности изменяется на  $\sim 0,1$ , тогда как при 128 нитях в пучке коэффициент использования прочности меняется лишь  $\sim 0,001$ , что практически не значительно.

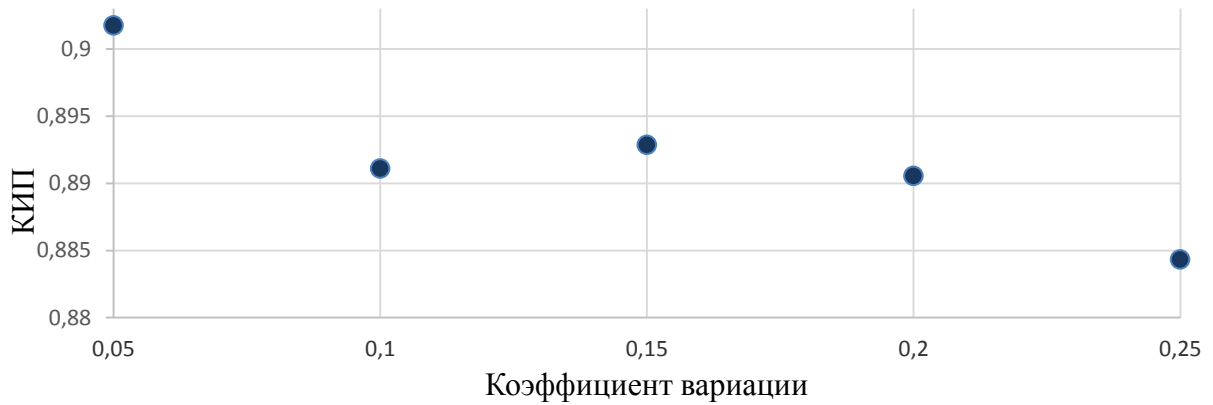


Рисунок 1 – Влияние коэффициента вариации одиночной нити на КИП при 2-х нитях в пучке

При построении зависимости коэффициента вариации пучка ( $CV$ ) в координатах  $(CV, 1/\sqrt{n})$ , видно, что с ростом  $n$  график стремится к прямой-асимптоте, коэффициенты которой находятся в полном согласии с теорией прочности текстильных изделий.

В исследовании вопроса было доказано, что компьютерное моделирование позволяет выявить наилучший показатель неравномерности распределения компонентов по сечению пряжи в тангенциальном направлении без проведения очень большого количества трудоемких экспериментов.

**В четвертой главе** рассмотрен вопрос расчета и моделирования физико-механических характеристик шерстяной трикотажной пряжи, полученной в условиях действующего предприятия, работающего по непрерывной технологии первичной обработки и глубокой переработки отечественной тонкой шерсти. Была выявлена необходимость в исследовании определения прочности шерстяной трикотажной пряжи в зависимости от составляющих ее свойств, таких как: коэффициент крутки, начальный шаг крутки, залегание волокон, усадка, структура изделия.

Был получен наиболее важный критерий оценки прочностных характеристик изделия – коэффициент использования прочности. Этот показатель равен отношению прочности изделия к суммарной прочности входящих в него элементов и отражает степень использования прочности сырья в готовом продукте.

$$\text{КИП} = \sqrt{1 - \frac{(\pi+4)^2 f_1^2(\varepsilon_p)}{(\varepsilon_p+1)^2 [H_o^2 + d_o^2 (\pi+4)^2]}} \quad (7)$$

где:  $\varepsilon_p$  – относительное разрывное удлинение входящих элементов,  $d_o$  – диаметр крученой трикотажной пряжи при отсутствии растягивающей нагрузки,  $f_1$  – характер функции ( $\varepsilon$ ).

Коэффициент использования прочности прядей в трикотажной пряже тем больше, чем больше, при прочих равных условиях, начальный шаг крутки –  $H_o$ . При бесконечно большом шаге крутки трикотажной пряжи превращается в параллельный пучок прядей, прочность которого равна

сумме прочностей, входящих в него элементов, при условии одновременности их разрыва.

Разработан алгоритм работы автоматизированной системы расчета прочностных характеристик шерстяной трикотажной пряжи, исходя из ее свойств. Так же, определять прочность изделия, основываясь на параметрах крутки и конечной структуре изделия.

Были получены расчетные характеристики учитывающих залегание элементов в трикотажной пряже без усадки, поскольку с увеличением относительной усадки элементов прочность изделия возрастает.

Для сравнения эффективности технологии переработки отечественной тонкой шерсти по циклу «немытая шерсть – трикотажная пряжа», произведен подобный расчет для предприятия «Квест-А» и для других предприятий шерстеперерабатывающей отрасли. Полученные результаты представлены на рисунке 2. Зависимость имеет линейный характер. Для анализа данных использовались методы проектирования относительной разрывной нагрузки шерстяной пряжи. Из них видно, что коэффициент совпадения близок к 1.

По результатам анализа полученной модели, можно выделить несколько свойств сырья, которые влияют на показатель прочности: тонина немытой шерсти  $d_B$ , линейная плотность пряжи  $T$  (влияние отрицательное); прогнозируемая длина волокон в гребенной ленте  $LH$ , разрывная нагрузка волокон шерсти  $p_B$ , крутка пряжи  $K$  (влияние положительное).

Проанализировав результаты проектирования абсолютной и относительной прочности на предприятиях с различным технологическим процессом, можно сделать вывод, что фактические результаты предприятия «Квест-А» отмечаются ближе к прогнозируемым, что говорит о более высокой степени эффективности процесса и лучшем качестве продукта на выходе.

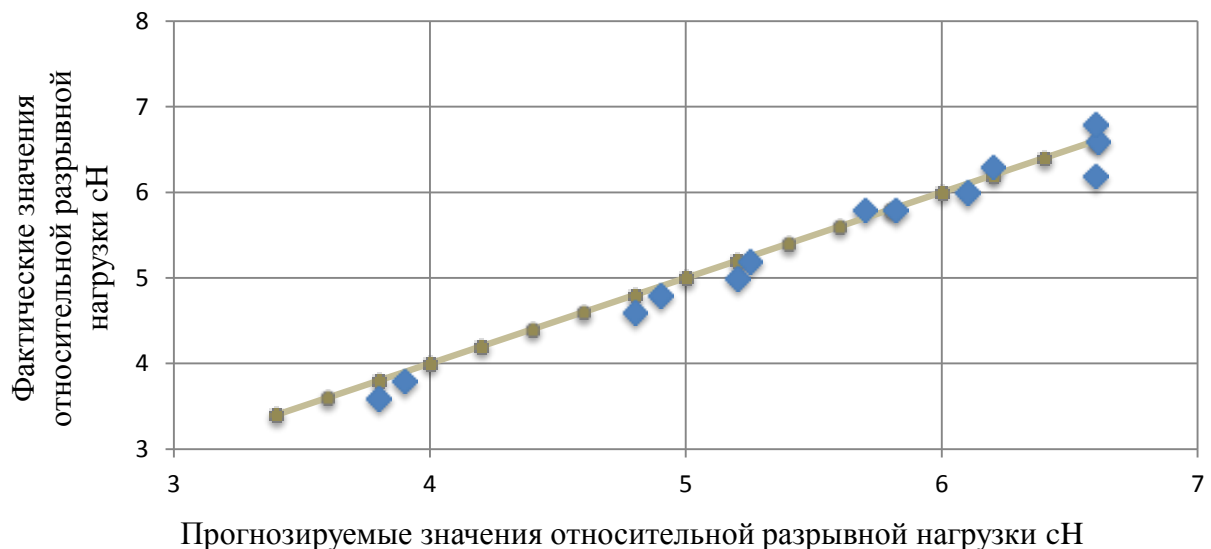


Рисунок 2 – Сравнение прогнозируемых значений относительной прочности

Так же, были рассмотрены структуры крученых и плетеных канатов. При этом проводилось сравнение с канатами иных способов переплетения с

целью выявления различных структур изделия. В ходе исследования было определено, что разработанные методы автоматизированного расчета прочностных характеристик крученой пряжи, так же применим для расчета прочностных характеристик крученых канатов. Так как, разработанная система позволяет устанавливать для расчета структуру и свойства составляющих прядей, описанная методика была применена в расчете прочности крученого каната.

## **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ**

1. Произведен анализ факторов, влияющих на прочностные характеристики шерсти в условиях действующего предприятия, работающего по непрерывной технологии первичной обработки и глубокой переработки отечественной тонкой шерсти.

2. Исследованы и разработаны методы оценки и расчета прочностных характеристик в процессе первичной обработки отечественной тонкой шерсти и при производстве шерстяной трикотажной пряжи.

3. Разработанные в диссертации методики и модели позволяют улучшить механические характеристики шерсти и шерстяного волокна в производстве трикотажной пряжи по циклу немытая шерсть – трикотажная пряжа.

4. Разработана система компьютерно-статистического моделирования прочностных характеристик пучка нити при различном количестве нитей в пучке. Проведен комплекс статистического моделирования прочности пучка нити по нескольким законам распределения. Достигнуты максимально возможные показатели коэффициента использования прочности одиночной шерстяной нити – 0,93%

5. По результатам моделирования прочности пучка нитей можно сделать вывод, что коэффициент вариации по разрывной нагрузке влияет незначительно на коэффициент использования прочности, и меньше чем коэффициент вариации по разрывному удлинению, особенно при большом числе нитей в пучке, что находится в полном согласии с теорией.

6. Установлено, что при моделировании показателей прочности параллельных нитей с использованием закона гамма-распределения, коэффициент вариации по разрывной нагрузке меньше влияет на коэффициент использования прочности, чем при использовании закона нормального распределения, что позволяет в дальнейшем использовать в процессе моделирования первый закон для более точных прогнозируемых значений.

7. Разработаны математическая модель и автоматизированная система прочности шерстяного волокна и шерстяной трикотажной пряжи в зависимости от свойств составляющих их прядей. По результатам расчетов выявлено влияние структуры залегающих прядей, а также крутки на прочность трикотажной пряжи. Впервые установлены показатели

коэффициента использования прочности шерстяной пряжи, которые находятся в диапазоне от 0,85 до 0,97.

8. Проведен анализ влияния структурных характеристик и трикотажной пряжи на их износоустойчивость. Даны методы расчета параметров формирования трикотажной пряжи, обеспечивающих минимальную потерю прочности.

9. Установлено, что в технологических условиях предприятия работающего по непрерывной технологии первичной обработки и глубокой переработки отечественной тонкой шерсти, удается повысить выход объема шерсти в кардочесальном и гребнечесальном переходах в среднем на 2-4%.

10. Выход топса из немытой шерсти достиг максимальных показателей 67%, а потери волокон находятся в диапазоне от 2,7-3% по международному стандарту IWTO. Полученные результаты превышают усредненные показатели на производствах данной отрасли на 6-8%.

11. В процессе проектирования прочности шерстяной трикотажной пряжи 31 текст по технологии первичной обработки и глубокой переработки отечественной тонкой шерсти 58-56<sup>к</sup> получены пределы изменения прочности от 88,9 сН до 246,2 сН.

12. Предложенные методы оценки прочности шерстяных волокон и шерстяной пряжи, использованы при выборе оптимальных технологических условий в ООО «Квест-А». На предприятии эффективно используются технологические предложения позволяющей снизить общее количество отходов по переходам технологической цепочки не менее чем на 2-2,5%.

13. Технология первичной обработки и глубокой переработки отечественной тонкой шерсти позволяет увеличить объем выхода чистой шерсти и пряжи на 3-4%.

#### **Публикации, отражающие основное содержание диссертации:**

##### ***Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ:***

1. Байчоров, Т.М. Особенности канатов, получаемых способом кручения и плетения // Электронный научный журнал Инженерный вестник Дона – 2015 – №3.

2. Байчоров, Т.М. Прогнозирование прочности пучка нитей / Т.М. Байчоров, Ю.М. Винтер, В.И. Монахов, М.Н. Гречухина // Дизайн и технологии – 2015 - № 48 (90) – с. 47-52.

3. Байчоров Т.М., Разумеев, К.Э. Определение и анализ факторов, влияющих на основные свойства отечественной тонкой шерстяной пряжи. // Дизайн и технологии, 68(110) - 2018. - С.94-99

4. Байчоров, Т.М. Повышение эффективности выравнивания и смешивания на кардочесальных машинах с использованием вероятностных факторов / К.Э. Разумеев, П.А. Севостьянов, Т.А. Самойлова, Т.М. Байчоров // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 3(381) - 2019 г.

5. Байчоров, Т.М. Разумеев, К.Э. Влияние первичной обработки на характеристики отечественной тонкой шерсти на предприятии по циклу «не-

мытая шерсть – трикотажная пряжа» // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности – 2018 – №2 – с.27-29.

**Статьи в других изданиях:**

1. Байчоров, Т.М. Исследование и автоматизация расчета прочности разрывных характеристик канатов из текстильных материалов // Сетевое научное издание Информационные ресурсы, системы и технологии Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 – 51946

2. Байчоров, Т.М. Разработка алгоритма метода расчета физико-механических характеристик плетеных канатов // Сборник научных трудов аспирантов. Вып.20. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2014.– с. 66-70.

3. Байчоров, Т.М., Разумеев, К.Э. Определение и анализ факторов, влияющих на основные свойства камвольной пряжи, выработанной из отечественной тонкой шерстяной пряжи // Текстильная и легкая промышленность – Москва – 2018.

*Материалы научных конференций:*

1. Байчоров, Т.М. Исследование особенностей разрывных характеристик пучков нитей, канатов и фалов из текстильных материалов для разработки автоматизированной системы расчета прочности пучка нити / Т.М. Байчоров // Труды Междунар. лектория, посвященного 30-летию кафедры «Системы автоматизированного проектирования и информационной системы» Воронежского государственного технического университета и памяти ведущих ученых в области САПР.: Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2014, Ч.1 С. 81-82.

2. Байчоров, Т.М. Решение проблемы определения разрывной нагрузки с помощью автоматизации расчетов прочности разрывных характеристик каната // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2014): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2. – М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2014. – 256 с. – с. 152-153.

3. Байчоров, Т.М. Проблемы определения разрывной нагрузки пучка нитей и каната из текстильных материалов // Техника и технология: новые перспективы развития: Материалы XVIII Международной научно-практической конференции (20.08.2015). – М.: Издательство «Спутник+», 2015. – 42 с.

4. Байчоров, Т.М. Проектирование на ЭВМ физико-механических характеристик канатов // Наука сегодня: Постулаты прошлого и современные теории: материалы III Международной научно-практической конференции. – Саратов: Издательство ЦПМ «Академия Бизнеса», 2015. – 166 с.

5. Байчоров, Т.М. Прогнозирование прочности пучка нити. Влияние неравномерности натяжения и разной длины одиночных нитей на свойства пучка нитей // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности(ИННОВАЦИИ-2015): сборник материалов Международной научно-технической конференции. Часть 2.–М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2015. –328с.