

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ДИЗАЙНА И ТЕХНОЛОГИИ»**

На правах рукописи

ПОПОВА ЕВГЕНИЯ РОМАНОВНА

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

Специальность 05.19.02 – Технология и первичная обработка текстильных
материалов и сырья

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук,
профессор Н.С. Скуланова

Москва 2014 г.

Введение.....	4
Глава 1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВОЙСТВ СКРУЧЕННОЙ ПРЯЖИ	
1.1. Оценка характеристик кручения.....	8
1.2. Проектирование прочности скрученной и одиночной пряжи.....	14
Выводы по главе 1.	28
Глава 2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ СКРУЧЕННОЙ КАМВОЛЬНОЙ ПРЯЖИ.....	29
Выводы по главе 2.	38
Глава 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ СКРУЧЕННОЙ КАМВОЛЬНОЙ ПРЯЖИ	39
Выводы по главе 3.	45
Глава 4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ СКРУЧЕННОЙ КАМВОЛЬНОЙ ПРЯЖИ 31 текс×2 РАЗЛИЧНЫХ СМЕСОВЫХ СОСТАВОВ	
4.1. Технологический процесс получения скрученной камвольной пря- жи 31 текс×2.....	46
4.2. Теоретический расчет прочности одиночной камвольной пряжи 31 текс различных составов.....	53
4.2.1. Экспериментальное определение характеристик неровноты по ли- нейной плотности камвольной одиночной и скрученной пряжи.....	56
4.2.2. Экспериментальное определение длины волокон в ленте после гребнечесания.....	70
4.3. Теоретический расчет прочности скрученной камвольной пряжи.....	81
4.4. Разработка параметров получения фасонной пряжи с использова- нием скрученной камвольной пряжи и внедрение в производство ЗАО «Текстильная фирма «Купавна»»	92
Выводы по главе 4.	95

Глава 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СКРУЧЕННОЙ
КАМВОЛЬНОЙ ПРЯЖИ ОСНОВНЫХ ГРУПП

КЛАССИФИКАЦИИ КАМВОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ	97
Выводы по главе 5.	126
Общие выводы по работе	128
Литература	132
Приложения.....	139

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая диссертационная работа представляет законченную научно-квалификационную работу, в которой изложены научно обоснованные технические и технологические решения, связанные с разработкой теории и расчетом прочности скрученной камвольной пряжи различных составов смесей и основных групп классификации камвольных смесей.

В работе изложены теория и расчет прочности скрученной и одиночной камвольной пряжи различных составов смесей и основных групп классификации камвольных смесей. Разработаны технологические переходы и планы прядения для получения скрученной камвольной пряжи различных смесовых составов с вложением полиакрилонитрильных волокон, определены физико-механические свойства пряжи.

Для камвольной пряжи одиночной и скрученной, новой классификации камвольных смесей линейных плотностей от 19 текс до 42 текс проведены теоретические расчеты прочности с использованием аналитического метода проектирования, распространяющегося на любые волокна.

АВТОР ЗАЩИЩАЕТ

- Методику аналитического расчета прочности одиночной и скрученной камвольной пряжи.
- Теоретические расчеты прочности одиночной 31 текс и скрученной 31 текс×2 камвольной пряжи для трех составов смесей: чистошерстяной, полушерстяной и чисто химической.
- Теоретические расчеты прочности скрученной и одиночной камвольной пряжи линейных плотностей 19 текс - 42 текс в соответствии с новой классификацией камвольных смесей по ГОСТ 30702 – 2000 для десяти основных групп.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Актуальность работы определяется задачами использования теоретических расчетов прочности 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 для 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 исследование теоретических и экспериментальных методов и средств исследований. Применены методы классического анализа и методы механики нити. 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;
- определена жесткость камвольной пряжи различных сырьевых составов пряжи: чистошерстяной, полушерстяной и чисто химической для прогнозирования теоретических прочностных характеристик скрученной камвольной пряжи;
- с использованием основ теории деформирования прочностных характеристик проведены теоретические расчеты прочности одиночной камвольной пряжи для линейных плотностей пряжи основных групп классификации камвольных смесей ОАО НПК «ЦНИИШерсть»;
- впервые проведены теоретические расчеты прочности скрученной камвольной пряжи основных групп классификации камвольных смесей ОАО НПК «ЦНИИШерсть» в соответствии с ГОСТ 30702-2000;
- 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:

Проведены теоретические расчеты прочности одиночной и скрученной камвольной пряжи основных сырьевых составов и линейных плотностей для основных групп классификации камвольных смесей ОАО НПК «ЦНИИШерсть» в соответствии с ГОСТ 30702-2000, которые позволяют разработать 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 31 текс×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, 2011 г.);
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 опубликована 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 объем диссертации 138 стр., в том числе 130 стр. основного текста, 31 рис., 44 табл., 5 приложений.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВОЙСТВ СКРУЧЕННОЙ ПРЯЖИ

1.1 Оценка характеристик кручения

Исследованию технологических процессов, проектированию и прогнозированию свойств скрученной пряжи посвящены работы известных отечественных и зарубежных ученых: Севостьянова А.Г. [1], С.Г.С. Зарецкаса[2], Мортон В.Е. [3], Соммер Х. [4], проф. Слонимского Г.Л. [5], Чепмена Б.М. [6], Рыбаковой Б.М. [7,8], Немченко Э.А. [9,10], Лувишиса Л.А. [11], Каргольма Н. [12], Пирса Ф.Т. [13,14], Мередита Р. [15], Оуэна Дж.С. [16], Спикмена Дж.Б. [17], Ауэрбаха Р. [18], Нордона П. [19].

Графическое изображение скрученных нитей, предложенное проф. А.Г. Севостьяновым хорошо показывает многообразие возможностей процесса скручивания нитей различных структур (Рисунок 1.1 и 1.2) [1].

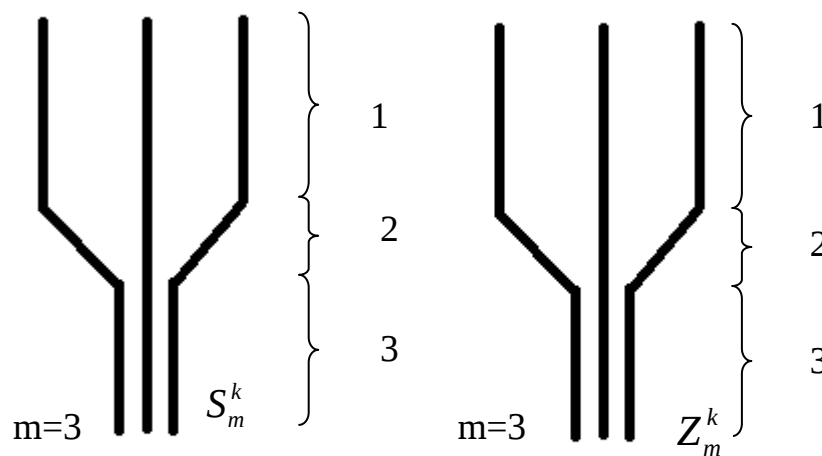


Рисунок 1.1. Графическое изображение строения крета.

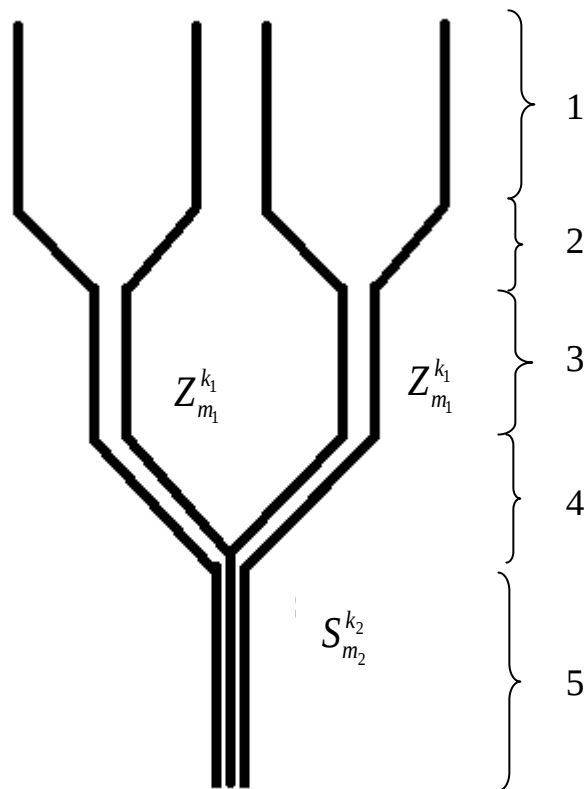


Рисунок 1.2. Графическое изображение строения двухкруточной нити.

На рисунке 1.1 графически изображена однокруточная нить – скрученной нити (креп) в 3 сложения с круткой 2200 кр/м и направлением ее как Z, так и S. Изображение можно разделить на три сегмента, которые характеризуют [1]:

1. Сырье (линейную плотность и вид сырья);
2. Трощение;
3. Скручивание (направление крутки, ее величина и число сложений).

Графическое изображение двухкруточной нити (рисунок 1.2) имеет пять сегментов, которые характеризуют [1]:

1. Сырье;
2. Первое трощение;
3. Первое кручение;
4. Второе трощение;
5. Второе кручение.

Внедрение инновационных технологий при получении тканей, трикотажных изделий различного детского ассортимента, изделий бытового и технического назначения определяется высоким качеством пряжи из натуральных волокон (хлопок, шерсть, лен) и химических волокон. Скрученная пряжа имеет более высокие показатели по физико-механическим свойствам, может иметь различные внешние эффекты для современных дорогостоящих тканей видимых переплетений. Для скрученной хлопчатобумажной, шерстяной, льняной пряжи и их смесей с химическими волокнами характерно увеличение стойкости к истиранию, увеличение прочностных характеристик, уменьшение неровноты по линейной плотности, удлинению, разрывной нагрузке. При скручивании нитей различной природы возможно изменение жесткости на изгиб, как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения, в зависимости от соотношения и направления первичной и вторичной крутки [1].

Для характеристики и исследований показателей скрученной пряжи учеными: С.Г.С. Зарецкасом [2], Муртоном В.Е. [3], Соммером Х. [4], проф. Слонимским Г.Л. [5], Чепменом Б.М. [6], Рыбаковой Б.М. [7,8], Немченко Э.А. [9,10], Лувишисом Л.А. [11], Каргольмом Н. [12], Пирсом Ф.Т. [13,14], Мередитом Р. [15], Оуэном Дж.С. [16], Спикменом Дж.Б. [17], Нордоном П. [19] использованы следующие характеристики:

- укрутка и ее коэффициент;
- относительные крутящие моменты;
- число упругих кручений;
- число витков в образовавшейся сукрутине;
- стрела прогиба нити;
- относительная доля пластической деформации;
- выносливость при разрушении;
- эластическая и упругая составляющие деформации от общей деформации;
- предел деформации кручения;
- реактивный крутящий момент нити во время скручивания;
- остаточная относительная циклическая деформация;

- работа скручивания;
- крутка самораскручивания [2].

Поведение скрученных нитей в технологических процессах ткачества, трикотажного производства оцениваются авторами по следующим характеристикам:

- жесткость при кручении;
- остаточная неравномерность скрученных нитей;
- релаксация напряжения кручений;
- сопротивление кручению и изменение длины нити вследствие кручения;
- модуль начальной жесткости;
- оценка степени скрученности по многоцикловым, одноцикловым и полуцикловым характеристикам [2].

Одним из значимых показателей при оценке прочностных показателей скрученной пряжи является модуль начальной жесткости и жесткость при кручении [2].

Эти характеристики можно определить численно и они отражают сопротивление материала сдвигу [2].

Жесткость ($\text{Н} \cdot \text{м}^2$) определяется:

$$C = \varepsilon_{n.c.} G I_p \quad (1.1)$$

где $\varepsilon_{n.c.}$ - коэффициент, учитывающий отклонение формы поперечного сечения от окружности [3, 4]; I_p - полярный момент инерции поперечного сечения, м^4 [2].

Модуль сдвига нити (G_n) и жесткость нити (C_n) по расчетам и исследованиям проф. Слонимского Г.Л. [5] связаны следующим соотношением [5]

$$C_n = \nu + C_g + (1 - \nu) f^2 C_g \quad (1.2)$$

$$G_n = \frac{G_g}{f} \quad (1.3)$$

C_n - жесткость нити, $\text{сН}/\text{см}^2$; C_g - жесткость нити при изгибе, $\text{сН}/\text{см}^2$; ν - коэффициент, учитывающий степень отсутствия взаимодействия компонентов; G_g - модуль нити при изгибе, $\text{Н}/\text{см}^2$; f - число скрученных нитей [5].

При теоретических расчетах прочности скрученных нитей многие исследователи использовали методы определения модуля начальной жесткости (C) и жесткости при кручении. Для различных видов волокон были проведены исследования по определению модуля начальной жесткости и модуля сдвига многими учеными: С.Г.С. Зарецкасом [2], Мортонем В.Е. [3], Соммером Х. [4], проф. Слонимским Г.Л. [5], Чепменом Б.М. [6], Рыбаковой Б.М. [7,8], Немченко Э.А. [9,10], Лувишисом Л.А. [11], Каргольмом Н. [12], Пирсом Ф.Т. [13,14], Мередитом Р. [15], Оуэном Дж.С. [16], Спикменом Дж.Б. [17], Нордоном П. [19].

Так, Чэпмэн Б.М. [6] в своих работах определял модуль начальной жесткости по следующей формуле:

$$C = \frac{Ml_3}{\varphi} = \frac{M}{2\pi K}, \quad (1.4)$$

где M - крутящий момент нити, Н·м; l_3 - зажимная длина образца, м; φ - угол закручивания образца, рад.

В работах Рыбаковой Б.М. [7,8] определялся модуль начальной жесткости по зависимости:

$$C_n = \frac{0,4\pi^2 l D^4 n \gamma}{t^2 g}, \quad (1.5)$$

где l - длина нити, м; D - диаметр нити, м; n - число оборотов, об/с; γ - плотность материала нити, кг/м³; t - время (продолжительность) релаксации, с.

В исследованиях Немченко Э.А. [9,10] для прогнозирования прочностных характеристик определялся модуль сдвига:

$$G_n = \frac{\pi^3 N^2 \gamma_B z_3 D^2 Q l}{898,1 t^2}, \quad (1.6)$$

где N - число оборотов, об/с; γ_B - плотность нити, кг/м³; z_3 - число элементарных нитей; D - диаметр диска маятника, м; Q - сила тяжести диска, Н; l - длина нити, м; t - время (продолжительность) релаксации, с.

В работах Лувишиса Л.А. [11] было предложено следующее соотношение для определения модуля жесткости при изгибе (C_B):

$$C_B = \frac{1,6\pi D^2 Q l_B}{gt^2}, \quad (1.7)$$

где D - диаметр диска маятника, м; Q - сила тяжести диска, Н; l_B - длина волокна, мм; g - ускорение свободного падения, м/с²; t - время (продолжительность) релаксации, с.

Для определения модуля сдвига при изгибе Карлгольмом Н. [12] использовано соотношение:

$$G_B = 4\pi^2 \frac{I_M l_B}{I_p} \left(\frac{I}{t_3^2} - \frac{I_2}{t_1^2} \right), \quad (1.8)$$

где I_M - момент инерции маятника, м⁴; l_B - длина нити при изгибе, мм; I_p - полярный момент инерции нити, м⁴; I - момент инерции площади поперечного сечения нити, м⁴; t_3 - период колебания всей системы, с; t_1 - постоянный период колебания струны, с.

Пирсом Ф.Т. [13,14] и Меридитом Р. [15] для определения модуля сдвига при изгибе (G_B) предложен был следующий метод:

$$G_B = \frac{8\pi^3 l_M l_B}{t^2}, \quad (1.9)$$

где l_M - длина маятника, м; l_B - длина нити при изгибе, м; t - период колебания маятника, с.

Оуэн Дж. Д. [16] проводил исследования жесткостных характеристик и получил следующие зависимости для определения модуля сдвига при изгибе (G_B) с учетом момента инерции маятника (I_M), длины нити при изгибе и периода колебаний маятника:

$$C_B = \frac{4\pi^2 I_M l_B}{t^2}, \quad (1.10)$$

где I_M - момент инерции маятника, м⁴; l_B - длина нити при изгибе, м; t - период колебаний, с.

Спикмэн Дж.Б. [17] и Ауэрбах Р. [18] определяли характеристику модуля сдвига при изгибе (G_B) по следующему соотношению:

$$G_B = \frac{8\pi I_M l_B}{r^4 t^2}, \quad (1.11)$$

где I_M - момент инерции маятника, м^4 ; l_B - длина нити при изгибе, м; r - радиус нити, мм; t - период колебаний, с.

Нордон П. [19] вывел соотношение для модуля сдвига в состоянии а (G_a) и б (G_b):

$$\frac{G_a}{G_b} = \left(\frac{l_a r_b^4}{l_b r_a^4} \right) \left(\frac{t_b}{t_a} \right) \quad (1.12)$$

где l_a и l_b - длина волокна в состоянии волокна а и б; r_a и r_b - радиус волокна в состоянии волокна а и б; t_a и t_b - время колебаний маятника в состоянии волокна а и б.

Эти методы позволяют определить экспериментально модуль начальной жесткости и жесткости при кручении.

Все значения жесткости при кручении определяются расчетно-эмпирическими уравнениями, полученными на большом экспериментальном материале, модуль сдвига определяется расчетным путем и позволяет прогнозировать поведение нитей различной природы при скручивании.

Все зависимости, полученные исследователями можно применять только для тех видов волокон и пряжи, для которых проведены исследования и не могут быть обобщены для волокон и пряжи любой природы.

1.2 Проектирование прочностных свойств скрученной и одиночной пряжи

Оценка интенсивности и критической крутки скрученных нитей, их прочностных характеристик проведена в работах: Афончикова Ф.А. [20], Г.Дж. Вудса [21, 22], Ворошилова В.А. [23], Матукониса А.В. [24, 25, 26], Соколова Г.В. [27], Трелора Л.Р.Г. [28], Райдинга Г. [29, 30], Татерсалома Г.Н. [31], Стенсфильда Г.Д. [32], Усенко В.А. [33], проф. Разумеева К.Э. [45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53], проф. Щербакова [54, 57], проф. Скулановой Н.С. [54, 57]. Основные работы можно разделить на следующие направления:

- определение интенсивности крутки скрученных нитей и пряжи;
- определение прочностных характеристик.

Изменение структуры одиночных нитей при их совместном скручивании в своей работе рассмотрел Ф. А. Афончиков [20]. Применяя векторный метод анализа геометрии крученой нити (без учета деформации оси компонента), Ф. А. Афончиков утверждает, что в результате последовательного первичного и вторичного кручения каждое волокно в данном сечении нити будет иметь наклон, равный геометрической сумме наклонов, получаемых в этих процессах кручения. При скручивании двух составляющих в обратном первому кручению направлении наклон волокон уравнивается. Если величина вторичной крутки составляет половину первичной, то поверхностные волокна параллельны оси нити. Если же величина вторичной крутки равна первичной, то все волокна, лежащие на линии центров, имеют одинаковый наклон, равный наибольшему наклону волокон при их первичном скручивании [20].

Г. Дж. Вудсом [21] показаны причины усложненного строения структурных нитей. Он считает, что нити, скрученные из двух или более концов одноплеточных компонентов, имеют усложненное строение. Это усложнение заключается в следующем:

- изменяется величина крутки одиночных составляющих;
- незначительно изменяется величина крутки волокон;
- ось компонента приобретает вид винтовой линии, а ось любого элементарного волокна превращается в сложную пространственную кривую. В идеальном варианте ее также можно изобразить в виде винтовой линии, выведенной вокруг другой винтовой кривой, с большей величиной шага;
- длина оси компонентов и длина общей нити изменяется одновременно [21,22].

Величина этих изменений зависит от направления первичного и вторичного скручиваний, диаметра нитей, а также и от их упругих свойств. Г. Дж. Вудс

[21,22] доказал, что крутка нити может быть изменена не только относительным угловым смещением ее концов, но и при превращении оси нити из прямой линии в пространственную кривую. Г.Дж. Вудс с помощью методов дифференциальной геометрии установил, что изменение крутки при деформировании оси нити соответствует величине модуля кручения оси нити и не зависит от первичной крутки компонента. Степень скрученности компонента, находящегося в структуре общей нити, K_1' выражается Г. Дж. Вудсом, через сумму двух круток:

$$K_1' = \frac{d\varphi}{ds} \pm \tau, \quad (1.13)$$

где φ - угол поворота концевых сечений отрезка компонента, рад; s - длина отрезка компонента, м; τ - крутка, получаемая вследствие изменения оси компонента из прямой линии в пространственную кривую, кр/м [21, 22].

В случае, когда ось нити превращается в цилиндрическую винтовую линию с постоянным шагом, степень скрученности K_1' компонента выражается формулой:

$$K_1' = K_1 \pm \frac{1}{r} \sin \gamma \cos \gamma, \quad (1.14)$$

где K_1 - начальная крутка компонента, рад на единицу длины; r - радиус винтовой линии (или длина вращающегося вектора), м; γ - угол подъема винтовой линии, рад [21, 22].

Г. Дж. Вудс [21] предложил также формулу для определения угла наклона периферийных волокон относительно оси кручения нити - β :

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{K_1' a r}{r + a \sin^2 \gamma}, \quad (1.15)$$

где $\operatorname{tg} \beta$ - тангенс угла наклона периферийных волокон относительно оси кручения нити, рад; a - радиус кручения, рад; γ - угол подъема винтовой линии, рад.

В работе В. А. Ворошилова [23] получена формула определения крутки (K_1' компонента) в крученой нити:

$$K_1' = K_1 \pm K_2 \cos \gamma, \quad (1.16)$$

где K_1 - крутка на единицу длины компонента в структуре крученой нити; K_2 - крутка на единицу длины крученой нити; γ - угол между осью компонента и осью крученой нити [23].

В работах А. В. Матукониса [24, 25, 26] по сочетанию разнородных компонентов в нитях путем применения метода механического моделирования установлен закон изменения нагрузок компонентов неоднородных нитей. Геометрия неоднородной нити, в частности ее крутка, в существенной мере предопределяет ее поведение при деформировании. Эту особенность выявили с помощью кривых растяжения вискозно-капроновых нитей различной структуры, полученных в результате эксперимента. Показатель разрывного удлинения вискозной нити значительно меньше, чем капронового. Поэтому деформирование трощенной неоднородной нити после разрыва вискозного компонента представлялось как кривая растяжения капроновой. На практике А.В. Матуконис предложил считать прочностью нити (P_H) суммарную нагрузку двух компонентов А и В во время разрыва менее растяжимой нити, которая в общем случае выражается формулой [25, 26]:

$$P_H = P_{OB} T_B \cos \beta'_B + P_{oa}' T_a \cos \beta'_a \quad (1.17)$$

где P_{OB} — относительная прочность менее растяжимого компонента В; P_{oa}' — относительная нагрузка компонента А во время разрыва компонента В; T_a и T_B — величины толщины компонентов; β'_B и β'_a — углы наклона компонентов к оси неоднородной нити во время разрыва компонента В.

Из формулы (1.17) вытекают следующие возможности проектирования прочности неоднородной нити:

- 1) с изменением крутки составляющих и соединенной нити «регулируются» разрывные показатели компонентов, и также их углы наклона β'_B и β'_a
- 2) изменением скорости подачи или натяжения компонентов во время скручивания, т.е. варьированием величин β'_B и β'_a достигается одновременность разрыва неоднородной нити;

3) подбором соответствующих компонентов и изменением соотношения их масс получают необходимые механические свойства [25, 26].

В работах Г. В. Соколова [27] остаточная крутка компонента определяется только суммированием первичной и вторичной крутки (с учетом знака этих круток). Определение крутки (K_1'), отнесенной на единицу длины компонента, Г. В. Соколов проводит по следующей формуле:

$$K_1' = \frac{K_1 \pm K_2 \varphi'}{\varphi_1^0}, \quad (1.18)$$

где φ' - коэффициент усадки крученой нити; φ_1^0 - коэффициент усадки компонента в структуре скрученной нити; K_1 - первичная крутка [27].

Применяемые в формуле (1.18), коэффициенты усадки определяются с помощью расчетно-эмпирических зависимостей [27], полученных экспериментально для каждого вида волокон.

Анализу геометрии крученых искусственных комплексных нитей большое внимание уделял известный английский исследователь - теоретик Л. Р. Г. Трелор [28]. Воспользовавшись винтовой линией, описанной вокруг другой винтовой кривой, как моделью элементарной нити компонента, входящего в структуру крученой нити, Л. Р. Г. Трелор получает формулу для определения остаточной крутки (K_1') компонента:

$$K_1' = K_1 \frac{l_1}{l} + \frac{\sin \gamma \cos \gamma}{2\pi r_k} \quad (1.19)$$

где K_1 - первичная крутка компонента; l_1 - длина компонента перед скручиванием; l - длина крученой нити (оба показателя к единице длины исходного некрученого компонента); γ - угол подъема винтовой линии; r_k - радиус кручения [28].

Основываясь на указанной геометрической модели, Л. Р. Г. Трелор [28] выводит формулы для определения укрутки одиночной нити, а также - формулы для крученой нити с различным числом сложений. Им были выведены формулы для расчета угла наклона периферийных волокон к оси нити [28].

Теория Л. Р. Г. Трелора проверена экспериментальными исследованиями, проведенными самим Трелором Л. Р. Г. [28], Г. Райдингом [29, 30] и Г. Н. Таттерсалом [31]. В большинстве случаев формулы Л. Р. Г. Трелора дали результаты, хорошо совпадающие с опытом, особенно для предсказания структурных параметров нитей, изготовленных на производственном оборудовании [28].

Основываясь на модели двойной винтовой кривой, применяемой Л. Р. Г. Трелором, английский исследователь Г. Д. Стенсфильд [32] проанализировал геометрическую структуру крученых комплексных искусственных нитей. Составленная Г. Д. Стенсфильдом [32] модель отличается от модели Л. Р. Г. Трелора различной интерпретацией крутки компонента, находящегося в структуре крученой нити. На основе проведенных экспериментов, Г. Д. Стенсфильд полагает, что положение волокна в структуре нити может быть охарактеризовано вектором, вращающимся в плоскости, перпендикулярной к оси нити, а не компонента (как допускал Л. Р. Г. Трелор). Исходя из такой концепции геометрии нити, Г. Д. Стенсфильд [32] вывел формулу для определения остающейся крутки компонента K_1' :

$$K_1' = \frac{K_1 \rho_s - K_2 P}{\rho_n}, \quad (1.20)$$

где ρ_s – коэффициент укрутки компонента при начальном скручивании; ρ_n – при вторичном скручивании; P – коэффициент укрутки нити.

В. А. Усенко [33] считает, что важное значение для структуры неоднородных нитей имеет деформация элементарных волокон при кручении (ε). В своей работе он предложил формулу, выведенную на основе геометрического анализа слоистой структуры нити, в которой учтена деформация элементарных волокон, располагающихся по винтовым линиям, а также укрутка нити [33]:

$$\varepsilon = \left(\frac{\sqrt{\pi^2 K^2 d_{\text{в.б.}}^2 \eta^2 (2m-1)^2 1000^2 C^2}}{1000U} - 1 \right) 100, \quad (1.21)$$

где K – крутка, кр/м; m – расчетный коэффициент; $d_{э.в.}$ – диаметр элементарного волокна, мм, определяемый расчетным путем; η – коэффициент, учитывающий поперечное сжатие нити, который в диапазоне коэффициентов крутки $\alpha = 11,5 — 115$ изменяется в пределах $1,16 — 1,0$; c – эмпирический коэффициент, учитывающий дополнительные растяжения нити от действия параметров технологического процесса; U – укрутка, мм/м [33].

Коэффициент m определяют расчетным путем для каждого вида волокон:

$$m = \frac{3 + \sqrt{12 \frac{T}{T_0} - 3}}{6}, \quad (1.22)$$

где T и T_0 – соответственно толщина комплексной и элементарной нити, текс.

Как следует из приведенных работ, полученные формулы позволяют определить соотношение первичной, вторичной, остаточной крутки, что используется для проектирования тканей и трикотажа [33].

Проектированию прочностных свойств скрученной пряжи расчетно-эмпирическими методами и методами регрессионного анализа посвящены работы: К.И. Корицкого [34, 35, 36], М. Платта [37, 40], Г. Жегоффа [38], Г.Соколова [39], В. Журека [41], В.Ф. Килби [42], проф. А.Н. Соловьев [43, 44], проф. К.Э. Разумеева [45- 53]. Проектирование прочности пряжи аналитическими методами проведено в работах проф. В.П. Щербакова [54, 57] и проф. Н.С. Скулановой [54, 57].

К.И. Корицким [34] было предложено использовать для расчета прочности одиночной пряжи ($P_{пр}$) соотношение:

$$P_{пр} = p_v \cdot m_0 \left[1 - \frac{0,18 \cdot 10^{-3} p_v N_v \gamma (m_0 - m'_0) k_\phi}{\mu \cdot L \cdot E_n \cdot \varepsilon_i \cdot \sqrt{\gamma_v} \cdot \sqrt{N_v \cdot \sin^2 \beta}} \right], \quad (1.23)$$

где: $P_{пр}$ – разрывная нагрузка пряжи;

p_v – разрывная нагрузка волокна;

m_0 – число волокон в поперечном сечении нити;

$(m_0 - m'_0)$ – число волокон во внутренних слоях нити;

N_B – номер волокна;

γ_B – удельный вес волокна;

k_ϕ – коэффициент формы поперечного сечения;

E_H – начальный модуль упругости;

ε_i – относительное удлинение волокна при крутке нити;

μ – коэффициент трения волокна;

L – длина волокна.

Данная формула является сложной, для использования в инженерных работах и имеет свои недостатки, которые заключаются в том, что необходимо определять ряд сложных параметров [34]:

1. число волокон во внутренних слоях нити;
2. коэффициент формы поперечного сечения;
3. начальный модуль упругости .

На основе теории, разработанной М. Платтом, [37] в своих теоретических расчетах К.И. Корицкий [35, 36] получил следующую зависимость для определения прочности скрученной пряжи (P_H):

$$P_H = \frac{\pi}{\rho} \left[\frac{A}{4\pi^2 K^2} \ln(1 + 4\pi^2 K^2 r^2) + \frac{B\varepsilon_0 r^2}{4\pi^2 K^2 r^2} \right] \quad (1.24)$$

где ρ - поперечное сечение нити; r - радиус нити; K - крутка нити; ε_0 - разрывное удлинение исходной нити; A и B - постоянные коэффициенты прямой, характеризующей конечный участок кривой растяжения [35].

После преобразования К.И. Корицкий [35, 36] получил формулу для определения разрывной нагрузки крученой нити:

$$P_1 = P_0 - tg^2 \beta_1 (0,5A_0 + B_0 \varepsilon_0) \quad (1.25)$$

где P_1 - разрывная нагрузка крученой нити; P_0 - нити нулевой крутки; β_1 - угол наклона к оси нити; A_0 и B_0 - постоянные коэффициенты.

$$P_1 = P_0 (1 + 0,5\eta\mu \sin 2\beta_c) (1 - c_1 tg^2 \beta) \quad (1.26)$$

где η - суммарный поправочный коэффициент, учитывающий неоднородность разрыва пучка параллельных волокон, а также структуру нити; μ - коэффициент

трения волокон; β_c - «средневзвешенное» значение угла наклона волокон в крученой нити; c_1 - коэффициент, оценивающий диаграмму растяжения [36].

Г. Жегофф [38] предложил следующую формулу для расчета прочности пряжи:

$$P_p = \frac{\sigma_p \pi R^2}{1 + 4\pi^2 \frac{R^2}{h^2}}, \quad (1.27)$$

где σ_p - временное сопротивление (натяжение при разрыве) волокна; R - радиус нити; h - длина одного витка крутки нити.

Г.В. Соколовым [39] было разработано следующее соотношение для определения прочности нити:

$$P = P_m \cos \beta_c = \frac{P_m}{\sqrt{1 + \frac{\pi^2 d^2 K_0^2}{2(1-\varepsilon)}}}, \quad (1.28)$$

где P_m - теоретическая прочность нити (произведение средней прочности элементарных волокон на их число в нити); d - начальный диаметр нити; K_0 - остаточная крутка нити до растяжения; ε - относительное разрывное удлинение [39].

В свою очередь, М. Платтом [40] была предложена следующая формула для расчета прочности пряжи с учетом прочности нити с нулевой круткой:

$$P = P_0 - CK^2 R^2, \quad (1.29)$$

где P_0 - прочность нити нулевой крутки; C - константа, определяемая на основе кривой растяжения элементарной нити; K и R - величина крутки и радиуса нити во время разрыва [40].

В. Журек [41] так же занимался теоретическими исследованиями разрывных показателей комплексных нитей. Его исследования основывались на следующих положениях: при кручении нити меняется только наклон элементарных волокон без однородного их деформирования; элементарные волокна деформируются при кручении пропорционально их расстоянию от оси нити. Основываясь на данных теориях, В. Журек показал, что миграция волокон не значительно влияет на величину усадки, прочности и разрывное удлинение нити [41].

Английский исследователь В.Ф. Килби [42] установил, что явление скольжения при растяжении полиамидных и полиэфирных нитей может вызвать повышение прочности разрывного удлинения вследствие сравнения напряжений элементарных нитей и сделал вывод о том, что фактор изгиба может повлиять на разрывные показатели нитей в том случае, если разрывное удлинение элементарных нитей не превышает 10% [42].

У многих исследователей проектирование прочностных характеристик скрученной пряжи основывается на проектировании прочности ее компонентов [42].

Для различных натуральных волокон и их смесей широко используется коэффициент упрочнения ($K_{уп.}$), который характеризует увеличение разрывной нагрузки скрученной пряжи по сравнению с разрывной нагрузкой составляющих ее компонентов [42].

$$K_{ум} = \frac{P_{\kappa}}{P_0 m} \quad (1.30)$$

где m - число нитей скрученной пряжи;

P_{κ} - разрывная нагрузка скрученной пряжи, сН/текс;

P_0 - разрывная нагрузка одиночной пряжи, сН/текс.

Для проектирования прочностных свойств одиночной пряжи наиболее достоверными, применимыми в реальных условиях, являются расчетно-эмпирические формулы проф. Соловьева А.Н. и проф. Корицкого К.И., регрессионные уравнения проф. Разумеева К.Э и аналитические методы проектирования прочности пряжи и нити проф. Щербакова В.П., проф. Скулановой Н.С..

Проф. А.Н. Соловьев [43] считает, что идеальной пряжу можно считать, если она была бы равномерной и все составляющие ее волокна обладали одинаковой прочностью и удлинением. В таком случае при разрыве пряжи они разрывались бы одновременно [43]:

$$P_{пр} N_{пр} = p_{в} N_{в}. \quad (1.31)$$

Разрывная длина пряжи равнялась бы разрывной длине волокна при полном использовании прочности волокна в прочности пряжи [43]:

$$R_{\text{пр}} = R_{\text{в}}. \quad (1.32)$$

Известно, что разрывная длина пряжи всегда меньше разрывной длины волокна. В прочности пряжи их отношение называется коэффициентом использования прочности волокон [44]:

$$\eta = \frac{R_{\text{пр}}}{R_{\text{в}}}. \quad (1.33)$$

$$R_{\text{пр}} = R_{\text{в}} \left(1 - \frac{5}{L_{\text{шт}}} \right) \left(H - \frac{2,65}{\sqrt{\frac{N_{\text{в}}}{N}}} \right) C \cdot K,$$

где: $R_{\text{пр}}$ – разрывная длина пряжи, км; $R_{\text{в}}$ – разрывная длина волокна, км; $N_{\text{пр}}$ – номер пряжи; $N_{\text{в}}$ – номер волокна; $L_{\text{шт}}$ – штапельная длина волокна, мм; H – коэффициент, учитывающий неровноту пряжи; C – коэффициент состояния оборудования; K – поправка на крутку.

Проф. А.Н. Соловьев обосновал свои выводы следующим: волокна имеют ограниченную длину - чем короче длина волокна, тем меньше волокон рвется и больше выскальзывает. В формуле А.Н. Соловьева это положение учитывается множителем $\left(1 - \frac{5}{L_{\text{шт}}} \right)$; нагрузка распространяется неравномерно: чем меньше крутка, тем меньше разрывающихся и больше выскальзывающих волокон. При отклонении крутки пряжи от критической прочность пряжи понижается, это учитывается коэффициентом K . Неровнота зависит от качества технологического процесса и состояния оборудования и характеризуется коэффициентом H ; чем больше волокон в поперечном сечении пряжи, тем больше они сопротивляются силам, разрывающим пряжу; H , C , K определяются экспериментально.

Формула А.Н. Соловьева является теоретико-эмпирической, то фактические и расчетные значения, практически совпадают [44].

Формула А.Н. Соловьева объясняет основные факторы, определяющие прочность пряжи: прочность волокон, число волокон в пряже, неравномерность пряжи по линейной плотности, крутка, длина волокон, скольжение волокон ко-

нечной длины при нагружении. Данная формула является достаточно простой и надежной для прогнозирования разрывной нагрузки пряжи, метод А.Н. Соловьева получил распространение не только в хлопчатобумажной отрасли, но для определения прочности пряжи из других волокон с соответствующими поправочными коэффициентами.

Проф. К.Э. Разумеевым получены регрессионные модели относительной и абсолютной разрывной нагрузки шерстяной камвольной пряжи, которые имеют следующий вид:

Модель относительной разрывной нагрузки, (P_o - сН/текс)

$$P_o = -1,85 + 0,13LH + 0,04p_v - 0,12d_v + 0,06VM + 0,02M - 0,055T + 0,077K - 0,13A_1, \quad (1.34)$$

где: LH – средняя длина волокон в гребенной ленте (топсе), мм;

p_v – абсолютная разрывная нагрузка (прочность) волокон мытой шерсти, сН;

d_v – средняя тонины (диаметр) волокон невыттой шерсти, мкм;

VM – содержание растительных примесей в невыттой шерсти, %;

M – число разрывов штапелей невыттой шерсти в средней части штапеля, %;

T – линейная плотность одиночной камвольной пряжи, текс;

K – крутка пряжи, кр/м;

A_1 – поправочный коэффициент.

Данная модель показывает, что наибольшее влияние на показатель относительной разрывной нагрузки шерстяной камвольной пряжи имеют следующие показатели:

1. тонины невыттой шерсти, d_v ;
2. линейная плотность пряжи, T_{np} ;
3. прогнозируемая длина волокон в гребенной ленте (топсе) LH ;
4. разрывная нагрузка волокон шерсти p_v ;
5. крутка пряжи K .

Совпадение прогнозируемых и фактических значений относительной разрывной нагрузки шерстяной камвольной пряжи весьма высоко [45,46].

Модель абсолютной разрывной нагрузки шерстяной камвольной пряжи P , сН имеет вид:

$$P = -251,42 + 5,17LH + 0,51p_{шт} - 4,9d_v + 2,34VM + 0,99M + 3,17T + 2,33K - 5,17A_1, \quad (1.35)$$

где: $p_{шт}$ – разрывная нагрузка штапелей невытой шерсти, сН;

LH – средняя длина волокон в гребенной ленте (топсе), мм;

d_v – средняя тонина (диаметр) волокон невытой шерсти, мкм;

VM – содержание растительных примесей в невытой шерсти, %;

M – число разрывов штапелей невытой шерсти в средней части штапеля, %;

T – линейная плотность одиночной камвольной пряжи, текс;

K – крутка пряжи, кр/м;

A_1 – поправочный коэффициент.

Проанализировав полученную модель, можно сделать вывод, что наибольшее влияние на абсолютную нагрузку шерстяной камвольной пряжи P имеют следующие показатели: тонина невытой шерсти d_v , поправочный коэффициент A_1 , прогнозируемая длина волокон в гребенной ленте (топсе) LH , разрывная нагрузка штапелей невытой шерсти $p_{шт}$, содержание растительных примесей VM , число срединных разрывов штапелей невытой шерсти M , линейная плотность пряжи T и крутка пряжи K [42,43].

Данный метод показал, что степень совпадений прогнозируемых и фактических значений весьма высока (R^2 находится в диапазоне 0,96-0,97) и зависимость имеет линейный характер [47, 48, 49].

Математические регрессионные модели были получены для проектирования относительной и абсолютной разрывной нагрузки шерстяной гребенной пряжи с использованием взаимосвязей невытой и мытой шерсти и для прогнозируемого уровня длины волокон в гребенной ленте [50, 51, 52, 53].

Профессором К.Э. Разумеевым установлены взаимосвязи между длиной и разрывной нагрузкой штапелей невытой шерсти с соответствующими показателями одиночных волокон мытой шерсти [50, 51, 52, 53]:

$$L_v = 2,12L_{шт} - 86,1, \quad (1.36)$$

$$p_b = 0,38P_{шт} + 1,53. \quad (1.37)$$

В настоящее время прогнозирование прочности одиночной и скрученной пряжи можно вести с использованием аналитических методов теоретического расчета прочности, разработанного в работах проф. В.П. Щербакова [54] и проф. Н.С. Скулановой [54].

Теоретический расчет прочности одиночной пряжи любой структуры определяется по формуле:

$$P_{np} = \bar{p}_b(l) m_i \left(\sum_{i=1}^n e_i + 1 \right) k k_c \langle \cos \vartheta \rangle, \quad (1.38)$$

где: $\bar{p}_b(l)$ - прочность волокна наиболее жесткого компонента от длины l ; m_i - число волокон наиболее жесткого компонента; e_i - отношения жесткости каждого компонента к наиболее жесткому компоненту; k - коэффициентом реализации средней прочности волокон; k_c - коэффициент скольжения волокон; $\langle \cos \vartheta \rangle$ - деформация отдельного компонента [54].

Для проведения теоретического расчета прочности скрученной пряжи любой структуры используется формула:

$$P_k = 2 \left(\frac{T}{\cos(\alpha)} - \frac{q_0 R}{\cos(\alpha)} \right), \quad (1.39)$$

где: T - прочность компонента, равная натяжению в момент разрыва, сН; α - угол кручения скрученной пряжи, рад; q_0 - контактная нагрузка; R - радиус пряжи, мм.

В диссертационной работе при разработке теории и расчете прочности скрученной камвольной пряжи проведем исследования, основанные на теоретических работах проф. В.П. Щербакова и проф. Н.С. Скулановой, для дальнейшего развития области применения данной теории аналитического расчета прочности пряжи.

ВЫВОДЫ ПО ПЕРВОЙ ГЛАВЕ

1. Проведены анализ и обобщение исследований для оценки оптимальных качественных и количественных характеристик скрученной пряжи: жесткость при кручении, остаточная неравномерность скрученных нитей, релаксация напряжения кручений, 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.

ГЛАВА 2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ СКРУЧЕННОЙ КАМВОЛЬНОЙ ПРЯЖИ

Для аналитического метода проектирования прочности скрученной камвольной пряжи различных сырьевых составов и линейных плотностей в диссертационной работе применены теории в области структурной механики текстильных материалов I.W.S. Hearle [38], проф. В.П. Щербакова [54] и проф. Н.С. Скулановой [54]. Основные положения изложены в научных статьях В.П. Щербакова, Н.С. Скулановой, О.Ю. Дмитриева, И.Б. Цыганова, Е.Р. Поповой «Теоретические основы и экспериментальное определение жесткости нити при кручении и изгибе» и «Теория и расчет силовых факторов, определяющих равновесную структуру крученой нити» [55,56].

Работы, приведенные в главе 1, посвящены эмпирическим, расчетно-эмпирическим и регрессионным методам проектирования прочности скрученной пряжи. В учебнике «Механической технологии текстильных материалов», 1989 года [1] изложены основные факторы, определяющие прочность скрученного продукта [1]. В этом изложении теории классическим методом, принятым ранее определяется, что после кручения резко увеличиваются силы сопротивления скольжению каждого волокна F_x и прочность продукта становится выше [1]. Считалось, что возрастание сопротивления скольжению (F_x) обусловлено тем, что в пряже возникают сжимающие радиальные усилия S_r (сН/мм) со стороны внешних и внутренних слоев (Рисунок 2.1), а так же тангенциальных усилия S_t (сН/мм) со стороны соседних участков волокон, лежащих в том же слое.

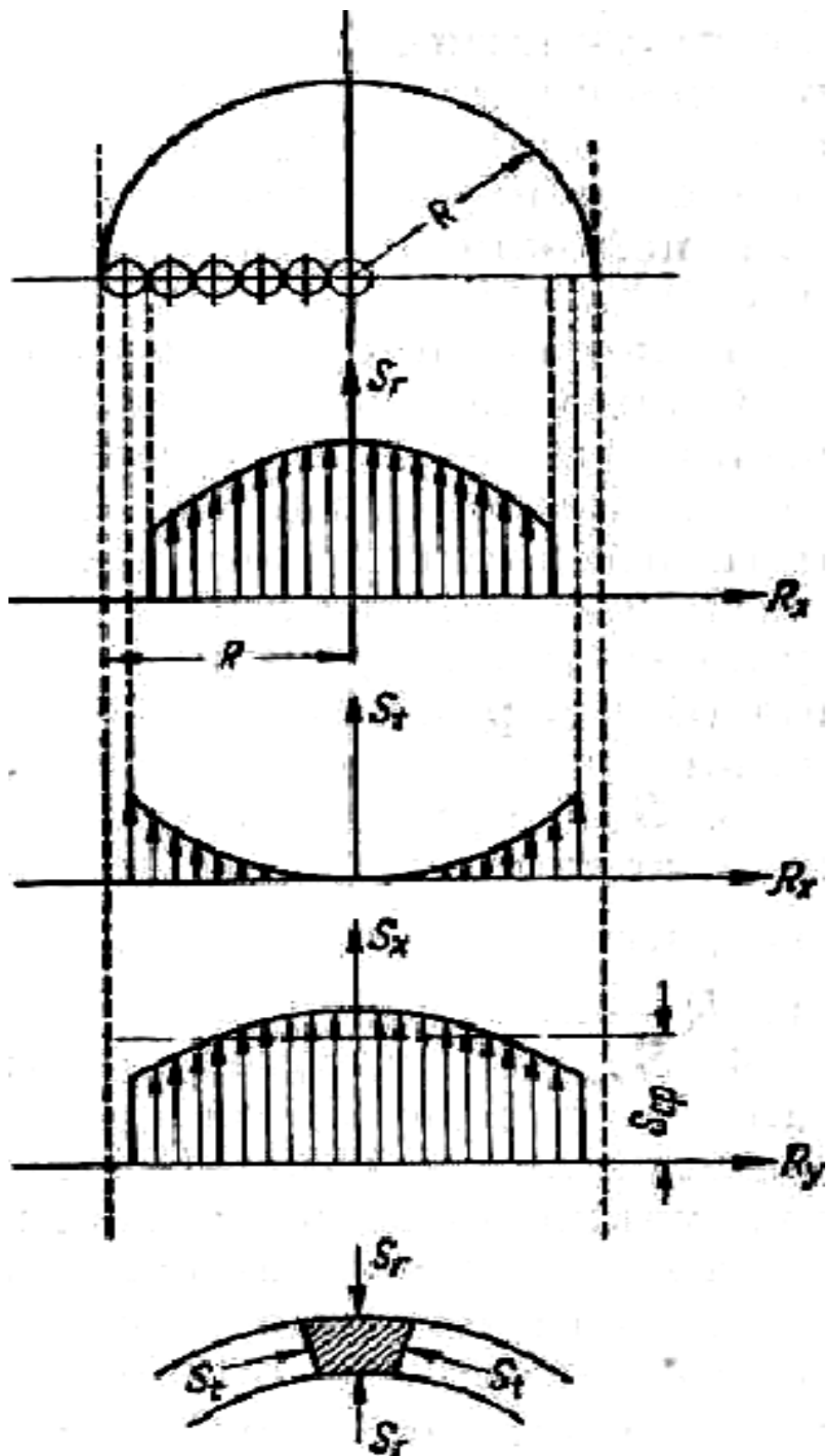


Рисунок 2.1. Изменение силы S и ее компонентов S_r , S_t и S_{cp} в зависимости от R_x (радиуса пряжи)

Суммарная величина силы сопротивления скольжению конца волокна, возникающая в результате сжатия, равна

$$2\mu S_r + 2\mu S_t = \mu(2S_r + 2S_t) = \mu S \quad (2.1)$$

где S_r - сжимающие радиальные усилия;

S_t - тангенциальных усилия со стороны соседних участков волокон;

μ - коэффициент трения между волокнами;

S - суммарная величина сил, всесторонне сжимающих 1 мм волокна в закрученном продукте.

Следовательно, общая величина сил сопротивления скольжению 1 мм волокна, с учетом будет равна:

$$Q = q + \mu S \quad [\text{г/мм}] \quad (2.2)$$

где q - сила сцепления между волокнами, г/мм.

Авторы, выше приведенного учебника, определяют, что величина S зависит от ряда факторов:

1. При возрастании осевой нагрузки на пряжу суммарная величина сил, всесторонне сжимающих 1 мм волокна в закрученном продукте увеличивается.

2. Величина сжимающих радиальных усилий S_r зависит от величин R_x (R_x – расстояние, на котором волокна находятся от оси продукта). Максимальное радиальное сжатие получают волокна, находящиеся на оси продукта ($R_x = 0$).

3. Тангенциальные усилия S_t от слоя к слою пряжи не суммируются и имеют наибольшую величину для растянутых наружных волокон и наименьшую для волокон, лежащих на оси продукта.

В учебнике «Механическая технология волокнистых материалов» [1] рассматриваются и другие факторы для определения сопротивления скольжению волокна по поверхности шероховатого цилиндра, основанные на формуле Эйлера[1].

Формула Эйлера для определения сопротивления скольжению волокна имеет следующую зависимость:

$$F_x = \frac{Ql}{\mu} = \frac{l^{\mu\varphi} - 1}{\varphi} \quad (2.3)$$

где: F_x - сопротивление скольжению волокна;

Q - общая величина сил сопротивления скольжению (сН/мм) 1 мм волокна с учетом цепкости;

l - длина волокна;

μ - коэффициент трения между волокнами;

φ - угол огибания элементом ($\varphi = \frac{l}{\rho}$);

ρ - радиус кривизны винтовой линии волокна.

Поэтому было принято, что сила сопротивления скольжению волокна по поверхности шероховатого цилиндра тем больше, чем больше общая величина сил сопротивления скольжению 1 мм волокна с учетом цепкости Q , коэффициент трения волокна по волокну μ , радиус кривизны винтовой линии волокна ρ , угол огибания волокном поверхности шероховатого цилиндра φ .

В этих работах был сделан вывод о том, что одиночные волокна и нити при кручении обхватывают друг друга, растягиваются и осуществляют взаимное сжатие, силы трения увеличиваются и повышают разрывную нагрузку пряжи [54,55,56].

Применение данных теоретических описаний не учитывает современные приоритеты в мировой текстильной технологии.

В диссертационной работе разрабатывается методика аналитического расчета проектирования скрученной камвольной пряжи различных сырьевых составов и линейных плотностей, разработанных в работах [55,56]. Опишем условия проектирования:

1. Скрученная нить представляет собой две одинаковые, вписанные одна в другую винтовые линии, радиус осевой линии каждой из которых равен радиусу поперечного сечения нити.

2. 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 .
3. Кривизна винтовой линии является постоянной и равна $\kappa_3 = \frac{\sin^2 \alpha}{R}$ (κ_3 - кривизна винтовой линии), кручение $\kappa_1 = \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{R}$ (κ_1 - кручение). Между нитями вдоль винтовой линии возникает контактная равномерно распределенная нагрузка интенсивностью q .
4. Последовательность точек касания образует ось крученой нити. Технология формирования крученой нити должна обеспечить получение равновесной структуры.
5. Ось крученой равновесной нити представляет собой прямую. Линия контакта, образуемая точками касания ось крученой нити, является прямой линией.
6. В результате последовательность точек касания образует ось крученой нити.

На рисунке 2.2 представлены два соприкасающихся эллипса, представляющие сечение нити, расположенные под углом α к оси крученой нити. Система самоуравновешенных внутренних сил, действующих в сечении крученой нити, сводится к моментам M_1 и M_2 , силам T_1 и Q_1 . Общее для двух нитей сечение не перпендикулярно осевым винтовым линиям каждой из них. Рассматриваемые в сечении крученой нити моменты M_1 и M_2 не могут быть ни крутящими, ни изгибающими, так же, как силы T_1 и Q_1 не являются соответственно ни растягивающей, ни перерезывающей [54].

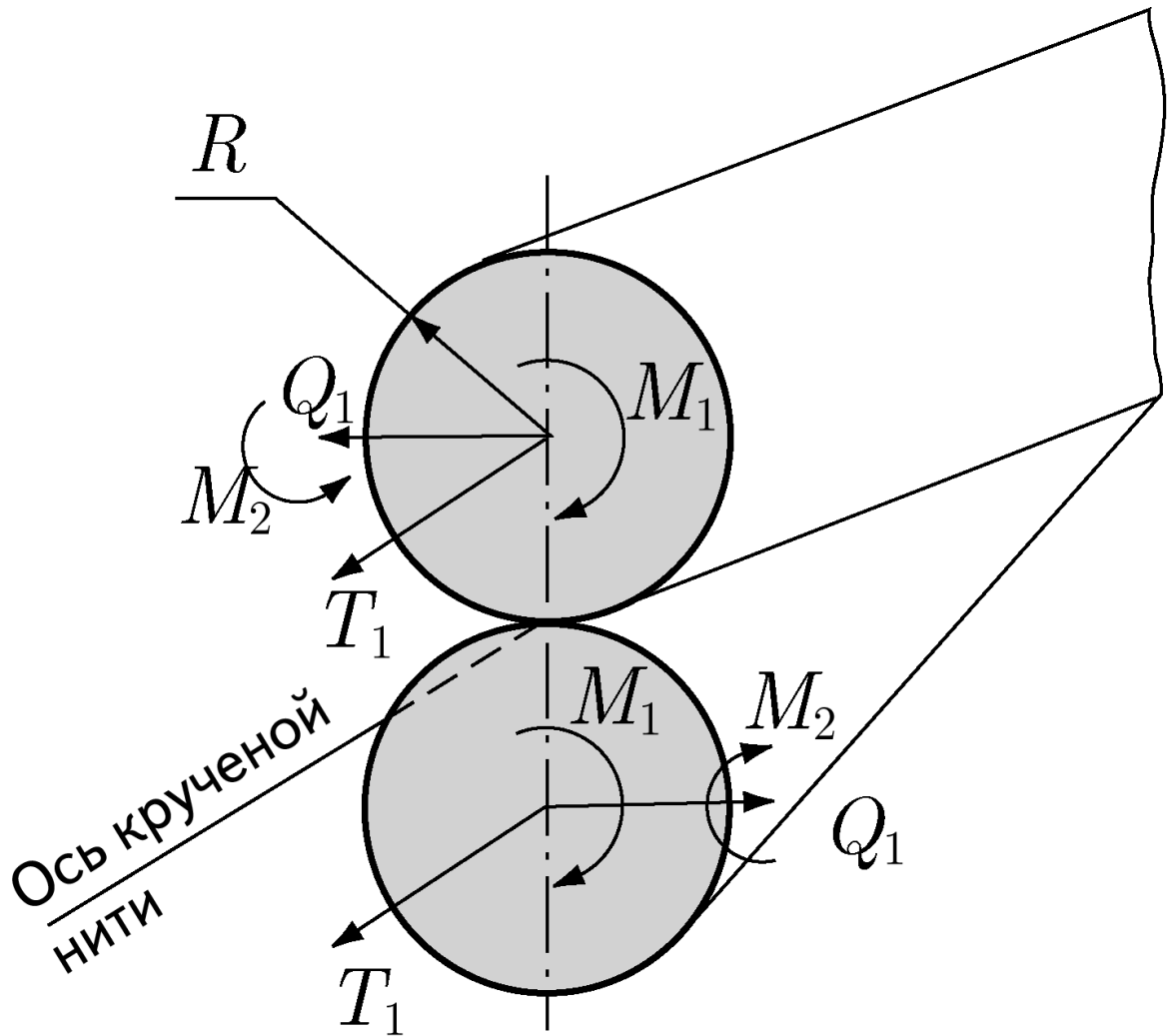


Рисунок 2.2. Сечение крученной нити

Ось крученной нити является прямой линией контакта нитей. На рисунке 2.3 построены оси вспомогательного цилиндра радиусом R . На поверхности этого цилиндра будут расположены винтовые осевые упругие линии нитей. В точке O приложены моменты M_1 и M_2 , а также силы T_1 и Q_1 . Вдоль оси построенного вспомогательного цилиндра в радиальном направлении действует распределенная нагрузка интенсивностью q . От точки O на расстоянии x на упругой линии выбрана произвольная точка O_1 [54].

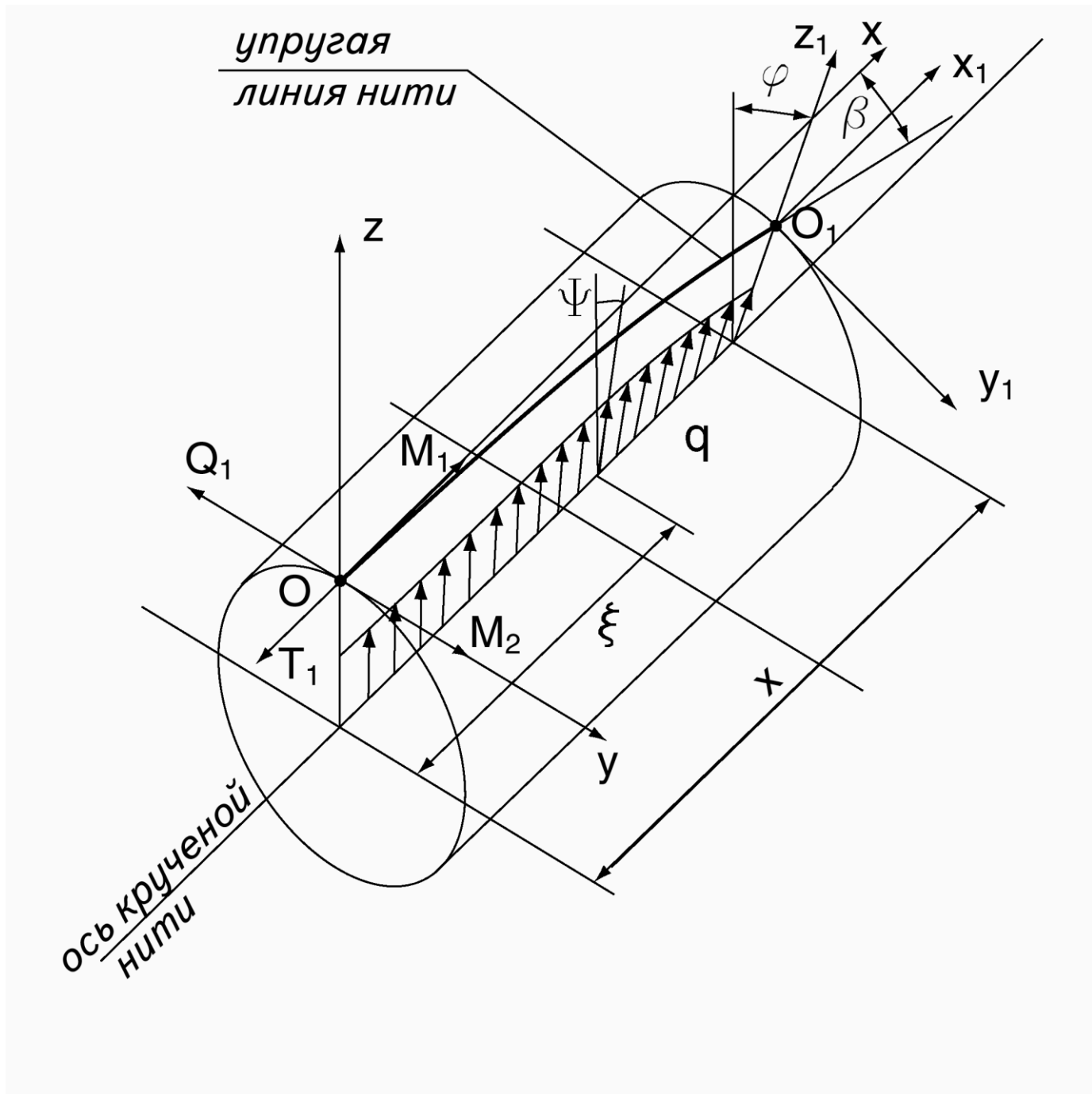


Рисунок 2.3. К равновесию крученной нити

Для обеспечения равновесности крученной нити необходимо, чтобы в произвольно взятой на упругой линии точке O_1 моменты M_1 и M_2 , силы T_1 и Q_1 были бы такими же, что и в точке O . Причем все это должно быть независимо от x и φ [55,56]. Определим условия равновесности:

$$Q_1 = qR \operatorname{ctg} \alpha. \quad (2.4)$$

$$M_1 = Q_1 R. \quad (2.5)$$

$$M_2 = qR^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha - T_1 R. \quad (2.6)$$

Возникающие в сечениях, перпендикулярных оси каждой из нитей, изгибающий момент $M_{\text{и}}$, крутящий момент $M_{\text{к}}$, растягивающую T и перерезывающую Q силы найдены из условий равновесия сил

$$T = Q$$

$$T = Q_1 \sin \alpha + T_1 \cos \alpha; \quad Q = Q_1 \cos \alpha - T_1 \sin \alpha. \quad (2.7)$$

и из условий равновесия моментов

$$M_{\text{и}} = M_{\text{к}}$$

$$M_{\text{и}} = M_2 \cos \alpha - M_1 \sin \alpha; \quad M_{\text{к}} = M_1 \cos \alpha + M_2 \sin \alpha. \quad (2.8)$$

С учетом соотношений (2.4), (2.5), (2.6) напомним выражения для сил и моментов, действующих в сечении нити [54,55,56]:

$$T = Q; \quad M_{\text{и}} = M_{\text{к}}$$

$$T = q_0 R + T_1 \cos \alpha, \quad Q = q_0 R \operatorname{ctg} \alpha - T_1 \sin \alpha;$$

$$M_{\text{и}} = q_0 R^2 (\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1) - T_1 R \cos \alpha, \quad M_{\text{к}} = 2q_0 R^2 \operatorname{ctg} \alpha - T_1 R \sin \alpha. \quad (2.9)$$

В эти выражения введена приведенная к осевой линии нити контактная нагрузка

$$q_0 = q \cos \alpha. \quad (2.10)$$

Жесткость одиночной нити при кручении обозначим - B и жесткость нити при изгибе обозначим - H , запишем соотношения пропорциональности компонентов кривизны и кручения компонентам главного момента внутренних усилий: крутящий момент $M_{\text{к}} = B\kappa_1$, изгибающий момент $M_{\text{и}} = H\kappa_3$. Используя известные соотношения: кручение $\kappa_1 = \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{R}$ и кривизну $\kappa_3 = \frac{\sin^2 \alpha}{R}$ винтовой линии, и равенство $T_1 = \frac{P_k}{2}$ (P_k – прочность скрученной нити), получим формулу для контактной нагрузки

$$q_0 = \frac{P_k}{4R} \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + B \frac{\sin^2 \alpha}{2R^3} \quad (2.11)$$

или выраженную через прочность одиночной нити (компонента), равную натяжению в момент разрыва T ,

$$q_0 = \frac{(TR^2 + B \cos^2 \alpha) \sin^2 \alpha}{R^3 (2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha)}. \quad (2.12)$$

Из этого соотношения прочность скрученной нити определяется равенством

$$P_k = 2 \left(\frac{T}{\cos \alpha} - \frac{q_0 R}{\cos \alpha} \right). \quad (2.13)$$

Используя данную теорию, в последующих главах диссертации проведем расчеты теоретической прочности чистошерстяной скрученной камвольной пряжи 31текс×2, полушерстяной скрученной камвольной пряжи 31текс×2 и чисто химической скрученной камвольной пряжи 31текс×2; камвольной пряжи уточненной классификации смесей гребенного производства в соответствии с ГОСТ 30702-2000 для следующих линейных плотностей 19текс×2, 21текс×2, 28текс×2, 31текс×2, 42текс×2 чистошерстяных смесей и смесей с вложением шерстяных и нитроновых волокон.

ВЫВОДЫ ПО ВТОРОЙ ГЛАВЕ

1. Для проектирования прочности скрученной камвольной пряжи различного сырьевого состава разработан и принят аналитический метод проектирования с учетом геометрических и силовых параметров.
2. Определены геометрические и силовые параметры, обеспечивающие равновесность скрученной в два сложения пряжи.
3. 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.
4. 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.

ГЛАВА 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ СКРУЧЕННОЙ КАМВОЛЬНОЙ ПРЯЖИ

Для теоретических расчетов прочности скрученной камвольной пряжи с использованием разработанного аналитического метода, изложенного во второй главе диссертации, была выбрана пряжа 31текс×2 трех составов (Таблица 3.1): вариант 1 - чистошерстяная пряжа, для производства которой используется шерсть мериносовая 64^к I дл., сор. (М21Имз) – 100%; вариант 2 - полушерстяная пряжа, для производства которой используется шерсть мериносовая 64^к I дл., сор. (М21Имз) – 50% и полиакрилонитрильные волокна – 50%; вариант 3 – чисто химическая пряжа для производства которой используется полиакрилонитрильные волокна – 100%. Угол кручения вторичной крутки скрученной камвольной пряжи (31текс×2 с круткой 200 кр/м) составляет $\alpha=0,139$ рад (7,96°).

Таблица 3.1 Состав смесей одиночной и скрученной камвольной пряжи

№ п/п	Компоненты смеси	Долевое содержание компонентов по массе.
1.	Шерсть мериносовая 64 ^к I дл., сор. (М21Имз)	1
2.1	Шерсть мериносовая 64 ^к I дл., сор. (М21Имз)	0,5
2.2	Полиакрилонитрильное волокно	0,5
3.	Полиакрилонитрильное волокно	1

С использованием аналитической теории, разработанной проф. В.П. Щербаковым [57] и проф. Н.С. Скулановой [57], и методик, получивших развитие в статьях [55, 56, 58, 59], будем определять теоретическую прочность скрученной пряжи по полученной формуле [55, 56]:

$$P_k = 2 \left(\frac{T}{\cos \alpha} - \frac{q_0 R}{\cos \alpha} \right) \quad (3.1)$$

где: T - прочность одиночной пряжи, сН;

q_0 - контактная нагрузка, сН/мм;

R - радиус сечения каждой из двух нитей;

α - угол кручения скрученной пряжи.

Необходимо для теоретических расчетов определить контактную нагрузку (q_0) [55, 56], которая возникает между нитями:

$$q_0 = \frac{P_k}{4R} \frac{\sin^2 \alpha}{\cos \alpha} + B \frac{\sin^2 \alpha}{2R^3} \quad (3.2)$$

Для расчетов прочности скрученной камвольной пряжи различного сырьевых составов 31текс×2 и контактной нагрузки необходимо экспериментально определить жесткость при кручении (B) для каждого варианта [55].

Наиболее просто определить жесткость при кручении экспериментально, методом крутильных колебаний [55].

В диссертационной работе использовался крутильный маятник (Рисунок 3.1.), разработанный на кафедре МТВМ МГТУ доцентом О.Ю. Дмитриевым и инженером А.А. Козловым. Метод определения жесткости пряжи основан на сравнении крутящего момента эталонного элемента с равновесным моментом камвольной пряжи 31 текс. Камвольная пряжа 31 текс зажималась между двух зажимов. Зажим верхний – измерительный, прикреплен к нижнему концу чувствительного элемента. Количество оборотов, сообщаемое пряже зажимом, подсчитывается счетчиком. Нижний зажим приводится во вращение от привода в нужном направлении. Угол закручивания чувствительного элемента фиксируется с помощью шкалы [55, 57, 60, 61].

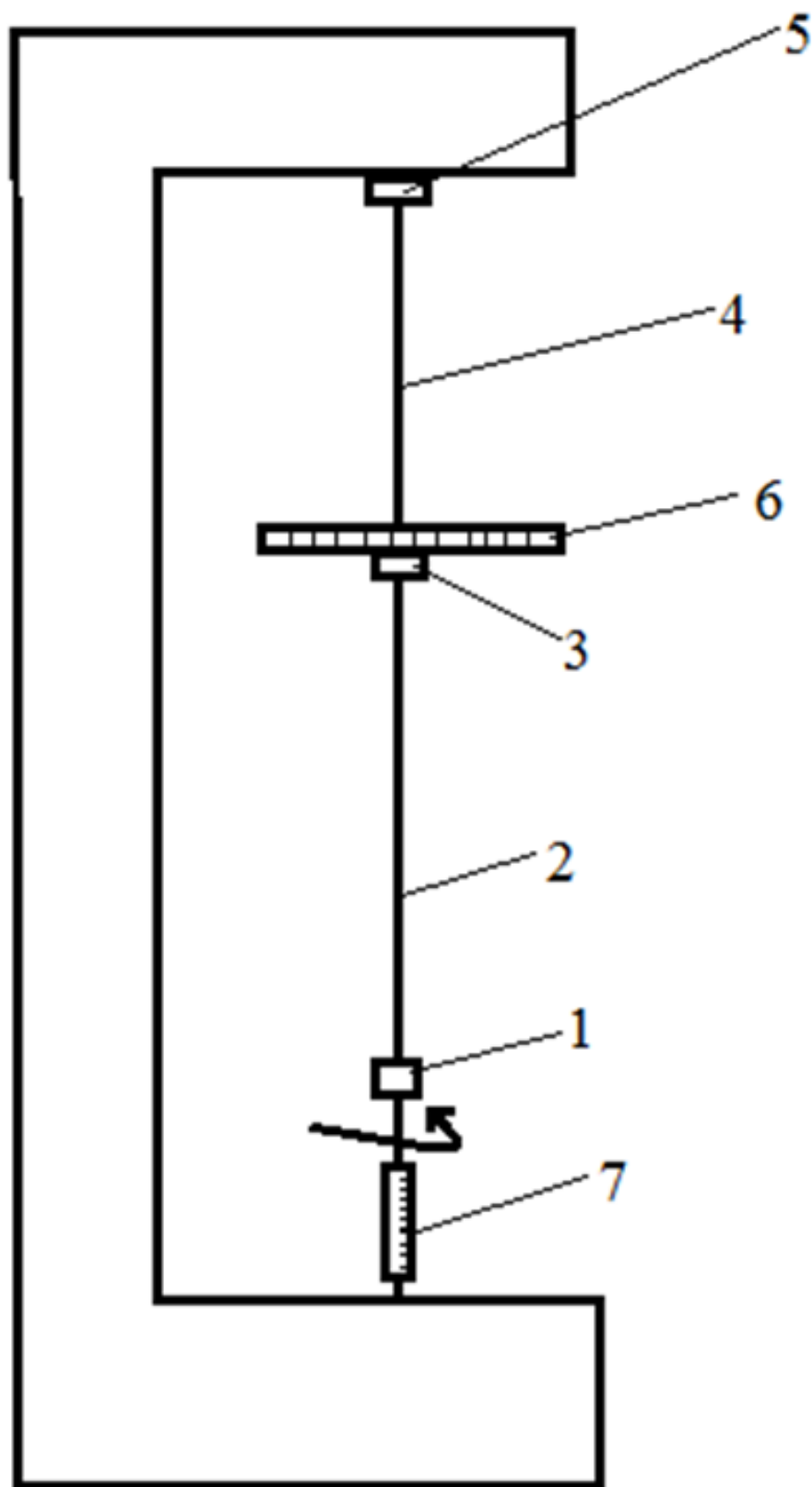


Рисунок 3.1. Крутильный динамометр

Прибор состоит из зажима 1, который получает вращение с определенной скоростью от привода. В этом зажиме закрепляется нижний конец испытуемой

нити 2, верхний конец нити закрепляется в зажиме 3, который, в свою очередь, прикреплен к нижнему концу чувствительного элемента крутящего момента 4. Верхний конец чувствительного элемента закреплен неподвижно 5. Заправочное натяжение нити определяется весом системы нижнего зажима. При работе прибора камвольная пряжа закручивается вращающим зажимом 1. В пряже возникает упругий крутящий момент, который, действуя через верхний зажим 3 на чувствительный элемент, заставляет его закручиваться. На приборе имеется указатель и датчик угла поворота чувствительного элемента 6 [61].

В качестве чувствительного элемента использована стальная проволока, играющая роль торсионной пружины. Расчетное значение жесткости при кручении проволоки определяется по формуле сопротивления материалов [61]

$$B_{ch} = G_{ch} I_{pch}, \quad (3.3)$$

где G_{ch} – модуль сдвига материала проволоки (чувствительного элемента), равный для стали 8100 кгс/мм² [60, 61],

I_{pch} – полярный момент инерции сечения проволоки диаметром d , равный

$$I_{pch} = \frac{\pi d^4}{32}. \quad (3.4)$$

Тогда получаем $B_{ch} = 4,97 \text{ сН} \cdot \text{мм}^2$.

Испытания камвольной пряжи 31текс проведены следующим образом. Пряжа была зажата в верхнем и нижнем зажимах на расстоянии $L_y = 510 \text{ мм}$. При этом вес нижнего зажима создает предварительное минимальное натяжение, которое распрямляет пряжу. После включения привода, вращающийся нижний зажим создает дополнительные кручения. В условиях равенства крутящего момента чувствительного элемента стальной проволоки $M_{ch} = B_{ch} \frac{\varphi_{ch}}{L_{ch}}$ и момента камвольной пряжи 31 текс $M_y = B_y \frac{2\pi n}{L_y}$ вычислили жесткость пряжи при кручении, далее приравниваем моменты [55, 60, 61],

$$M_{ch} = M_y$$

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

$$B_y = B_{ch} \frac{\varphi_{ch}}{L_{ch}} \frac{L_y}{2\pi n} \quad (3.5)$$

где: B_y - жесткость пряжи при кручении, $\text{сН} \cdot \text{мм}^2$;

φ_{ch} - угол закручивания чувствительного элемента, рад;

L_{ch} - длина (стальной проволоки) чувствительного элемента - 475 мм;

L_y - длина зажимаемой пряжи - 510 мм;

n - число оборотов, на которое закручивается пряжа.

Данные, полученные при испытании пряжи 31 текс чистошерстяной пряжи, полушерстяной пряжи и чисто химической пряжи, выбранных составов, приведены в Таблице 3.2 и 3.3.

Таблица 3.2 Данные по испытанию пряжи на крутильном динамометре

№ п/п	Пряжа чистошерстяная (шерсть мериносовая 64 ^к I дл., сор. (M21Imз))31 текс		Пряжа полушерстяная (50%-шерсть мериносовая 64 ^к I дл., сор. (M21Imз), 50%-полиакрилонит- рильные волокна)31 текс		Пряжа чисто химическая (полиакрилонитрильные волокна)31 текс	
	Число оборотов, на кото- рое закру- чивается пряжа, n	Угол закручи- вания чувст- вительного элемента, φ_{ch} , рад	Число обо- ротов, на которое за- кручивает- ся пряжа, n	Угол закру- чивания чув- ствительного элемента, φ_{ch} , рад	Число обо- ротов, на которое за- кручивает- ся пряжа, n	Угол закру- чивания чув- ствительного элемента, φ_{ch} , рад
Среднее значение	5	0,258	5	0,295	5	0,723
Гарантий- ная ошибка, %	3,7		3,4		3,8	

Таблица 3.3 Характеристика одиночной пряжи

	Чистошерстяная камвольная пряжа 31 текс	Полушерстяная камвольная пряжа 31 текс	Чисто химическая камвольная пряжа 31 текс
Прочность T , сН	169,3	247,9	445,8
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

После определения жесткости при кручении одиночной камвольной пряжи для трех вариантов смеси (Таблица 3.1) возможен теоретический расчет прочности скрученной камвольной пряжи с определением контактной нагрузки [55,56].

ВЫВОДЫ ПО ТРЕТЬЕЙ ГЛАВЕ

1. Для определения жесткости одиночной камвольной пряжи 31 текс различных сырьевых составов (чистошерстяной, полушерстяной и чисто химической) применен 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.
2. 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.

ГЛАВА 4. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ СКРУЧЕННОЙ КАМВОЛЬНОЙ ПРЯЖИ 31 текс×2 РАЗЛИЧНЫХ СМЕСОВЫХ СОСТАВОВ

4.1. Технологический процесс получения скрученной камвольной пряжи 31 текс×2

В настоящее время в шерстяной отрасли необходим переход на разработку и освоение принципиально новых технологических комплексов переработки шерстяного российского сырья в конкурентоспособные текстильные изделия.

Для создания качественной пряжи в камвольной системе прядения необходимо увеличить прочность, удлинение и равномерность пряжи. С использованием аналитической теории, разработанной в работах проф. В.П. Щербакова и проф. Н.С. Скулановой, проектирования пряжи из многокомпонентной смеси в условиях существенного различия геометрических и прочностных свойств проведены теоретические расчеты прочности камвольной одиночной и скрученной пряжи с вложением в смеси полиакрилонитрильных волокон. В диссертационной работе для расчетов прочности была выбрана одиночная пряжа 31 текс трех составов смеси: вариант 1 чистошерстяная пряжа - шерсть мериносовая 64^к, I дл., сорн. - 100%; вариант 2 полушерстяная пряжа - шерсть мериносовая 64^к, I дл., сорн. - 50% и полиакрилонитрильные волокна - 50%; вариант 3 чисто химическая пряжа – полиакрилонитрильные волокна - 100% (Таблица 4.1) [58, 59].

Таблица 4.1 Состав смесей одиночной и скрученной камвольной пряжи

№ варианта	Компоненты смеси	Долевое содержание компонентов по массе.
1	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (М21I мз)	1
2	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (М21I мз)	0,5
	Полиакрилонитрильное волокно	0,5
3	Полиакрилонитрильное волокно	1

Характеристика мериносовой шерсти 64^к, I дл., сорн., (М21I мз) представлена в табл. 4.2 – 4.6 и характеристика полиакрилонитрильного волокна в таблице 4.7 [61, 63].

Таблица 4.2 Характеристика мериносовой шерсти 64^к, I дл., сорн., (М21I мз)

Наименование Шерсти.	Обозначение.	Характеристика.
Мериносовая	М	Шерсть однородная, штапельного строения, уравненная по тонине волокон в штапеле с достаточным содержанием жиропота. Допускаются одиночные огрубленные короткие серповидные волокна до 20 мм. Проросшие мертвые, сухие и цветные волокна отсутствуют. Тонина 25,0 мкм и менее. Шерсть белая. В районах Восточной и Западной Сибири, Казахстана, Кыргызстана, Урала в мериносовой шерсти допустимо остаточное содержание жиропота.

Таблица 4.3 Характеристика шерсти в зависимости от содержания растительных примесей

Наименование показателя засоренности	Обозначение	Содержание растительных примесей.
Малозасоренное	мз	Общая массовая доля растительных примесей 3%, в том числе репья-пилки не более 0,03 %, (7-36) коробочек средней величины в 1,0 кг мытой шерсти.

Таблица 4.4 Характеристика среднеквадратического отклонения тонины

Наименование показателя	Мериносовая.
	20,6 – 21,5
Среднеквадратическое отклонение тонины не более	±5,43

Таблица 4.5 Характеристика относительной разрывной нагрузки

Наименование показателя прочности	Обозначение прочности	Рунная основная и пожелтевшая шерсть, сН/текс.
		Однородная
		тонкая
Прочная	Не обозначается	7,0 и более

Таблица 4.6 Характеристика средней длины шерсти

Длина шерсти	Обозначение (код длины)	Средняя длина штапеля, мм
Первая	I	70 и более

Таблица 4.7 Характеристика полиакрилонитрильного волокна

№ п/п	Наименование показателя	Полиакрилонитрильное волокно
1.	Номинальная линейная плотность волокна, текс	0,4
2.	Номинальная длина волокна, мм	65
3.	Относительная разрывная нагрузка элементарного волокна, мН/текс, не менее	225,4
4.	Удлинение элементарного волокна при разрыве, %	30 - 40
5.	Отклонение кондиционной линейной плотности элементарного волокна от номинальной, % не более	±7
6.	Отклонение средней фактической длины элементарного волокна от номинальной, % не более	±6
7.	Массовая доля замасливателя с антистатиком, %, не более	0,3 – 0,8
8.	Усадка волокна, %, не более	3 - 6
9.	Склейки и роговидные волокна, %	0,001
10.	Грубые волокна, %	0,1
11.	Номинальная влажность, %	2,0

В камвольной системе прядения при получении гребенной камвольной пряжи используются шесть основных планов прядения для получения гребенной ленты и ровницы одиночной пряжи и скрученной (Таблица 4.8 и 4.9) [63, 64].

Технологический поток выработки гребенной ленты зависит от следующих основных параметров:

- назначения пряжи: для ручного вязания, для трикотажного производства, для ткачества в камвольной и суконной системе получения тканей, для технических целей;
- составов смесей: для смесей выше 60^к, для смесей ниже 60^к, для смесей с вложением химических волокон;
- линейной плотности пряжи;
- от технико-экономических показателей получения пряжи, которые будут заложены в себестоимость пряжи и ткани, обеспечивающих конкурентоспособность, инновационное использование, прибыль предприятия.

Таблица 4.8 План переходов получения гребенной чистошерстяной ленты

Оборудование	Приготовление суровой гребенной ленты (чистошерстяной)			Приготовление крашеной гребенной ленты (чистошерстяной)		
	Из шерсти ниже 60 ^к	Из шерсти 60 ^к и выше		Однократное гребнечесание		Двукратное гребнечесание
		Гребнечесание до глаженья	Гребнечесание после глаженья	Крашение после гребнечесания	Крашение до гребнечесания	
Чесальная машина	+	+	+	+	+	+
Ленточная двупольная машина						
1-й переход	+	+	+	+	+	+
2-ой переход	+	+	+	+	+	+
3-й переход	+	+	-	+	-	+
Гребнечесальная машина	+	+	-	+	-	+
Гладильно-сушильная машина (4-й переход)	-	+	-	+	-	+
Красильный аппарат	-	-	-	+	+	+
Гладильно-сушильный агрегат с ленточной машиной	-	+	+	+	+	+
Ленточная двупольная машина (5-й переход)	-	-	+	-	+	+
Гребнечесальная машина	-	-	+	-	+	+
Ленточная двупольная машина (6-й переход)	+	-	+	-	+	+
Ленточная двупольная машина с регулятором вытяжки (выпускная)	+	+	+	+	+	+
Общее число переходов	7	8	8	9	9	12

Таблица 4.9 План получения ровницы, одиночной и скрученной пряжи

Номер перехода	Машина	Число сложений	Вытяжка
1	Двупольная ленточная одноголовочная одновыпускная	До 10	7-8 (не более)
2	Двупольная ленточная с авторегулятором вытяжки одноголовочная одновыпускная	До 10	7,5-9
3	Двупольная ленточная одноголовочная с двумя выпусками	До 5	7,5-8,5
4	Двупольная ленточная одноголовочная с четырьмя выпусками	До 5	6,5-8 (не более)
5	Ровничная с двухремешковым или валичным вытяжным прибором(с сучильными рукавами или рогульками)	1	10-14
6	Прядильная машина	1	10-20
7	Мотальная машина	1	-
8	Тростильная машина	2	-
9	Крутильная машина	2	-

Для исследования параметров и физико-механических свойств скрученной 31 текс×2 и одиночной 31 текс камвольной пряжи были разработаны планы прядения, представленные в таблице 4.10, 4.11 и 4.12 [55, 56, 58, 59, 62 - 64, 65].

Таблица 4.10 План приготовления чистошерстяной камвольной скрученной пряжи 31 текс×2

Наименование переходов. Марка машины	Линейная плотность продукта, ктекс	Число сложений	Вытяжка	Линейная плотность выходящего продукта, ктекс	Скорость выпуска, м/мин
1	2	3	4	5	6
Чесальная машина ф. «Тибо»	-	-	-	24	80
Ленточная машина м. SC 400/11V	24	8	8	24	200
Ленточная машина м. SC 400/11V	24	8	7,7	25	200
Ленточная машина м. SC 400/22V	25	4×2	7,1	14×2	200

Гребнечесальная машина мод. 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU»	14	22	-	22	180ц
Ленточная машина м. SC 400/11V	22	9	7,3	27	210
Красильный аппарат м. АКД-6-1	27	-	-	27	-
Гладильно – сушильный агрегат «Темма – Комори»	27	-	-	27	-
Ленточная машина м. SC 400/11V	27	7	8,2	23	215
Ленточная машина м. SC 400/11V	23 22	4 4	7,2	25	210
Ленточная машина м. SC 400/22V	25	4x2	7,7	13x2	210
Гребнечесальная машина мод. 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU»	13	20	-	20	220ц
Ленточная машина м. SC 400/11V	20	10	7,7	26	215
Ленточная машина с авторегулятором м. SC 400/11VA	26	7	7,6	24	220
Меланжир м. SMC-400/11V	24	18	18	24	215
Ленточная машина м. SC-400/11V	24	8	8	24	210
Ленточная машина м. SC-400/11VA	24	8	8	24	215
Ленточная машина м. SC-400/22V	24	8	12	8x2	215
Ровничная машина м. FRC-300/22L ф. «Шлюмберже»	8	1	18	0,44	110
Прядильная машина м. FTC-9L	0,44	-	14	31	16
Мотальный автомат м. RAS 200 L	31	1	1	31	900
Крутильная машина м. VTS 07/2	31	2	-	31x2	32

Таблица 4.11 План приготовления полушерстяной камвольной скрученной пряжи 31 текс×2

Наименование переходов. Марка машины	Линейная плотность продукта, ктекс	Число сложенных	Вытяжка	Линейная плотность выходящего продукта, ктекс	Скорость выпуска, м/мин
1	2	3	4	5	6
Приготовление шерстяной ленты					
Чесальная машина ф. «Тибо»	-	-	-	24	80
Ленточная машина м. SC 400/11V	24	7	7	24	200

Ленточная машина м. SC 400/11V	24	8	7,7	25	205
Ленточная машина м. SC 400/22V	25	4x2	7,1	14	210
Гребнечесальная машина мод. 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU»	14	22	-	22	180ц
Ленточная машина SC 400/11V	22	9	7,3	27	210
Красильный аппарат м. АКД-6-1	27	-	-	26	-
Гладильно – сушильный агрегат ф. «Темма – Комори»	26	-	-	27	-
Ленточная машина м. SC 400/11V	27	7	8,2	23	215
Приготовление химической ленты					
Резально-штапелирующая машина м. ЛРШ-70	-	-	-	25	80
Ленточная машина м. SC 400/11V	25	7	7,6	23	200
Ленточная машина м. SC 400/11V	23	8	8,4	22	200
Приготовление смешанной ленты					
Ленточная машина м. SC 400/11V	23 22	4 4	7,2	25	210
Ленточная машина м. SC 400/22V	25	4x2	7,7	13x2	210
Гребнечесальная машина мод. 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU»	13	20	-	20	220ц
Ленточная машина м. SC 400/11V	20	10	7,7	26	215
Ленточная машина с авторегулятором м. SC 400/11VA	26	7	7,6	24	220
Приготовление ровницы, одиночной и скрученной пряжи					
Меланжир м. SMC-400/11V	24	18	18	24	215
Ленточная машина м. SC-400/11V	24	8	8	24	210
Ленточная машина м. SC-400/11VA	24	8	8	24	215
Ленточная машина м. SC-400/22V	24	8	12	8x2	215
Ровничная машина FRC-300/22L ф. «Шлюмберже»	8	1	18	0,44	110
Прядильная машина м.FTC-9L	0,44	-	14	31	16,9
Мотальный автомат м.RAS 200 L	31	1	1	31	920
Крутильная машина двойной крутки м.VTS 07/2	31	2	-	31x2	33

Таблица 4.12 План приготовления чисто химической камвольной скрученной пряжи 31 текс×2

Наименование переходов. Марка машины	Линейная плотность продукта, ктекс	Число сложенных	Вытяжка	Линейная плотность выходя- щего продукта, ктекс	Скорость выпуска, м/мин
1	2	3	4	5	6
Резально-штапелирующая машина м. ЛРШ-70	-	-	-	25	80
Ленточная машина м. SC 400/11V	25	7	7,6	23	200
Ленточная машина с авторегулято- ром м. SC 400/11VA	23	4x2	7,7	24	210
Приготовление ровницы, одиночной и скрученной пряжи					
Меланжир м. SMC-400/11V	24	18	18	24	15
Ленточная машина м. SC-400/11V	24	8	8	24	210
Ленточная машина м. SC-400/11VA	24	8	8	24	215
Ленточная машина м. SC-400/22V	24	8	12	8×2	215
Ровничная машина FRC-300/22L ф. «Шлюмберже»	8	1	18	0,44	110
Прядильная машина м. FTC-9L	0,44	-	14	31	18
Мотальный автомат м. RAS 200 L	31	1	1	31	980
Крутильная машина м. VTS 07/2	31	2	-	31x2	34

4.2 Теоретический расчет прочности одиночной камвольной пряжи 31 текс различных составов

В диссертационной работе используется метод расчета прочности одиночной камвольной пряжи, учитывающий только продольные растягивающие силы, при стабильном диаметре нити в момент растяжения. Данный метод аналитического прочностного расчета был совместно разработан проф. В. П. Щербаковым и проф. Н. С. Скулановой. Выбор метода объясняется тем, что проводимый в работе анализ прочностных свойств заданной камвольной пряжи впервые основан на

теоретическом обосновании и методики численных расчетов на ЭВМ [58, 59, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74].

Для теоретических расчетов были определены характеристики, представленные в таблице 4.13.

Таблица 4.13 Характеристики волокон камвольной пряжи для теоретического расчета прочности.

Варианты смеси	Состав смеси	Линейная плотность пряжи, текс	Крутка одиночной пряжи, кр/м.	Квадратическая неровность пряжи по линейной плотности, %	Долевое содержание компонента, %	Линейная плотность волокна, текс	Прочность волокна, сН	Удлинение волокна, %	Средняя длина волокон компонента, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (М24Імз)	31	560	12,3	100	0,42	9,54	2,06	67,7
2	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (М24Імз)	31	560	11	50	0,42	9,54	2,06	67,7
	Полиакрилонитрильное волокно				50	0,4	18,5	2,34	65
3	Полиакрилонитрильное волокно	31	560	10,9	100	0,4	18,5	2,34	65

Для теоретического расчета трех вариантов камвольной одиночной пряжи определим деформации через силы для всех вариантов смеси [54,58,59]:

$$\frac{T_1}{E_1 F_1} = \frac{T_2}{E_2 F_2} \quad (4.1)$$

где: EF – жесткость компонентов при растяжении;

T – натяжение волокон компонентов.

Определим жесткость каждого волокна для трех вариантов

$$(E_i F_i) = \frac{P_e}{\varepsilon_e} \quad (4.2)$$

где P_g - прочность одного волокна;

ε_g - деформация волокна.

Варианта 1:

Компонент 1, шерсть мериносовая 64^к, I дл., сорн. (M24Imз).

$$(E_1F_1)_1 = 9,54/0,206 = 46,311 \text{ сН};$$

Варианта 2:

Компонент 1, шерсть мериносовая 64^к, I дл., сорн. (M24Imз).

$$(E_1F_1)_1 = 9,54/0,206 = 46,311 \text{ сН};$$

Компонент 2, полиакрилонитрильные волокна

$$(E_2F_2)_2 = 18,5/0,234 = 76,06 \text{ сН};$$

Вариант 3:

Компонент 1, полиакрилонитрильные волокна

$$(E_1F_1)_1 = 18,5/0,234 = 76,06 \text{ сН}$$

Из данного метода известно, что жесткость компонента равна жесткости одного волокна, умноженной на число волокон m_i компонента. Доля i -ого компонента смеси задается обычно по массе и обозначается β_i . Для чистошерстяной пряжи: $\beta=1$, для полушерстяной пряжи: $\beta_1=0,5$; $\beta_2=0,5$, для чисто химической пряжи $\beta=1$.

Далее необходимо определить среднюю линейную плотность волокон в смеси [57, 66].

Для варианта 1 средняя линейная плотность волокон в смеси составила:

$$\bar{T} = \frac{1}{\sum_i^n \frac{\beta_i}{\bar{T}_i}} = \frac{1}{\frac{1}{0,42}} = 0,42 \text{ (текс)} \quad (4.3)$$

Для вариант 2 средняя линейная плотность волокон в смеси составила:

$$\bar{T} = \frac{1}{\sum_i^n \frac{\beta_i}{\bar{T}_i}} = \frac{1}{\frac{0,5}{0,42} + \frac{0,5}{0,4}} = 0,41 \text{ (текс)}$$

Для варианта 3 средняя линейная плотность волокон в смеси составила:

$$\bar{T} = \frac{1}{\sum_i^n \frac{\beta_i}{T_i}} = \frac{1}{\frac{1}{0,4}} = 0,4 \text{ (текс)}$$

Для вычисления минимальной линейной плотности $T_{\min} = \bar{T} - 3\sigma$ одиночной камвольной пряжи 31 текс необходимо экспериментально определить основные характеристики неровноты: квадратическую неровноту по линейной плотности, градиенты и спектры неровноты по линейной плотности [54,58,59].

4.2.1 Экспериментальное определение характеристик неровноты по линейной плотности камвольной одиночной и скрученной пряжи.

Квадратическая неровнота пряжи играет важную роль в примененном в работе теоретическом расчете прочности пряжи в связи с тем, что обрыв пряжи с минимальным числом волокон происходит в наиболее слабом и тонком месте. Получение пряжи и ее переработка происходят на участках различной длины: в прядении на длине 40-50 см, в трикотажном производстве на длине 1-2 см, в ткачестве на длине от 1 до 5 метров. На участках данных длин наиболее вероятен обрыв пряжи при недостаточной прочности пряжи.

Поэтому для теоретического расчета прочности одиночной и скрученной камвольной пряжи, выбранных составов, необходимо было определить квадратическую неровноту и градиенты неровноты. Среднее квадратическое отклонение по линейной плотности пряжи в данной диссертации определяется для отрезков пряжи различной длины с помощью прибора КЛА-2. Прибор КЛА-2 определяет квадратическую неровноту, спектральную неровноту и градиент неровноты. На рисунке 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 и 4.6 представлены графики градиентов неровноты пряжи для выбранной одиночной и скрученной камвольной пряжи 31 текс и 31 текс×2 различных составов смеси.

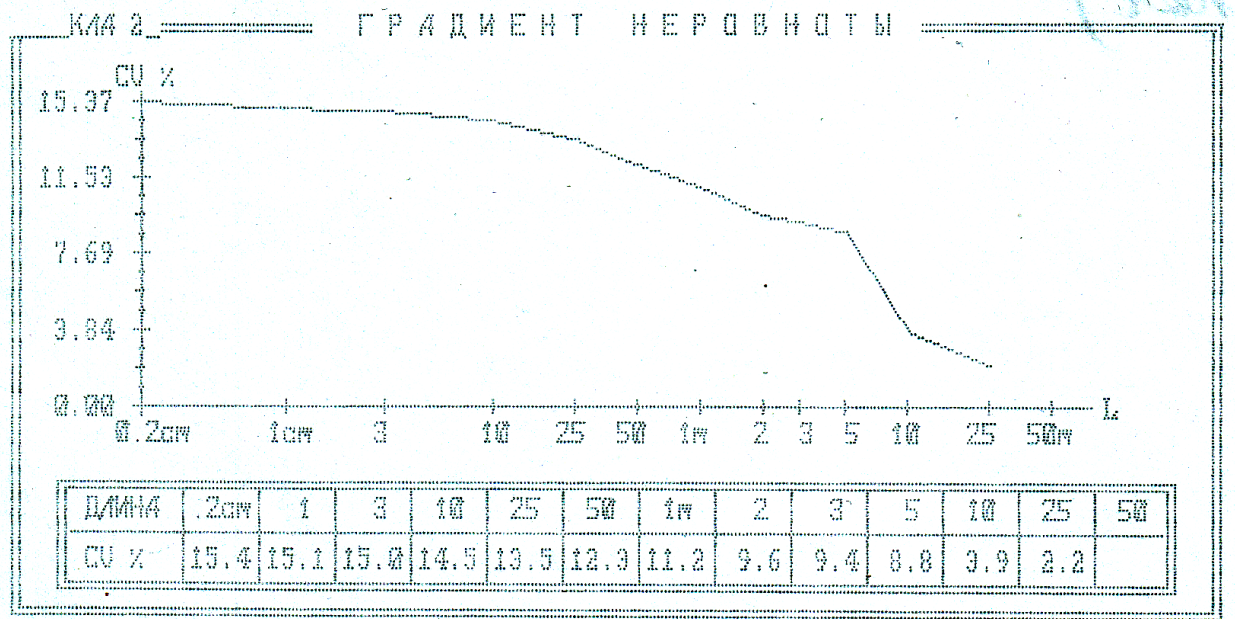


Рисунок 4.1 Градиент неровноты камвольной одиночной чистошерстяной пряжи

Для анализа полученных данных возьмем 6 значений градиентов неровноты одиночной камвольной пряжи, представленных в таблице 4.14.

Таблица 4.14 Квадратическая неровнота по линейной плотности чистошерстяной одиночной пряжи

Показатели	Длина отрезка					
	0,2 см	50 см	1 м	3 м	5 м	25 м
Квадратическая неровнота, %	15,4	12,3	11,2	9,4	8,8	2,2

При изменении длин отрезков с 0,2 см до 50 см происходит уменьшение квадратической неровноты на 3,1%, что соответствует относительному снижению неровноты по линейной плотности пряжи на 20%. На участке от 50 см до 1 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 1,1 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 27%. На участке от 1м до 3 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 1,8 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 39%. На участке от 3 м до 5 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 0,6 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 43%. На участке от 5 м до 25 м

происходит уменьшение квадратической неровноты на 6,4 %, в связи с чем можно сделать вывод, что при увеличении длины отрезка пряжи происходит уменьшение неровноты пряжи на 86%. Изменение длины отрезка с 0,2 см до 25 м снижает квадратическую неровноту на 13,2 %, что составляет 86 относительных процентов.

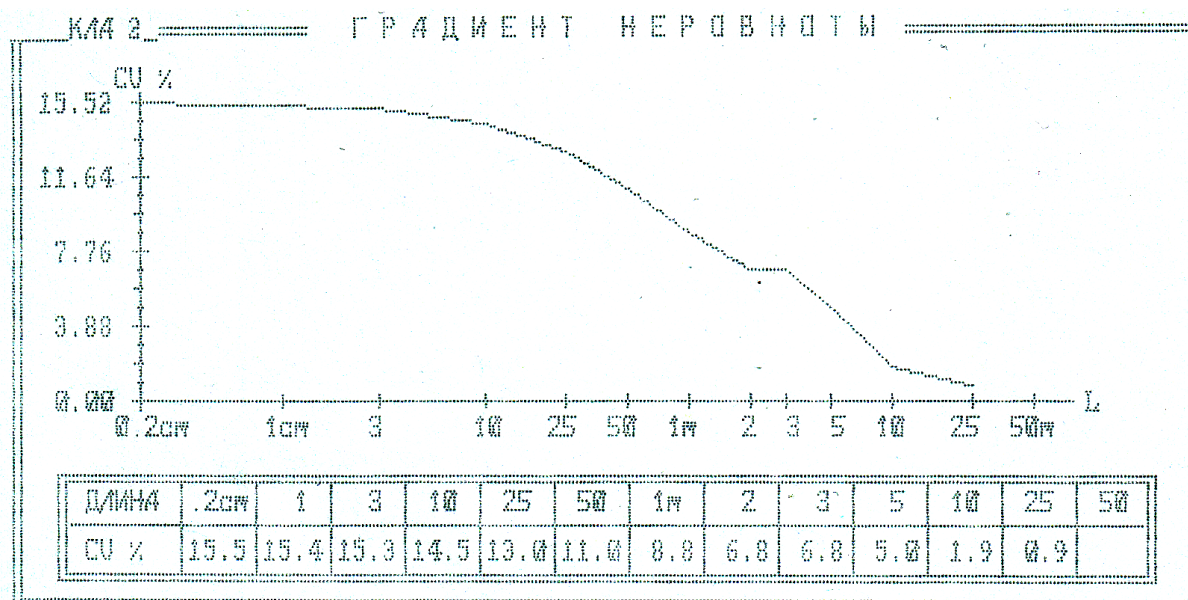


Рисунок 4.2 Градиент неровноты камвольной одиночной полушерстяной пряжи

Анализ данных проведен для шести значений градиента неровноты одиночной полушерстяной пряжи (таблица 4.15).

Таблица 4.15 Квадратическая неровнота по линейной плотности полушерстяной одиночной пряжи

Показатели	Длина отрезка					
	0,2 см	50 см	1 м	3 м	5 м	25 м
Квадратическая неровнота, %	15,5	11	8,8	6,8	5	0,9

При изменении длины отрезков пряжи с 0,2 см до 50 см происходит уменьшение квадратической неровноты на 4,5%, что показывает относительное снижение неровноты пряжи на 29%. На участке от 50 см до 1 м происходит уменьше-

ние квадратической неровноты на 2,2 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 43%. На участке от 1м до 3м происходит уменьшение квадратической неровноты на 2 %, что соответствует относительно уменьшению неровноты пряжи на 56%. На участке от 3 м до 5 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 1,8 %, что соответствует относительно уменьшению неровноты пряжи на 68%. На участке от 5 м до 25 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 4,1 %, в связи с чем можно сделать вывод, что при увеличении длины отрезка пряжи происходит уменьшение неровноты пряжи на 94,2%. Изменение длины отрезка одиночной полушерстяной пряжи 31 текса с 0,2 см до 25 м снижает квадратическую неровноту пряжи на 13,6 % и на 94,2 относительных процентов.

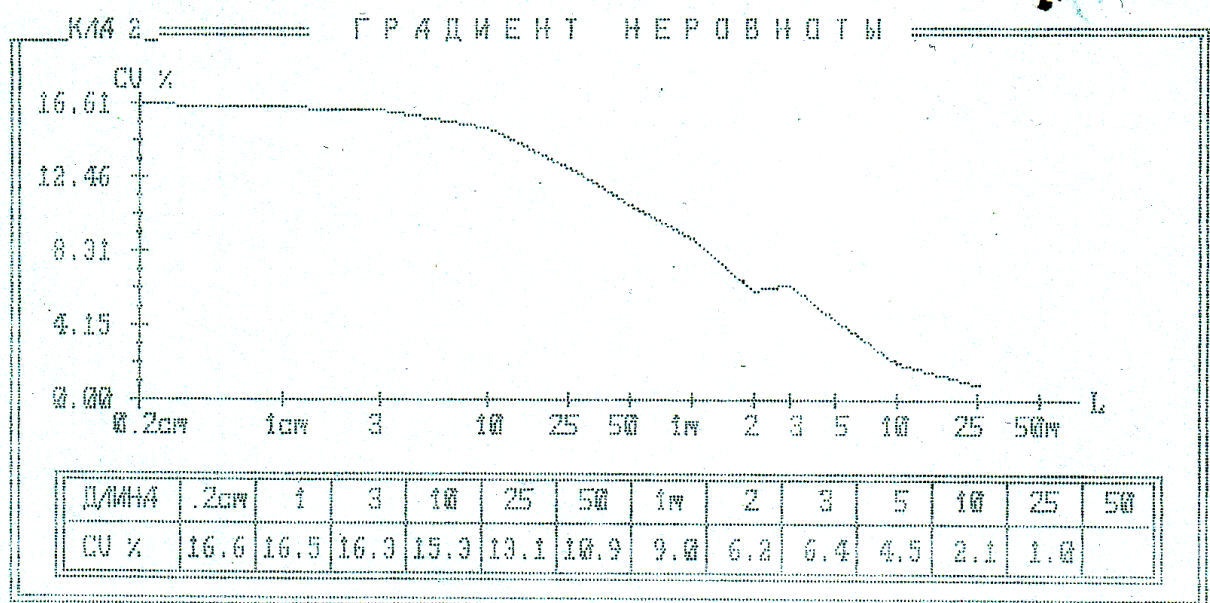


Рисунок 4.3 Градиент неровноты камвольной одиночной чисто химической пряжи

Проведем сравнительный анализ изменения квадратической неровноты по линейной плотности для чисто химической одиночной пряжи (таблица 4.16).

Таблица 4.16 Квадратическая неровнота по линейной плотности чисто химической одиночной пряжи

Показатели	Длина отрезка					
	0,2 см	50 см	1 м	3 м	5 м	25 м
Квадратическая неровнота, %	16,6	10,9	9	6,4	4,5	1

Сравнивая увеличение длины отрезков пряжи 31 текса чисто химической пряжи с 0,2 см до 50 см, можно сказать, что происходит уменьшение квадратической неровноты на 5,7%, что показывает относительное уменьшение неровноты пряжи на 34%. На участке от 50 см до 1 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 1,9 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 46%. На участке от 1 м до 3 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 2,6 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 61%. На участке от 3 м до 5 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 1,9 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 73%. На участке от 5 м до 25 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 3,5 %, в связи с чем можно сделать вывод, что при увеличении длины отрезка пряжи происходит уменьшение неровноты пряжи на 94%. Изменение длины отрезка одиночной чисто химической пряжи 31 текса с 0,2 см до 25 м снижает квадратическую неровноту пряжи на 15,6 % и на 94 относительных процентов.

Для расчетов прочности скрученной камвольной пряжи проведем исследования изменения коэффициентов вариации и градиентов неровноты в зависимости от составов смеси.

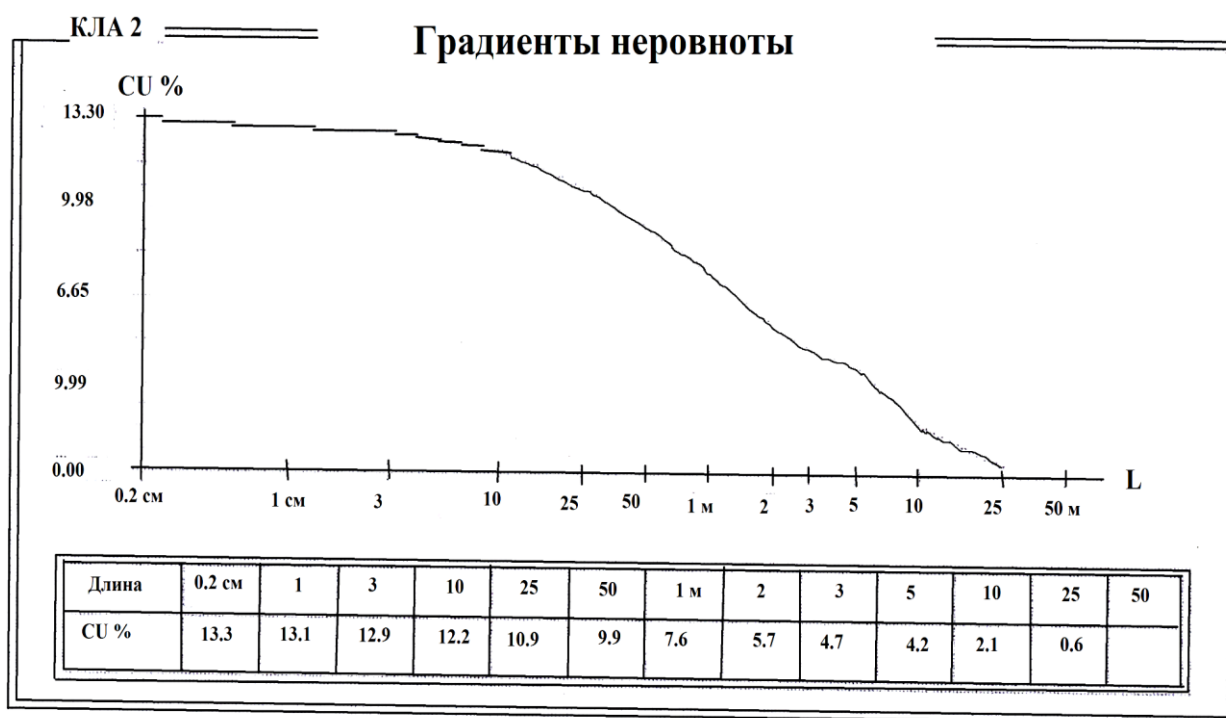


Рисунок 4.4 Градиент неровноты для скрученной чистошерстяной камвольной пряжи

Проведем анализ полученных данных прибора КЛА-2 для шести точек градиентов неровноты 0,2 см, 50 см, 1 м, 3 м, 5 м, 25 м для скрученной чистошерстяной камвольной пряжи (таблица 4.17).

Таблица 4.17 Квадратическая неровнота по линейной плотности чистошерстяной скрученной пряжи

Показатели	Длина отрезка					
	0,2 см	50 см	1 м	3 м	5 м	25 м
Квадратическая неровнота, %	13,3	9,9	7,6	4,7	4,2	0,6

При изменении длин отрезков пряжи с 0,2 см до 50 см происходит снижение квадратической неровноты на 3,4%, что показывает относительное уменьшение неровноты пряжи на 26%. На участке от 50 см до 1 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 2 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 43%. На участке от 1м до 3 м происходит уменьшение

квадратической неровноты на 2,9 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 65%. На участке от 3 м до 5 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 0,5 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 68%. На участке от 5 м до 25 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 3,6 %, в связи с чем можно сделать вывод, что при увеличении длины отрезка пряжи происходит уменьшение неровноты пряжи на 95%. Изменение длины отрезка скрученной чисто шерстяной пряжи 31 текс×2 с 0,2 см до 25 м снижает квадратическую неровноту пряжи на 12,7 %, что составляет 95,5 относительных процентов.

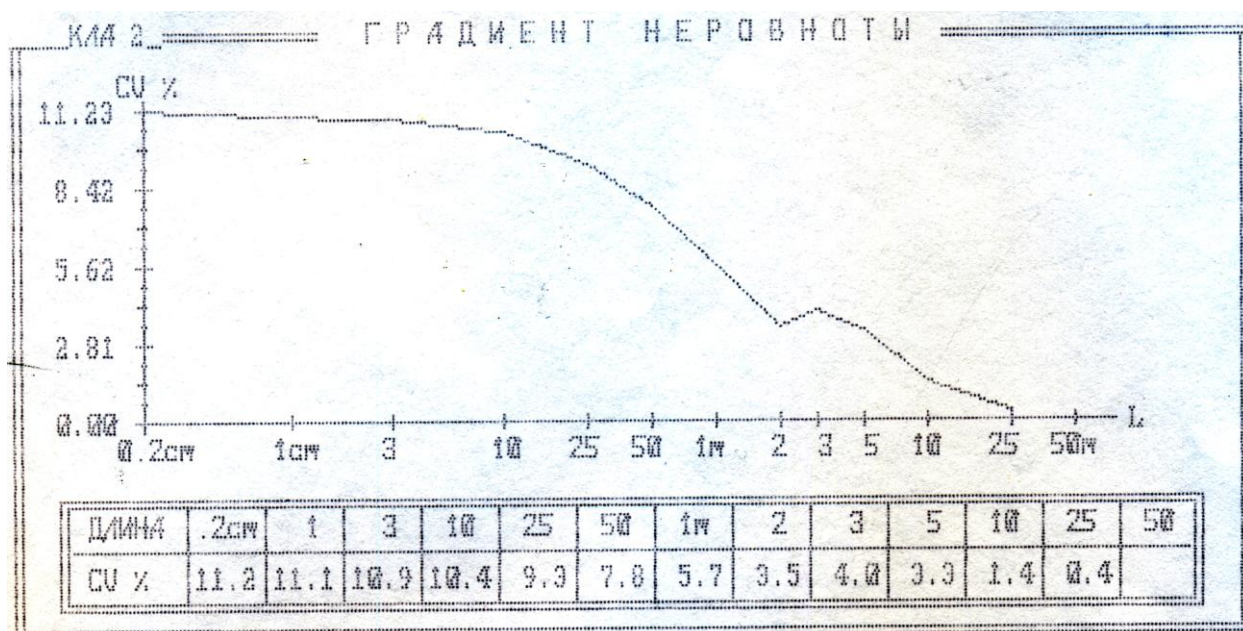


Рисунок 4.5 Градиент неровноты для скрученной полушерстяной камвольной пряжи

Проведем анализ полученных данных прибора КЛА-2 для шести точек градиентов неровноты 0,2 см, 50 см, 1 м, 3 м, 5 м, 25 м для скрученной полушерстяной камвольной пряжи (таблица 4.18).

Таблица 4.18 Квадратическая неровнота по линейной плотности полушерстяной скрученной пряжи

Показатели	Длина отрезка					
	0,2 см	50 см	1 м	3 м	5 м	25 м
Квадратическая неровнота, %	11,2	7,8	5,7	4	3,3	0,4

Анализируя изменение длин отрезков пряжи 31 текс×2 с 0,2 см до 50 см можно сделать вывод, что происходит снижение квадратической неровноты по линейной плотности на 3,4%, что, в свою очередь, показывает относительное уменьшение неровноты пряжи на 30%. На участке от 50 см до 1 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 2,1 %, что соответствует об относительном уменьшении неровноты пряжи на 49%. На участке от 1м до 3 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 1,7 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 64%. На участке от 3 м до 5 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 0,7 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 70%. На участке от 5 м до 25 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 2,9 %, в связи с чем можно сделать вывод, что при увеличении длины отрезка пряжи происходит уменьшение неровноты пряжи на 96,4%. Изменение длины отрезка скрученной полушерстяной пряжи 31 текс×2 с 0,2 см до 25 м снижает квадратическую неровноту пряжи на 10,8 %, что составляет 96,4 относительных процентов.

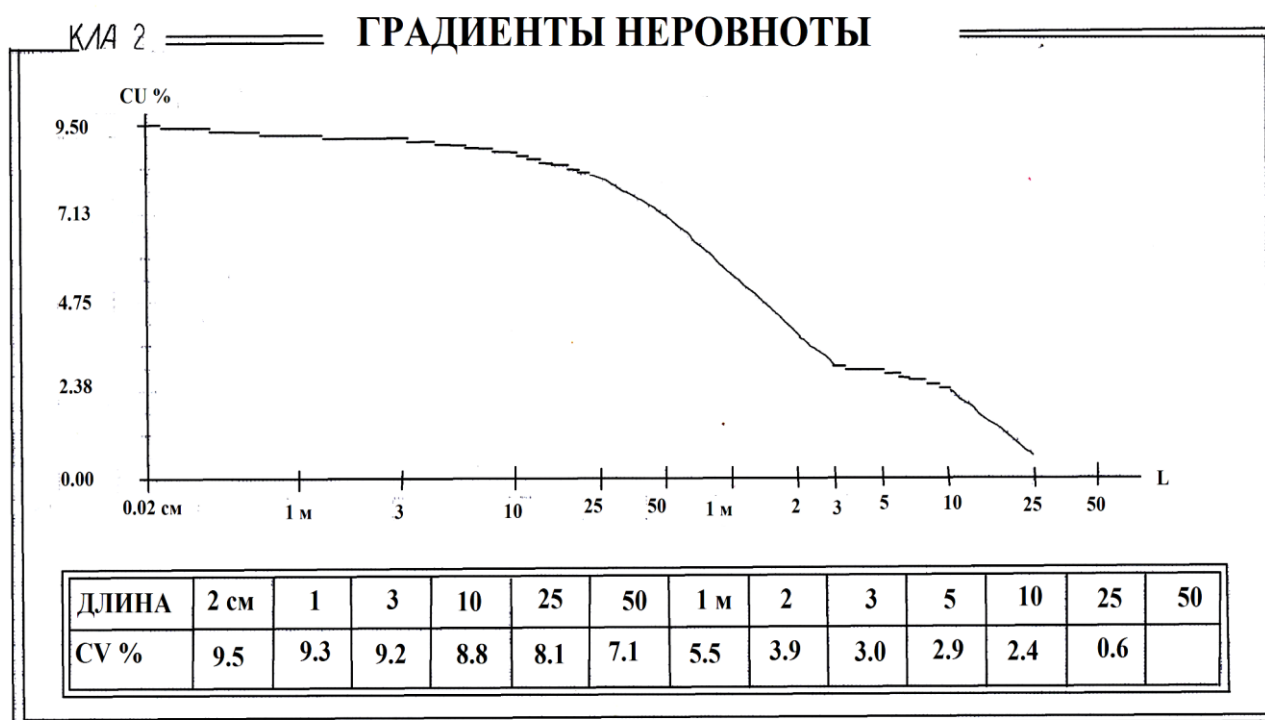


Рисунок 4.6 Градиент неровноты для скрученной чисто химической камвольной пряжи

Проведем анализ полученных данных прибора КЛА-2 для шести точек градиентов неровноты 0,2 см, 50 см, 1 м, 3 м, 5 м, 25 м для скрученной чисто химической камвольной пряжи (таблица 4.19).

Таблица 4.19 Квадратическая неровнота по линейной плотности чисто химической скрученной пряжи

Показатели	Длина отрезка					
	0,2 см	50 см	1 м	3 м	5 м	25 м
Квадратическая неровнота, %	9,5	7,1	5,5	3	2,9	0,6

При уменьшении длин отрезков пряжи с 0,2 см до 50 см происходит снижение квадратической неровноты на 2,4%, что показывает относительное уменьшение неровноты пряжи на 25%. На участке от 50 см до 1 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 1,6 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 42%. На участке от 1м до 3 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 2,5 %, что соответствует относитель-

ному уменьшению неровноты пряжи на 68%. На участке от 3 м до 5 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 0,1 %, что соответствует относительному уменьшению неровноты пряжи на 69%. На участке от 5 м до 25 м происходит уменьшение квадратической неровноты на 2,3 %, в связи с чем можно сделать вывод, что при увеличении длины отрезка пряжи происходит уменьшение неровноты пряжи на 93,7%. Изменение длины отрезка скрученной чисто химической пряжи 31 текс×2 с 0,2 см до 25 м снижает квадратическую неровноту пряжи на 8,9 %, что составляет 93,7 относительных процентов.

Из анализа таблицы 4.20 можно сделать вывод, что при вложении в смеси химических волокон пряжа вырабатывается более равномерная. Так же, проанализировав данные одиночной камвольной пряжи трех составов и скрученной камвольной пряжи трех составов, можно сделать вывод, что скрученная пряжа более равномерна по сравнению с одиночной пряжей того же состава.

Таблица 4.20 Показатели квадратической неровноты для одиночной и скрученной камвольной пряжи трех составов смесей

Составы смесей	Процент уменьшения квадратической неровноты в зависимости от длины отрезка пряжи, %		Процент относительного уменьшения квадратической неровноты от длины отрезка пряжи, %	
	Одиночная пряжа 31текс	Скрученная пряжа 31текс×2	Одиночная пряжа 31текс	Скрученная пряжа 31текс×2
Чистшерстяная пряжа (шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (М21Имз.))	13,2	12,7	86	95
Полушерстяная пряжа (шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (М21Имз.), полиакрилонитрильное волокно)	14,6	10,8	94,2	96,4
Чисто химическая пряжа (полиакрилонитрильное волокно)	15,5	8,9	94	93,7

Для чистошерстяной камвольной пряжи с увеличением длины отрезков пряжи с 0,2 см до 25 м пряжи квадратическая неровнота уменьшается на 13,2 %; для полушерстяной камвольной пряжи снижение квадратической неровноты составляет 14,6 %; для чисто химической камвольной пряжи с увеличением отрезка пряжи квадратическая неровнота уменьшается на 15,5 %. Что касается скрученной камвольной пряжи, то для чистошерстяной смеси квадратическая неровнота снижается на 12,7% при увеличении длины пряжи; для камвольной полушерстяной скрученной пряжи происходит снижение неровноты на 10,8% и для чисто химической пряжи изменение составляет 8,9%.

Из градиентов неровноты, представленных выше, выбираем значения квадратической неровноты пряжи по линейной плотности, полученных на приборе КЛА – 2, соответствующих полуметровым отрезкам. Для камвольной одиночной чистошерстяной пряжи коэффициент вариации по линейной плотности равен 12,3%, для полушерстяной - 11 %, для чисто химической 10,9%. Из градиентов неровноты скрученной камвольной пряжи соответствующих составов значения коэффициента вариации: чистошерстяной скрученной камвольной пряжи – 9,9%, полушерстяной – 7,8 %, чисто химической – 7,1%. В таблице 4.21 приведена квадратическая неровнота по линейной плотности для одиночной и скрученной пряжи всех трех составов для 0,5 м отрезков.

Таблица 4.21 Значение коэффициента вариации по линейной плотности для одиночной и скрученной камвольной пряжи 31 текс

Показатели	Значения коэффициента вариации по линейной плотности (C), %
Одиночная камвольная пряжа 31 текс	
Чистошерстяная пряжа (шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (M21Imз.))	12,3
Полушерстяная пряжа (шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (M21Imз.) – 50%, полиакрилонитрильное волокно – 50%)	11
Чисто химическая пряжа (полиакрилонитрильное волокно)	10,9
Скрученная камвольная пряжа 31×2 текс	

Чистошерстяная пряжа (шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (М21Имз.))	9,9
Полушерстяная пряжа (шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (М21Имз.) – 50%, полиакрилонитрильное волокно – 50%)	7,8
Чисто химическая (полиакрилонитрильное волокно)	7,1

Далее, используя данные значения, оцениваем влияние изменения состава смеси и квадратической неровноты пряжи на число волокон в минимальном сечении одиночной камвольной пряжи используя соотношение: $T_{\min} = \bar{T} - 3\sigma$, где σ - среднее квадратическое отклонение, $\sigma = CT_{\text{пряжи}}$ [57 – 59, 67 – 72]:

Вариант 1

$T_{\min} = 31 - 3 \times 3,813 = 20$ текс – минимальная линейная плотность чистошерстяной пряжи.

Число волокон в сечении для чистошерстяной пряжи:

$$m = T_{\min} / T_{\text{cp}} = 20 / 0,42 = 48.$$

Вариант 2

$T_{\min} = 31 - 3 \times 3,41 = 21$ текс – минимальная линейная плотность полушерстяной пряжи.

Число волокон в сечении для полушерстяной пряжи:

$$m = T_{\min} / T_{\text{cp}} = 21 / 0,41 = 51.$$

Вариант 3

$T_{\min} = 31 - 3 \times 3,379 = 21$ текс – минимальная линейная плотность чисто химической пряжи.

Число волокон в сечении для чисто химической пряжи:

$$m = T_{\min} / T_{\text{cp}} = 21 / 0,41 = 53.$$

Переходим от долей компонента α_i по массе к долям по числу волокон по формуле [57, 58, 59]:

$$\alpha_i = \frac{\beta_i \left(\bar{l}_i \cdot \bar{T}_i \right)^{-1}}{\sum_{i=1}^n \frac{\beta_i}{\bar{l}_i \cdot \bar{T}_i}}, \quad (4.4)$$

где $\bar{l}_i$ — средняя длина волокна i -го компонента; β_i — доля i -го компонента смеси; $\bar{T}_i$ — средняя линейная плотность волокон в смеси i -го компонента.

Определяем жесткость каждого компонента $(E_i F_i) m_i$:

Вариант 1: доля компонентов по числу волокон $a_1 = 1$. Число волокон компонента: $m_1 = 48$ и соответственно жесткость компонента $(E_i F_i) m_i$: равна 2222,913 сН. Вариант 2: доля компонентов по числу волокон $a_1 = 0,478$, $a_2 = 0,522$. Число волокон компонентов: $m_1 = 24$, $m_2 = 27$ и соответственно жесткости компонента $(E_i F_i) m_i$: для первого компонента равна 1111,456 сН, для второго компонента равна 2134,615 сН. Вариант 3: доля компонента по числу волокон $a_1 = 1$. Число волокон компонента: $m_1 = 53$ и соответственно жесткость $(E_i F_i) m_i$: равна 4190,171 сН.

Наибольшие усилия возникают в наиболее жестком компоненте и для этого определяем соотношения жесткостей. Для второго варианта наиболее жесткий компонент — это полиакрилонитрильное волокно. При обозначении соотношения жесткостей $e_i = \frac{E_i F_i}{E_2 F_2}$, получим отношение жесткости каждого компонента к наиболее жесткому: вариант 1 $e_1 = 1$, вариант 2 $e_1 = 0,521$, $e_2 = 1$ (в данном случае полиакрилонитрильное волокно самый жесткий компонент), вариант 3 $e_1 = 1$ [57, 58, 59, 70].

Обозначим суммарное натяжение каждого из компонентов T_i и тогда равновесие системы описываем уравнением:

$$(T_1 + T_2) \cdot \langle \cos \vartheta \rangle = P, \quad (4.5)$$

Для расчета прочности нити необходимы усредненные характеристики.

Учитывая равенства 4.1 и 4.5 прочности пряжи, задаем формулу:

$$P_* = T_{i*} \cdot \left(1 + \sum_{i=1}^n e_i \right) \cdot \langle \cos \vartheta \rangle, \quad (4.6)$$

где звездочкой обозначены предельные величины, соответствующие разрушению.

Необходимо найти $\cos \vartheta$ для дальнейшего расчета прочности:

$$\langle \cos \vartheta \rangle = \frac{1}{\pi R^2} \cdot \int_0^R 2\pi r \cos \vartheta dr, \quad (4.7)$$

$$\langle \cos \vartheta \rangle = \frac{2 \cos \beta (1 - \cos \beta)}{\sin^2 \beta}, \quad (4.8)$$

Угол кручения β исследуемой пряжи линейной плотности 31 текс с круткой 560 кр/м равен 0,66 рад (при плотности пряжи 0,281 г/см³). Тогда усредненный $\cos \vartheta$ принимает значение $\langle \cos \vartheta \rangle = 0,883$.

Для проектирования прочности одиночной камвольной пряжи проводим расчет прочности наиболее жесткого компонента, который разрушается первым. Механизм разрушения нити, представляющий собой последовательный разрыв волокон, сначала наиболее слабых, а затем, после обрыва одного волокна, перераспределение нагрузки на остальные $(m-1)$ волокон и т.д., учитывается коэффициентом реализации средней прочности волокон в пряже [57, 58, 59, 70]:

$$k = \frac{(ae)^{\frac{1}{a}}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{a}\right)}, \quad (4.9)$$

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

Параметры a и p_w распределения Вейбулла необходимы для решения системы уравнений, выражающих среднюю прочность волокон $\bar{P}_\epsilon(l)$ и дисперсию их прочности [57, 58, 59, 70]:

$$\bar{P}_\epsilon(l) = P_w \left(\frac{l_0}{l} \right)^{\frac{1}{a}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{a}\right), \quad (4.10)$$

$$D = P_w^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{a}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{a}\right) \right] \quad (4.11)$$

Зависимость средней прочности $\bar{P}_s(\bar{\sigma})$ от длины образца l , выраженная формулой $\bar{P}_s(l) = P_w \left(\frac{l_0}{l} \right)^{\frac{1}{a}} \Gamma \left(1 + \frac{1}{a} \right)$, описывает масштабный эффект (рисунок 4.7). В логарифмических координатах зависимость между средней прочностью $\bar{\sigma}$ и длиной l изображается прямой линией, наклон которой увеличивается с увеличением коэффициента вариации. Материал 2 обнаруживает большую среднюю прочность, чем материал 1 при длине образца l_0 . Но $\alpha_2 < \alpha_1$, поэтому у материала 2 масштабный эффект выражен сильно и для более коротких образцов картина оказывается обратной: средняя прочность материала 2 выше [75].

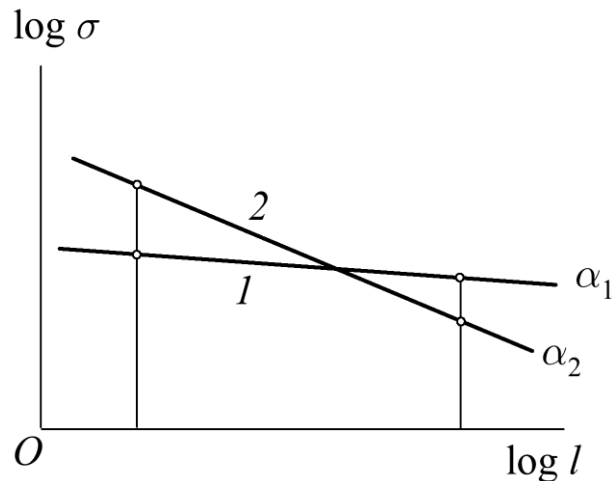


Рисунок 4.7. Масштабный эффект прочности волокон с различным параметром α

Для применения в расчетах масштабного эффекта необходимо знать длину волокон в пряже, которая практически не изменяется в камвольной системе прядения после процесса гребнечесания [75].

4.2.2 Экспериментальное определение длины волокон в ленте после гребнечесания

Для оценки длины волокон в смесях (чистошерстяной, вырабатываемой из мериносовой шерсти 64^к, I дл., сорн. (М21I мз) и полушерстяной – с добавлением 50% полиакрилонитрильных волокон) на приборе «Алметр AL – 100» было проведено исследование длины волокон после гребнечесания (гребенного топса). На

рисунках 4.8, 4.9, 4.10 и таблицах 4.22 – 4.28 представлены кривые распределения по длине диаграмм «Hauteur» и проценты волокон распределения по длине в диапазоне 10 – 50 мм для чистошерстяной ленты до гребнечесания, гребенной чистошерстяной ленты и смешанной гребенной ленты с добавлением полиакрилонитрильных волокон.

В работах проф. Скулановой Н.С., Колесникова Ю.П., Поповой Е.Р. [71, 72, 74, 77] проведена оптимизация параметров кардочесания и гребнечесания, которая позволила получить оптимальные значения длины волокон в технологическом процессе.

На рисунке 4.8 представлена диаграмма с прибора «Алметр AL – 100» для чистошерстяной ленты, выработанной из мериносовой шерсти 64^к, I дл., сорн. (M21I мз), после III перехода ленточной машины марки SC-400-11V [76].

В таблице 4.22 представлены значения длины волокон, полученные на приборе «Алметр AL – 100», при исследовании чистошерстяной ленты после III перехода ленточных машин.

Таблица 4.22 Значения показателей на приборе «Алметр AL – 100» при исследовании длины волокон чистошерстяной ленты после III перехода ленточных машин

Показатель	H, мм	CvH, %	B, мм	CvB, %
Лента после III перехода.	55,4	46,8	67,6	41,7

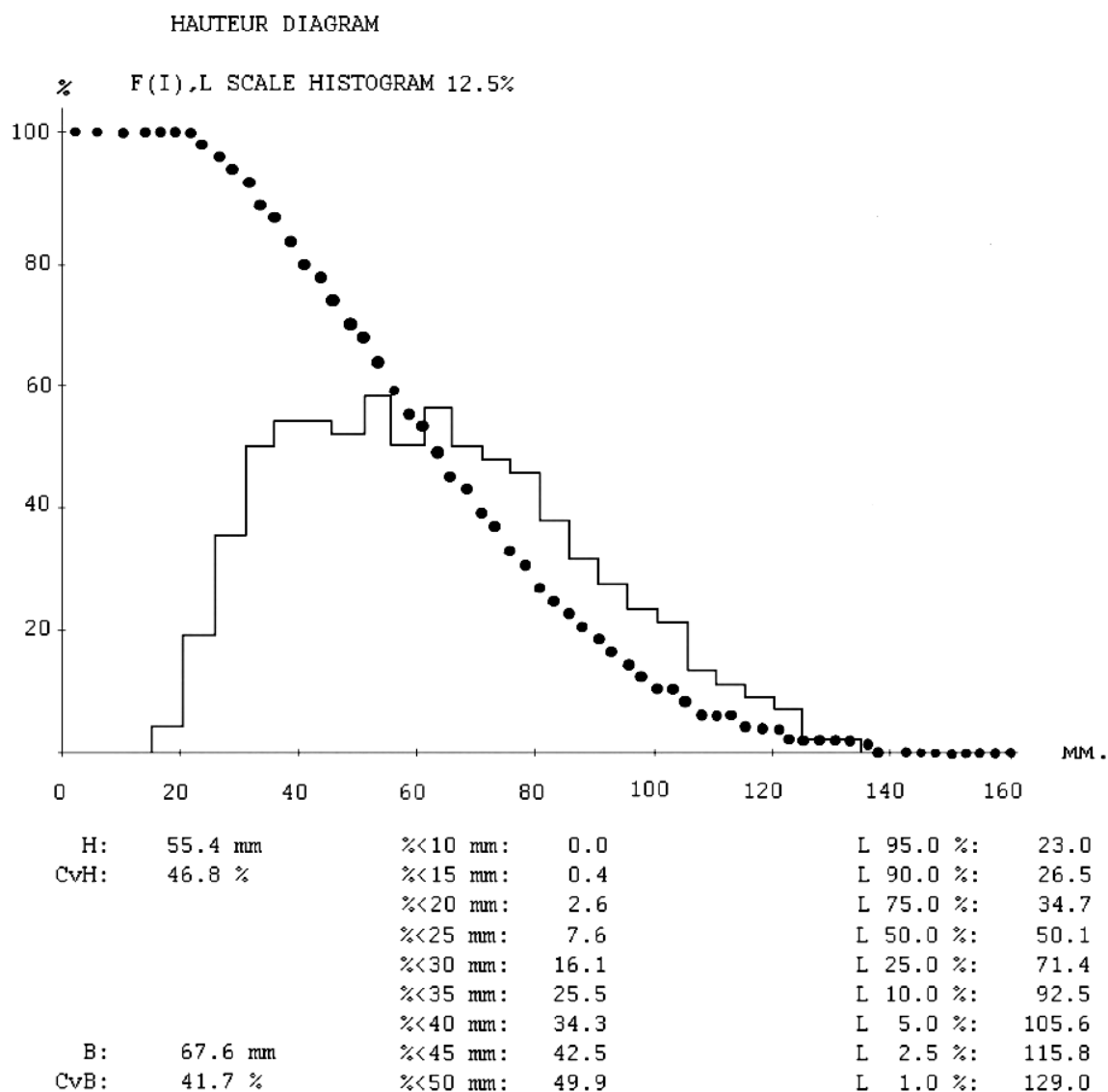


Рисунок 4.8 Диаграмма прибора «Алметр AL – 100» при исследовании чистошерстяной ленты после III перехода ленточной машины SC-400-11V

В результате сравнения длины волокон чистошерстяной ленты после III перехода ленточной машины получено, что процент волокон менее 30 мм составляет 16,1%. В таблице 4.23 представлены значения процента волокон длиной менее 10 – 50 мм по диаграмме «Hauteur» при исследовании ленты после III перехода ленточной машины SC-400-11V.

Таблица 4.23 Процент волокон длиной менее 10-50 мм по диаграмме «Hautteur» при исследовании ленты после III перехода ленточной машины SC-400-11V

Доля волокон								
%< 10	%< 15	%< 20	%< 25	%< 30	%< 35	%< 40	%< 45	%< 50
0	0,4	2,6	7,6	16,1	25,5	34,3	42,5	49,9

На рисунке 4.9 представлена кривая распределения волокон по длине, полученная на приборе «Алметр AL – 100» при исследовании чистшерстяной ленты после гребнечесальной машины модели 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU» второго гребнечесания.

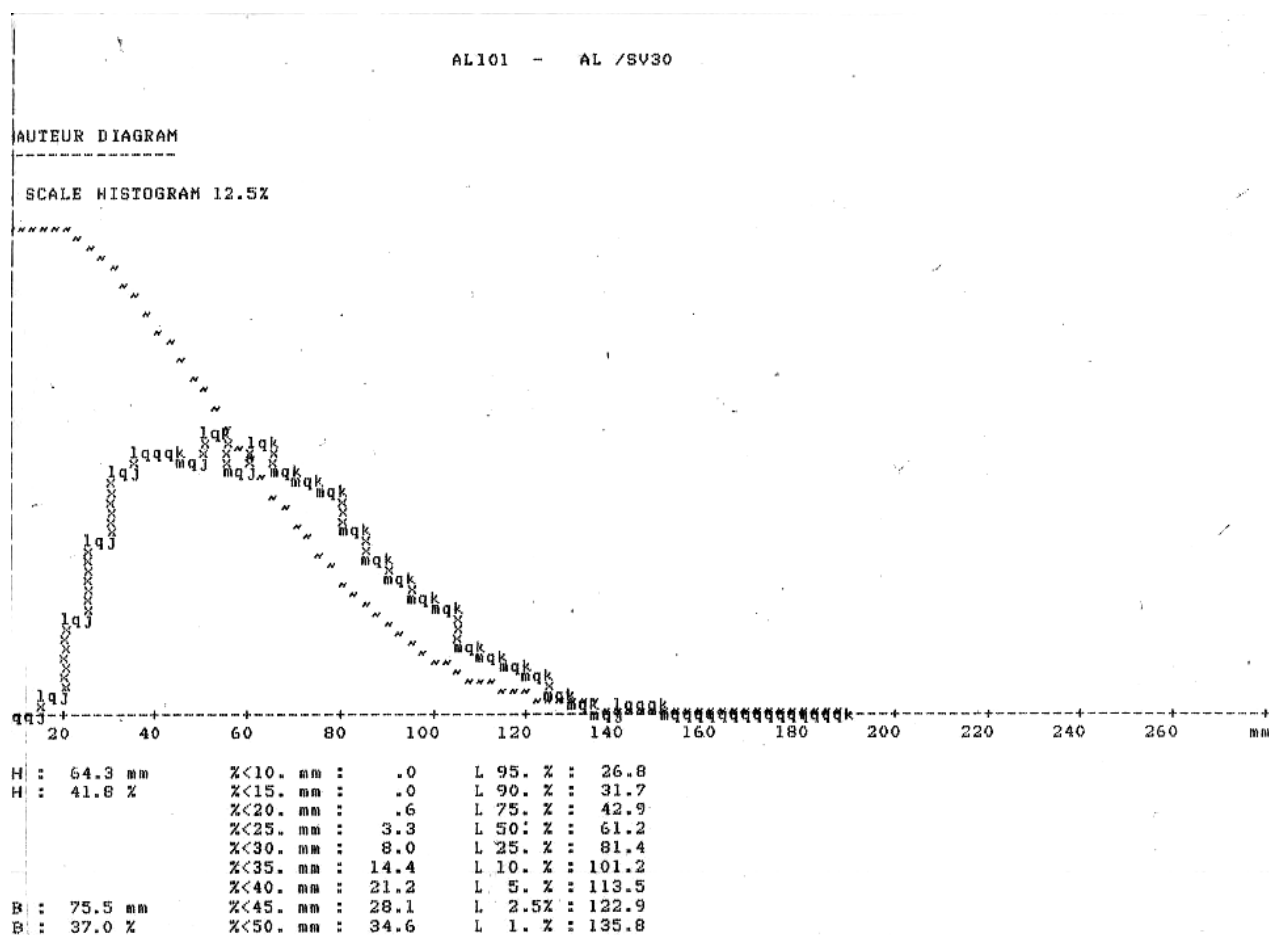


Рисунок 4.9 Диаграмма прибора «Алметр AL – 100» при исследовании чистшерстяной ленты после гребнечесальной машины модели 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU» второго гребнечесания.

В таблице 4.24 представлены значения длины волокон, полученные на приборе «Алметр AL – 100» при исследовании чистошерстяной ленты после гребнечесальной машины модели 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU» второго гребнечесания.

Таблица 4.24 Значения показателей на приборе «Алметр AL – 100» при исследовании длины волокон чистошерстяной ленты после гребнечесальной машины модели 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU» второго гребнечесания

Показатель	H, мм	CvH, %	B, мм	CvB, %
Чистошерстяная лента после гребнечесальной машины.	64,3	41,8	75,5	37,0

В результате исследования штапеля чистошерстяной ленты после гребнечесальной машины модели 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU» второго гребнечесания, процент волокон менее 30 мм составляет 8 %. В таблице 4.25 представлены значения процента волокон длиной менее 10-50 мм по диаграмме «Hauteur» при исследовании чистошерстяной ленты после гребнечесальной машины модели 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU» второго гребнечесания.

Таблица 4.25 Процент волокон длиной менее 10-50 мм по диаграмме «Hauteur» при исследовании ленты после гребнечесальной машины модели 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU» второго гребнечесания

Доля волокон								
%< 10	%< 15	%< 20	%< 25	%< 30	%< 35	%< 40	%< 45	%< 50
0	0	0,6	3,3	8,0	14,4	21,2	28,1	34,6

На рисунке 4.10 представлена кривая распределения волокон по длине, полученная на приборе «Алметр AL – 100» при исследовании смешанной гребенной ленты после гребнечесальной машины модели 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU» второго гребнечесания.

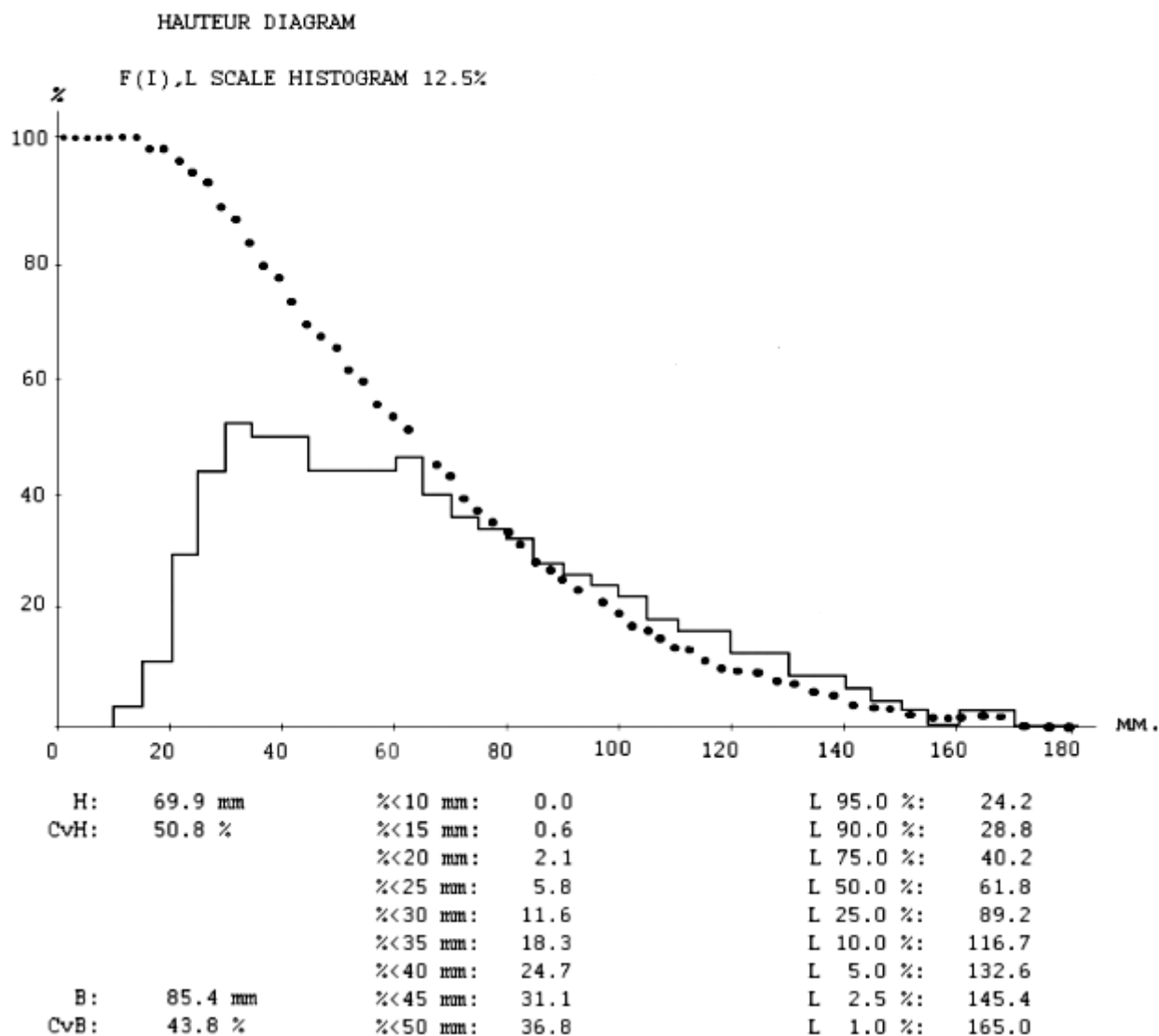


Рисунок 4.10 Диаграмма прибора «Алметр AL – 100» при исследовании смешанной ленты после гребнечесальной машины модели 1605

«SPINNEREIMASCHINENBAU» второго гребнечесания

В таблице 4.26 представлены значения длины волокон, полученные на приборе «Алметр AL – 100» при исследовании смешанной гребенной ленты с вложением 50 % полиакрилонитрильных волокон после гребнечесальной машины модели 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU» второго гребнечесания.

Таблица 4.26 Значения показателей на приборе «Алметр AL – 100» при исследовании длины волокон полушерстяной ленты после гребнечесальной машины модели 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU» второго гребнечесания.

Показатель	Н, мм	CvH, %	В, мм	CvB, %
Полушерстяная лента после гребнечесальной машины.	69,9	50,8	85,4	43,8

Таблица 4.27 Процент волокон длиной менее 10-50 мм по диаграмме «Hauteur» при исследовании смешанной ленты после гребнечесальной машины модели 1605 «SPINNEREIMASCHINENBAU».

Доля волокон								
%< 10	%< 15	%< 20	%< 25	%< 30	%< 35	%< 40	%< 45	%< 50
0	0,6	2,1	5,8	11,6	18,3	24,7	31,1	36,8

Таблица 4.28 Изменение длины волокон после второго гребнечесания

Показатель	Длина волокна по диаграмме «Hauteur», мм	Коэффициент вариации по длине CvH, %	Длина волокна по диаграмме «Barbe», мм	Коэффициент вариации по длине CvB, %
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

Таблица 4.29 Процент волокон длиной менее 10-50 мм по диаграмме «Hauteur»

Показатель	Доля волокон								
	% < 10	% < 15	% < 20	% < 25	% < 30	% < 35	% < 40	% < 45	% < 50
Чистошерстяная лента после III перехода	0	0,4	2,6	7,6	16,1	25,5	34,3	42,5	49,9
Чистошерстяная гребенная лента	0	0	0,6	3,3	8,0	14,4	21,2	28,1	34,6
Полушерстяная гребенная лента	0	0,6	2,1	5,8	11,6	18,3	24,7	31,1	36,8

В результате приведенного анализа штапельных диаграмм с прибора «Алметр AL – 100» по показателям «Hauteur», было выявлено увеличение длины волокон в процессе приготовления гребенной ленты с добавлением химического волокна. Длина волокна в ленте до гребнечесания составляла 55,4 мм с коэффициентом вариации по длине – 46,8%. В результате процесса двойного гребнечесания длина волокон для чистошерстяной ленты увеличилась до 64,3 мм с коэффициентом вариации волокон по длине 41,8%. Увеличение средней длины волокон в ленте в процессе двойного гребнечесания составило 13,8%, коэффициент вариации волокон по длине снизился на 10,7%. И значительно снизился процент коротких волокон длиной до 30 мм – с 16,1% до 8%. Уменьшение процента коротких волокон и увеличение общей длины волокна в ленте позволяет получить улучшенную структуру вырабатываемой пряжи и более прочную, так как в теоретических расчетах учитывается масштабный эффект.

Средняя длина волокон по показателям диаграмм «Hauteur» в ленте с вложением 50% полиакрилонитрильных волокон возросла в 1,1 раза, по сравнению с показателем чистошерстяной гребенной ленты - 64,3 мм, и составила 69,9 мм с коэффициентом вариации по длине 50,8%, что в свою очередь на 19% выше предыдущего показателя. Доля коротких волокон длиной менее 30 мм снизилась в 1,2 раза и составила для полушерстяной гребенной ленты 11,6%. Доля коротких во-

локон длиной менее 50 мм незначительно возросла, составив разницу 2,2% к предыдущему значению.

Из характеристики средней длины волокон, по «Barbe», также следует разница в 1,1 раза между показателями чистошерстяной и полушерстяной гребенной ленты - для чистошерстяной средняя длина волокон, по «Barbe», составила 75,5 мм с коэффициентом вариации - 37%, для ленты с вложением химических волокон - 85,4 с коэффициентом вариации - 43,8%. Эти данные длины волокон после гребнечесания были использованы при теоретических расчетах прочности волокон смесей от длины.

Для 1 варианта пряжи 31 текс для шерстяного компонента чистошерстяной смеси прочность волокон в зависимости от длины $\bar{P}_s(l)=6,768$ сН, дисперсия прочности волокон $D=36,79\text{сН}^2$, параметры распределения Вейбулла прочности волокон $p_w=11,357$ и $\alpha=4,325$. Для 2 варианта пряжи 31 текс для полиакрилонитрильного волокна наиболее жесткого компонента полушерстяной смеси – прочность волокон в зависимости от длины $\bar{P}_s(l)=11,71\text{сН}$, дисперсия прочности волокон $D=36,79\text{сН}^2$, параметры распределения Вейбулла прочности волокон $p_w=19,45$ и $\alpha=4,325$; для варианта 3 пряжи 31 текс полиакрилонитрильного волокна чисто химической камвольной пряжи прочность волокон в зависимости от длины $\bar{P}_s(l)=11,71\text{сН}$, дисперсия прочности волокон $D=36,79\text{сН}^2$, параметры распределения Вейбулла прочности волокон $p_w=19,45$ и $\alpha=4,325$ [57, 58, 59, 70].

Коэффициент реализации средней прочности волокон для первого варианта $k=0,571$, для второго и третьего вариантов принимает значение $k=0,621$.

Длина участка скольжения определяется соотношением:

$$l_c = \sqrt{\frac{\frac{d_s Q}{2}}{2\mu(1 - \cos^2 \beta)}}, \quad (4.12)$$

где d_s - диаметр волокна; Q — длина волны миграции, которую можно принять равной четырем оборотам; крутки; μ - коэффициент трения между волокнами. При $\mu = 0,2$, получаем длину скольжения $l_c = 2,585$ мм.

Проскальзывание волокон уменьшает прочность пряжи и характеризуется коэффициентом скольжения [57]:

$$\kappa_c = 1 - \frac{2}{3l_b} \sqrt{\frac{\frac{d_b Q}{2}}{2\mu(1 - \cos^2 \beta)}}, \quad (4.13)$$

Для варианта 1 $\kappa_c = 0,975$, вариант 2 $\kappa_c = 0,973$ и вариант 3 $\kappa_c = 0,973$.

С учетом всех выше изложенных равенств вычисляем прочность многокомпонентной пряжи по формуле [57]:

$$P_* = \bar{P}_b(l) \cdot m_i \cdot (1 + \sum e_i) \cdot k \cdot \kappa_c \cdot \langle \cos \vartheta \rangle \quad (4.13)$$

Прочность одиночной камвольной пряжи равна: вариант 1: $P=173,9$ сН; вариант 2: $P= 261,2$ сН; вариант 3: $P= 468,9$ сН [58, 59].

Все полученные данные при расчете прочности одиночной камвольной пряжи представлены в таблице 4.30

Таблица 4.30 Расчет прочности одиночной камвольной пряжи 31 текс трех составов смеси

Вариант смеси	Состав смеси	Деформация осевой линии единичного волокна	Жесткость единичного волокна, сН	Средняя линейная плотность волокон в смеси, текс	Минимальная линейная плотность пряжи, текс	Число волокон в тонком сечении пряжи	Доля компонентов по числу волокон	Число волокон в пряже	Жесткость каждого компонента	Соотношение жесткостей	Параметры распределения Вейбулла	Коэффициент реализации средней прочности волокон	Диаметр волокна, мм	Длина волны миграции волокон	Длина скольжения волокна	Длина волокна, воспринимающая и передающая нагрузку	Прочность одиночного волокна наиболее жесткого компонента, сН	Коэффициент скольжения волокон	Теоретическая прочность одиночной пряжи, сН
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (M21I мз)	0,206	46,31	0,42	20	48	1	48	2222,913		$P_w = 11,357$ $a = 4,325$	0,571	0,281	7,143	2,585	62,53	6,768	0,975	173,9
2	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (M21I мз)	0,234	46,31	0,41	21	51	0,478 0,522	24 27	1111,456	,521	$P_w = 19.45$ $a = 4.325$	0,621	0,281	7,143	2,585	59,8	11,71	0,973	261,2
	Полиакрилонитрильное волокно		79,06						2134,615										
3	Полиакрилонитрильные волокна	0,234	79,06	0,4	21	53	1	53	4190,171		$P_w = 19.45$ $a = 4.325$	0,621	0,281	7,143	2,585	59,8	11,71	0,973	468,9

При вложении в смеси шерсти 64^к, I дл., сорн. (M21I мз) и 50% полиакрилонитрильных волокон прочность пряжи увеличивается на 31,45%, а прочность полиакрилонитрильной пряжи на 90,9%. Испытания пряжи показали, что реальная прочность исследуемой пряжи меньше, предсказанной теоретически на 5-7%.

4.3. Теоретический расчет прочности скрученной камвольной пряжи.

Расчет прочности скрученной в два сложения пряжи 31 текс трех составов проводился для чистшерстяной, полушерстяной и чисто химической пряжи. Необходимые параметры для расчета прочности скрученной камвольной пряжи представлены в таблице 4.31 [54, 55, 56]

Таблица 4.31 Характеристики одиночной пряжи

	Чистшерстяная	Полушерстяная	ПАН
Прочность T , сН	169,3	247,9	445,8
Жесткость при кручении B , сН·мм ²	0,042	0,047	0,112

Расчет прочности чистшерстяной пряжи 31 текс×2 проводим при следующих параметрах:

- линейная плотность одиночной пряжи $T_{pr} = 31$ текс;
- крутка одиночной пряжи $K_0 = 560$ кр/м;
- вторичная крутка крученой нити $K_k = 200$ кр/м;
- прочность компонента, равную натяжению в момент разрыва $T = 169,3$ сН;
- жесткость компонента при кручении $B = 0,042$ сН×мм²;
- плотность пряжи $\rho = 0,8$ г/см³.

Для теоретического расчета прочности скрученной камвольной пряжи 31текс×2 определяем диаметр пряжи по следующей формуле:

$$D_{pr} = 0,0357 \sqrt{\frac{T_{pr}}{\rho}} = 0,0357 \sqrt{\frac{31}{0,8}} = 0,222 \text{ (мм)}. \quad (4.14)$$

И радиус пряжи:

$$R = \frac{D_{pr}}{2} = \frac{0,222}{2} = 0,111 \text{ (мм)}. \quad (4.15)$$

Данные вычисления необходимы для определения угла кручения скрученной пряжи (α) и угла кручения одиночной пряжи (β), которые находятся по формулам:

$$\alpha = a \tan(2\pi RK_k) = a \tan(2 \cdot \pi \cdot 0,111 \cdot 0,2) = 0,139 \quad (4.16)$$

$$\beta = a \tan(2\pi RK_0) = a \tan(2 \cdot \pi \cdot 0,222 \cdot 0,56) = 0,373. \quad (4.17)$$

Прочность скрученной пряжи определяется из соотношения:

$$P_k = 2\left(\frac{T}{\cos(\alpha)} - \frac{q_0 R}{\cos(\alpha)}\right) \quad (4.18)$$

Для определения прочности необходимо знать контактную нагрузку q_0 , которую определяем по формуле:

$$q_0 = \frac{P_k}{4R} \frac{(\sin(\alpha))^2}{\cos(\alpha)} + B \frac{(\sin(\alpha))^2}{2R^3}. \quad (4.19)$$

$$q_0 = \frac{(TR^2 + B(\cos(\alpha))^2)(\sin(\alpha))^2}{R^3(2(\cos(\alpha))^2 + (\sin(\alpha))^2)} = \frac{(31 \cdot 169,3^2 + 0,042 \cdot (\cos(0,139))^2) \cdot (\sin(0,139))^2}{0,111^3 \cdot (2 \cdot (\cos(0,139))^2 + (\sin(0,139))^2)} = 15,057$$

Рассчитав контактную нагрузку, получаем прочность камвольной чистошерстяной скрученной пряжи 31 текс×2 по формуле 4.18:

$$P_k = 2\left(\frac{31}{\cos(0,139)} - \frac{15,057 \cdot 0,111}{\cos(0,139)}\right) = 338,519 \text{ (сН)}$$

Так же были построены зависимости (рисунок 4.11 и 4.12) прочности скрученной чистошерстяной камвольной пряжи 31 текс×2 от угла кручения скрученной пряжи (α) и зависимость изменения контактной нагрузки скрученной чистошерстяной камвольной пряжи от угла кручения скрученной пряжи (α).

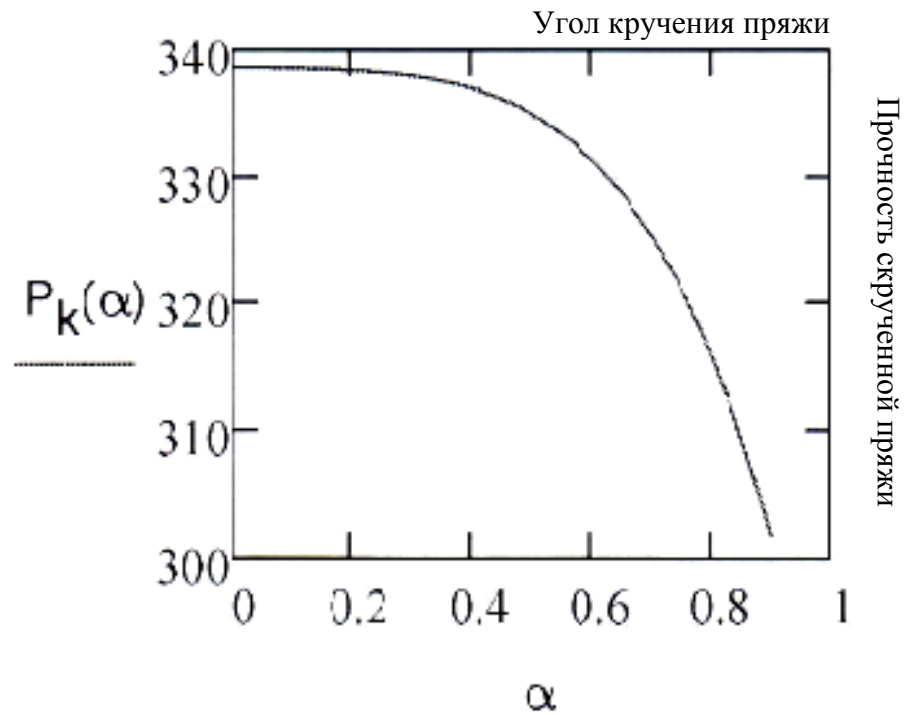


Рисунок 4.11 Зависимость прочности скрученной чистошерстяной камвольной пряжи 31 текс×2 от угла кручения скрученной пряжи (α)

Данная зависимость показывает, что при увеличении угла кручения скрученной камвольной пряжи после 0,2 прочность пряжи снижается, что приводит к уменьшению прочностных свойств пряжи.

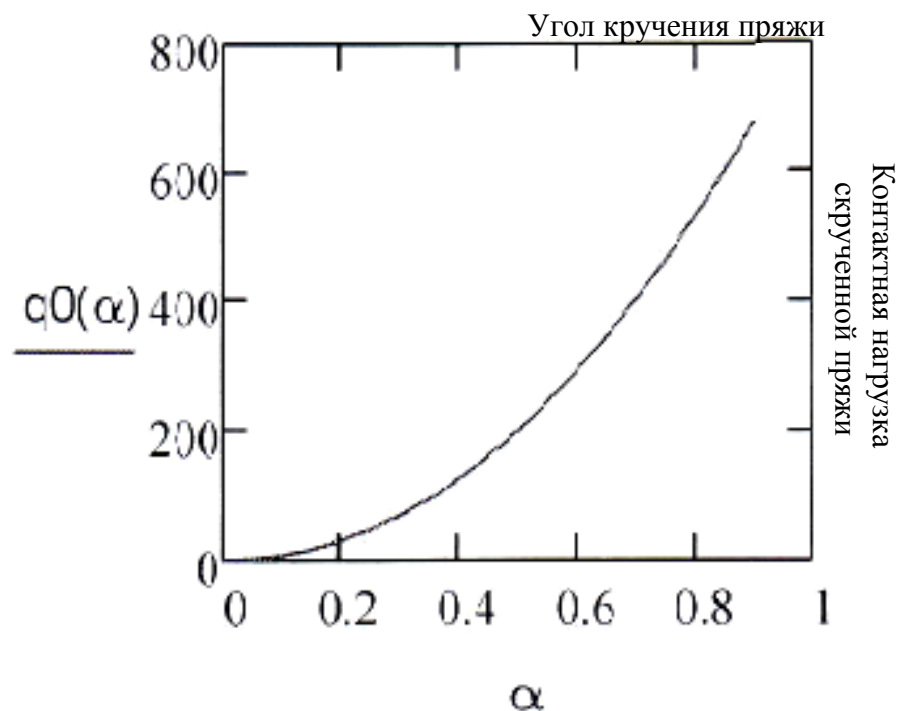


Рисунок 4.12 Зависимость изменения контактной нагрузки скрученной чистошерстяной камвольной пряжи от угла кручения скрученной пряжи (α)

Рассматривая зависимость изменения контактной нагрузки скрученной чистошерстяной камвольной пряжи от угла кручения скрученной пряжи (α), можно сделать вывод, что при увеличении угла кручения скрученной чистошерстяной камвольной пряжи увеличивается и контактная нагрузка между волокнами в данной пряже.

Далее проведен расчет прочности скрученной полушерстяной камвольной пряжи 31 текс×2, которая имеет следующие характеристики:

- линейная плотность одиночной пряжи $T_{pr} = 31$ текс;
- крутка одиночной пряжи $K_0 = 560$ кр/м;
- вторичная крутка крученой нити $K_k = 200$ кр/м;
- прочность компонента, равную натяжению в момент разрыва $T = 247,9$ сН;
- жесткость компонента при кручении $B = 0,047$ сН×мм²;
- плотность пряжи $\rho = 0,85$ г/см³.

Для определения прочности скрученной полушерстяной камвольной пряжи 31 текс×2 необходимо определить диаметр пряжи по формуле 4.14:

$$D_{pr} = 0,0357 \sqrt{\frac{T_{pr}}{\rho}} = 0,0357 \sqrt{\frac{31}{0,85}} = 0,216 \text{ (мм)}.$$

Определяем радиус пряжи по формуле 4.15:

$$R = \frac{D_{pr}}{2} = \frac{0,216}{2} = 0,108 \text{ (мм)}.$$

Данные вычисления необходимы для определения угла кручения скрученной пряжи (α), который находится по формуле 4.20:

$$\alpha = a \tan(2\pi RK_k) = a \tan(2 \cdot \pi \cdot 0,108 \cdot 0,2) = 0,139 \quad (4.20)$$

Прочность скрученной пряжи определяется по формуле 4.18:

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

Определяем контактную нагрузку q_0 , которую определяем по формуле 4.19:

$$q_0 = \frac{P_k}{4R} \frac{(\sin(\alpha))^2}{\cos(\alpha)} + B \frac{(\sin(\alpha))^2}{2R^3}.$$

$$q_0 = \frac{(TR^2 + B(\cos(\alpha))^2)(\sin(\alpha))^2}{R^3(2(\cos(\alpha))^2 + (\sin(\alpha))^2)} = \frac{(247,9 \cdot 0,108^2 + 0,042 \cdot (\cos(0,139))^2) \cdot (\sin(0,139))^2}{0,108^3 \cdot (2 \cdot (\cos(0,139))^2 + (\sin(0,139))^2)} = 22,644$$

Получив значения контактной нагрузки, рассчитываем прочность камвольной полушерстяной скрученной пряжи 31 текс×2 по формуле 4.18:

$$P_k = 2 \left(\frac{247,9}{\cos(0,139)} - \frac{22,644 \cdot 0,108}{\cos(0,139)} \right) = 495,699 \text{ (сН)}$$

По рассчитанным данным, построены зависимости (рисунок 4.13 и 4.14) прочности скрученной полушерстяной камвольной пряжи 31 текс×2 от угла кручения скрученной пряжи (α) и зависимость изменения контактной нагрузки скрученной полушерстяной камвольной пряжи от угла кручения скрученной пряжи (α).

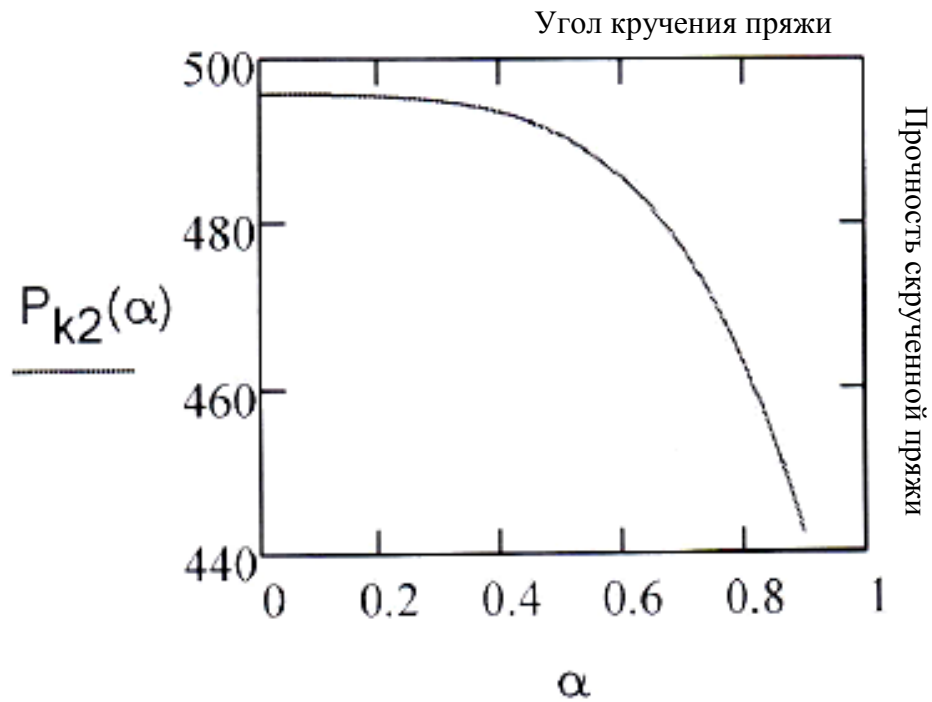


Рисунок 4.13 Зависимость прочности скрученной полушерстяной камвольной пряжи 31 текс×2 от угла кручения скрученной пряжи (α)

Анализ данной зависимости показал, что при увеличении угла кручения скрученной камвольной полушерстяной пряжи более 0,2 прочность скрученной камвольной полушерстяной пряжи снижается, вследствие чего прочностные свойства пряжи уменьшаются.

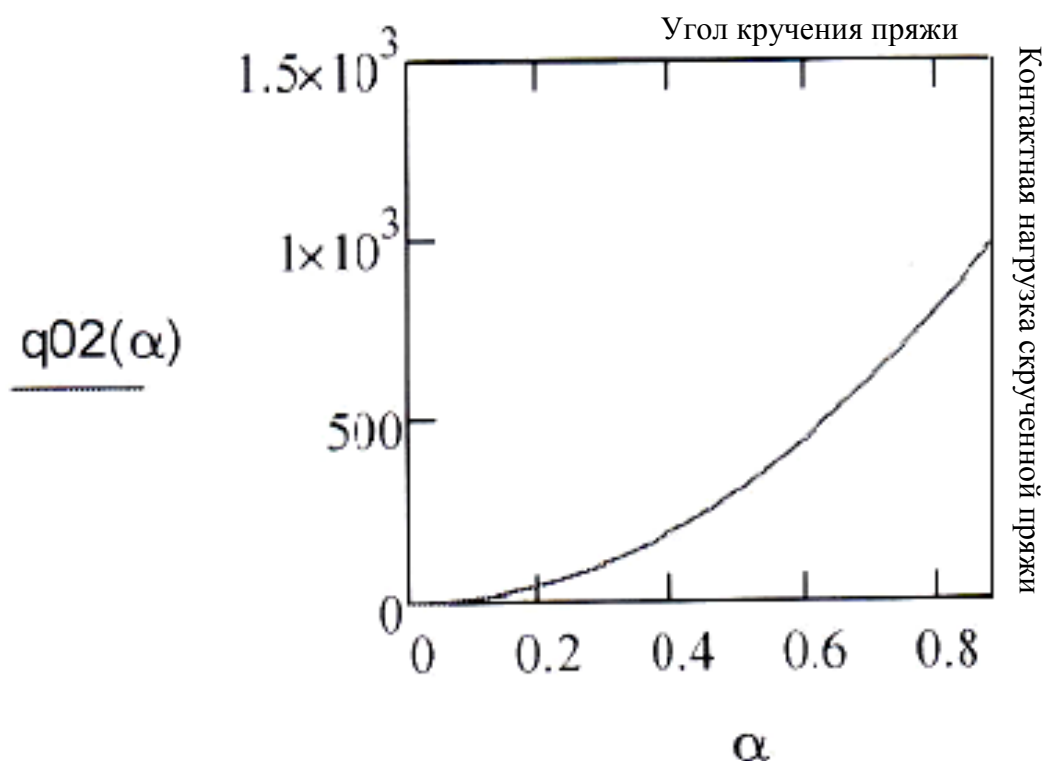


Рисунок 4.14 Зависимость изменения контактной нагрузки скрученной полшерстяной камвольной пряжи от угла кручения скрученной пряжи (α)

Рассматривая зависимость изменения контактной нагрузки скрученной полшерстяной камвольной пряжи от угла кручения скрученной пряжи (α), можно сделать вывод, что при увеличении угла кручения скрученной полшерстяной камвольной пряжи увеличивается и контактная нагрузка между волокнами в данной пряже.

Для расчета прочности скрученной чисто химической камвольной пряжи 31текс×2 принимаем следующие параметры:

- линейная плотность одиночной пряжи $T_{pr} = 31$ текс;
- крутка одиночной пряжи $K_0 = 560$ кр/м;
- вторичная крутка крученой нити $K_k = 200$ кр/м;
- прочность компонента, равную натяжению в момент разрыва $T = 445,8$ сН;
- жесткость компонента при кручении $B = 0,112$ сН×мм²;
- плотность пряжи $\rho = 0,85$ г/см³.

Для определения прочности скрученной чисто химической камвольной пряжи необходимо определить диаметр пряжи по формуле 4.14:

$$D_{pr} = 0,0357 \sqrt{\frac{T_{pr}}{\rho}} = 0,0357 \sqrt{\frac{31}{0,85}} = 0,216 \text{ (мм)}.$$

Далее необходимо определить радиус пряжи по формуле 4.15:

$$R = \frac{D_{pr}}{2} = \frac{0,216}{2} = 0,108 \text{ (мм)}.$$

Данные вычисления необходимы для определения угла кручения чисто химической камвольной пряжи α , который находится по формуле 4.16:

$$\alpha = a \tan(2\pi RK_k) = a \tan(2 \cdot \pi \cdot 0,108 \cdot 0,2) = 0,139$$

Прочность скрученной чисто химической камвольной пряжи определяется по формуле 4.18:

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

Для определения прочности необходимо знать контактную нагрузку q_0 , которую определяем по формуле 4.19:

$$q_0 = \frac{P_k}{4R} \frac{(\sin(\alpha))^2}{\cos(\alpha)} + B \frac{(\sin(\alpha))^2}{2R^3}.$$

$$q_0 = \frac{(TR^2 + B(\cos(\alpha))^2)(\sin(\alpha))^2}{R^3(2(\cos(\alpha))^2 + (\sin(\alpha))^2)} = \frac{(445,8 \cdot 0,108^2 + 0,042 \cdot (\cos(0,139))^2) \cdot (\sin(0,139))^2}{0,108^3 \cdot (2 \cdot (\cos(0,139))^2 + (\sin(0,139))^2)} = 40,929$$

Получив значения контактной нагрузки, определяем теоретическую прочность камвольной чисто химической скрученной пряжи 31 текс×2 по формуле 4.18:

$$P_k = 2 \left(\frac{445,8}{\cos(0,139)} - \frac{40,929 \cdot 0,108}{\cos(0,139)} \right) = 891,373 \text{ (сН)}$$

Были построены зависимости (рисунок 4.15 и 4.16) прочности скрученной камвольной чисто химической пряжи от угла кручения скрученной пряжи α и зависимость изменения контактной нагрузки скрученной камвольной чисто химической пряжи от угла кручения скрученной пряжи α .

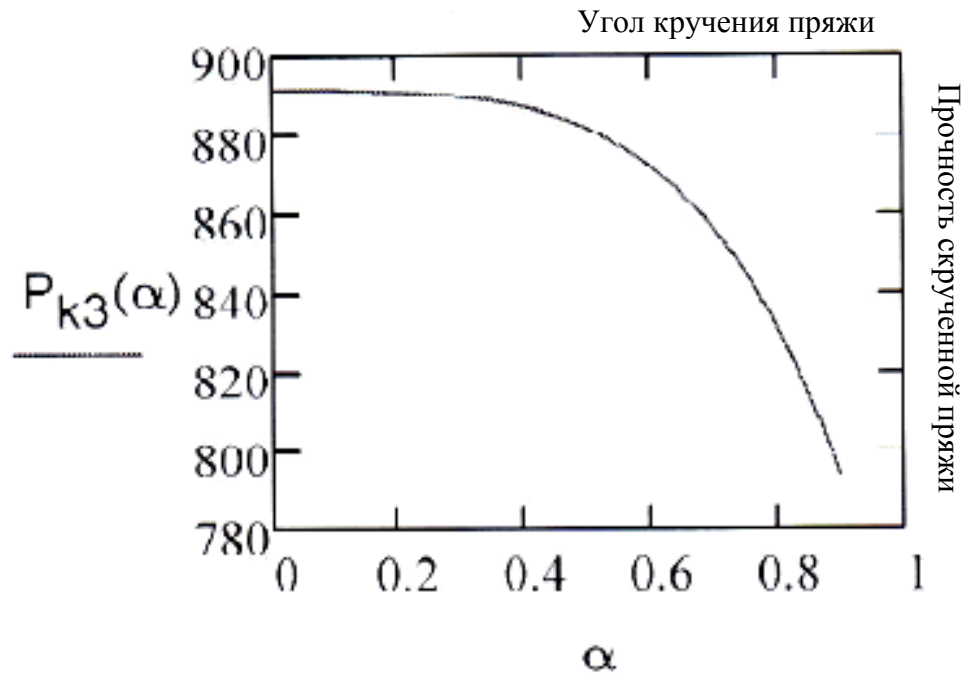


Рисунок 4.15 Зависимость прочности скрученной камвольной чисто химической пряжи от угла кручения скрученной пряжи α

Данная зависимость показывает, что при увеличении угла кручения скрученной камвольной чисто химической пряжи после $\alpha = 0,2$ прочность пряжи снижается, что приводит к уменьшению прочностных свойств пряжи.

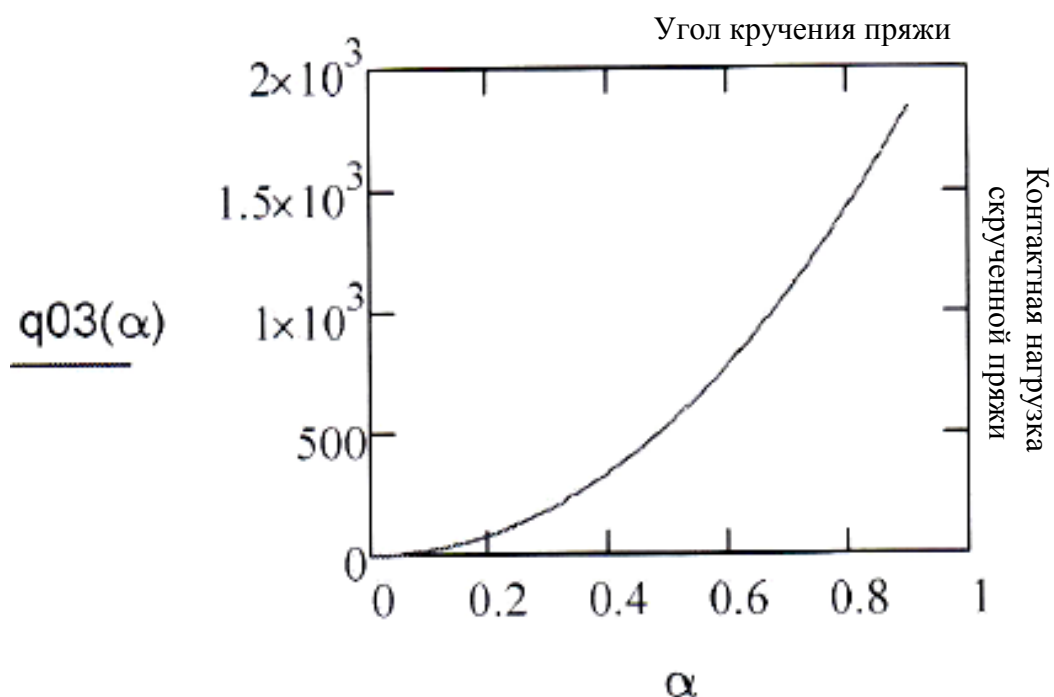


Рисунок 4.16 Зависимость изменения контактной нагрузки скрученной камвольной чисто химической пряжи от угла кручения скрученной пряжи α

Рассматривая зависимость изменения контактной нагрузки скрученной чисто химической камвольной пряжи от угла кручения скрученной пряжи (α), можно сделать вывод, что при увеличении угла кручения скрученной чисто химической камвольной пряжи увеличивается и контактная нагрузка между волокнами в данной пряже.

Для сравнения результатов расчета прочности одиночной и скрученной камвольной пряжи аналитическим методом были определены физико-механические свойства одиночной и скрученной камвольной пряжи трех составов смеси. Данные испытания проводились на разрывной машине

Физико-механические свойства одиночной и скрученной камвольной пряжи представлены в таблице 4.32 и 4.33.

Таблица 4.32 Физико-механические свойства одиночной камвольной пряжи

№ п/п	Одиночная пряжа 31 текс	Прочность пряжи, сН	Квадратическая неровнота пряжи по прочности, %	Разрывное удлинение, %	Квадратическая неровнота пряжи по удлинению, %
1	Чистошерстяная пряжа	169,3	12,4	6	9,7
2	Полушерстяная пряжа	247,9	10,1	12	8,2
3	Чисто химическая пряжа	448,5	9,9	20	7,7

Проанализировав полученные данные (таблица 4.32), можно сделать вывод, что прочность чисто химической одиночной камвольной пряжи больше, чем чистошерстяной и полушерстяной камвольной пряжи, так же квадратическая неровнота пряжи по прочности ниже на 2,5 % по отношению к чистошерстяной камвольной пряжи и на 0,2 % ниже по отношению к полушерстяной камвольной пряжи. Если анализировать разрывное удлинение пряжи, то по полученным данным, можно сделать вывод, что оно выше на 14% по отношению к чистошерстяной камвольной пряжи и на 8 % по отношению к полушерстяной камвольной пряжи.

Таблица 4.33 Физико-механические свойства скрученной камвольной пряжи

№ п/п	Крученая пряжа 31×2 текс	Прочность пряжи, сН	Квадратическая неровнота пряжи по прочности, %	Разрывное удлинение, %	Квадратическая неровнота пряжи по удлинению, %
1	Чистошерстяная пряжа	332	14,9	8	16,4
2	Полушерстяная пряжа	559	9,6	17,2	18,5
3	Чисто химическая пряжа	809	6,7	18	20,8

Анализ исследований по испытаниям прочности показал (таблица 4.33), что прочность чисто химической скрученной камвольной пряжи больше, чем чистошерстяной и полушерстяной скрученной камвольной пряжи, так же квадратиче-

ская неровнота скрученной чисто химической камвольной пряжи по прочности ниже на 8,2 % по отношению к чистошерстяной скрученной камвольной пряжи и на 2,9 % ниже по отношению к полушерстяной скрученной камвольной пряжи. Если анализировать разрывное удлинение пряжи, то по полученным данным, можно сделать вывод, что оно выше на 10% по отношению к чистошерстяной скрученной камвольной пряжи и на 0,8 % по отношению к полушерстяной скрученной камвольной пряжи.

Все данные, полученные при расчете теоретической прочности скрученной камвольной пряжи и экспериментальной прочности скрученной камвольной пряжи, представлены в таблице 4.34 [54, 55, 58, 59, 70].

Таблица 4.34 Теоретическая прочность и приведенная к осевой линии контактная нагрузка скрученной пряжи

	Чистошерстяная	Полушерстяная	ПАН
Теоретическая прочность P_k , сН	338,5	495,7	891,4
Фактическая прочность P_{exp} , сН	331,8	465,8	863,6
Контактная нагрузка q_0 , сН/мм	15,1	22,6	40,9

Из сравнения полученных данных следует вывод, что прочность скрученной камвольной пряжи, рассчитанная аналитическим методом, на 5-7 % выше, чем фактическая прочность скрученной камвольной пряжи.

4.4. Разработка параметров получения фасонной пряжи с использованием скрученной камвольной пряжи и внедрение в производство ЗАО «Текстильная фирма «Купавна»»

Теоретические расчеты прочности многокомпонентной скрученной камвольной пряжи при вложении химических волокон позволили выработать в производственных условиях ЗАО «Текстильная фирма «Купавна»» фасонную пряжу для выработки следующих артикулов на крутильной машине ПЛ-31:

- «Элегия» артикул С 155-ИА;
- «Джулия» артикул С 246-ИА;

— «Жасмин» артикул 3681;

с параметрами, представленными в таблице 4.35.

Таблица 4.35 Состав скрученной камвольной пряжи для выработки фасонной пряжи

	Состав смеси	Крутка пряжи, кр/м	Долевое содержание компонента
Вариант 1	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (M21I мз)	200	1
Вариант 2	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн. (M21I мз)	200	0,5
	Полиакрилонитрильное волокно		0,5

Для данных артикулов были разработаны следующие технологические параметры получения фасонной пряжи для двух вариантов, представленные в таблице 4.36.

Таблица 4.36 Технологические параметры для получения фасонной пряжи

Наименование Параметров	Показатели	
	Вариант 1	Вариант 2
Марка крутильной машины	ПЛ-31	ПЛ-31
Состав пряжи:		
- нагонная нить, текс/крутка	31×2/200	31×2/200
- стержневая нить, текс	Нитрон 19х2	Нитрон 19х2
- закрепляющая нить, текс	Нитрон 19х2	Нитрон 19х2
Первичная крутка:		
- стержневая нить, текс – 2 нити	19х2	19х2
- нагонная нить, текс/крутка	31×2/200	31×2/200
- крутка, кр/м	200	200
- направление крутки	Правая	Правая
- величина нагона, коэффициент	2,2	2,2
Число оборотов веретена, об/мин	2200	2300
Скорость выпуска пряжи, м/мин	5,0	5,0
Масса пряжи на початке, г	200	200
Вторичная крутка:		
- фасонная заготовка	Нить 1-й крут.	Нить 1-й крут.

Закрепляющая нить:		
- состав	Нитрон	Нитрон
- текст	19,2х2	19,2х2
- крутка, кр/м	280	290
- направление крутки	Левая	Левая
- величина нагона, коэффициент	1,0	1,0
Скорость выпуска пряжи, м/мин	7,6	7,8
Высота намотки, мм	280	280
Диаметр намотки, мм	85	85
Масса пряжи на початке	150	150

На крутильную машину ПЛ-31 поступали три вида пряжи для двух вариантов выработки пряжи: для нагонной нити в варианте 1 взята скрученная чистошерстяная пряжа 31 текст×2 с круткой 200 кр/м; для нагонной нити в варианте 2 взята скрученная полушерстяная пряжа 31 текст×2 с круткой 200 кр/м; для стержневой и закрепляющей нити в двух вариантах была взята чисто химическая пряжа 19 текст×2. Направление крутки для двух вариантов правая; величина нагона составляет 2,2; число оборотов веретена 2200 об/мин для варианта 1 и 2300 об/мин для вариантов 2; скорость выпуска пряжи для двух вариантов 5 м/мин; масса пряжи на початке 200 г.; для закрепляющей нити взята чисто химическая пряжа (нитроновое волокно) 19 текст×2 для первого варианта крутка 280 кр/м левая с величиной нагона 1 и для второго варианта крутка 290 кр/м левая с величиной нагона 1; скорость выпуска пряжи в варианте 1 - 7,6 м/мин, в варианте 2 - 7,8 м/мин.

По данным артикулам был выдан акт в 2013 году (приложение 5) о внедрении результатов научно-исследовательской работы «Разработка теории и расчет прочности скрученной камвольной пряжи» о том, что на ЗАО «Текстильная фирма «Купавна»» внедрена научно-исследовательская работа «Разработка теории и расчет прочности скрученной камвольной пряжи»; результаты научно-исследовательской работы по применению скрученной камвольной пряжи использованы при выработке фасонной пряжи для буклированных пальтовых тканей «Жасмин», «Элегия», «Джулия».

ВЫВОДЫ ПО ЧЕТВЕРТОЙ ГЛАВЕ

1. Дан теоретический расчет скрученной камвольной пряжи различного сырьевого состава с учетом контактной нагрузки скрученных нитей.
2. Проведен теоретический расчет контактной нагрузки скрученной камвольной пряжи 31текс×2 различных сырьевых составов при использовании жесткости одиночной пряжи, полученной с использованием крутильного динамометра.
3. При отсутствии внешнего нагружения рассчитана контактная нагрузка, которая для чистошерстяной камвольной пряжи составила 15,057 сН/мм, полушерстяной камвольной пряжи – 22,644 сН/мм и чисто химической камвольной пряжи – 40,929 сН/мм.
4. 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 полушерстяная 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.
5. Для теоретических расчетов прочности скрученной пряжи разработаны и внедрены в практику две программы для ЭВМ, зарегистрированные в госреестре РФ № 2012617967 от 3 сентября 2012 (приложение 1, приложение 3) и № 2013610687 от 9 января 2013 года (приложение 2, приложение 4).
6. Впервые проведены теоретические расчеты с использованием аналитического метода проектирования одиночной камвольной пряжи 31 текса трех основных вариантов смесей, применяемых в шерстопрядении и определены: минимальная линейная плотность пряжи; жесткость каждого компонента; параметры распределения Вейбулла; теоретический коэффициент реализации средней прочности волокон в пряже; длина участка скольжения; коэффициент скольжения.

7. Проведены исследования градиентов неровноты с использованием прибора КЛА-2 для одиночной чистошерстяной камвольной пряжи 31 текс, одиночной полушерстяной камвольной пряжи 31 текс; одиночной химической пряжи 31 текс и для скрученной камвольной 31 текс $\times 2$.
8. Определены значения изменения длины волокон в технологическом процессе с использованием прибора «Алметр AL-100» для трех составов камвольной пряжи 31 текс $\times 2$, которые позволили определить прочностные свойства волокон в зависимости от длины.
9. Разработаны параметры получения фасонной пряжи с использованием скрученной камвольной пряжи 31 текс $\times 2$ и внедрены в производство ЗАО «Текстильная фирма «Купавна»» следующих артикулов: «Элегия» артикул С 155-ИА; «Джулия» артикул С 246-ИА; «Жасмин» артикул 3681 (приложение 5).

ГЛАВА 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ СКРУЧЕННОЙ КАМВОЛЬНОЙ ПРЯЖИ ОСНОВНЫХ ГРУПП КЛАССИФИКАЦИИ КАМВОЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

В Российской Федерации продолжают работу крупные камвольные предприятия: ООО «Брянский камвольный комбинат», ОАО «Павлово-Посадский камвольщик», ЗАО «Румянцевская мануфактура», ЗАО «Свердловский камвольный комбинат», которые выпускают камвольные ткани из шерстяных волокон и их смесей с химическими волокнами: полиакрилонитрильными, полиэфирными, лавсановыми, вискозными.

Камвольные ткани могут быть использованы для производства детского ассортимента (школьной формы, повседневной, нарядной одежды, одежды для спорта, верхней одежды для молодежи); для ведомственной и корпоративной одежды, для среднего и высшего ценового сегмента мужских и женских костюмов [62].

Для выработки качественных камвольных тканей первостепенное значение имеет качество пряжи, которое характеризуется прочностными характеристиками и равномерностью продукта по всем физико - механическим свойствам.

Использование показателей ГОСТ 30702 – 2000 и данных фирмы «Устер» позволяют показать взаимосвязь качественных показателей камвольной скрученной пряжи и качественных показателей международной практики [62].

В камвольной системе прядения до перехода промышленности на новую классификацию шерсти, смеси проектировались, составлялись и оценивались по классификации, приведенной в таблице 5.1.

Эта классификация смесей камвольного производства (таблица 5.1), разработанная ОАО НПК «ЦНИИШерсть», основана на том, что для производства камвольной шерстяной пряжи используют натуральную овечью однородную шерсть всех качеств и неоднородную шерсть различных наименований, сортов с длиной более 55 мм. В смесях с натуральной шерстью перерабатывают так же вискозные, полиэфирные (лавсановые) и полиакрилонитрильные (нитроновые) волокна [62].

В зависимости от тонины волокон шерсти в смесях и содержания в них химических волокон ОАО НПК «ЦНИИШерсть» разделил в уточненной классификации все смеси (таблица 5.2), перерабатываемые в камвольном прядении, на 19 групп с последующим уточнением этих групп в отраслевых нормативных документах по выходам пряжи из сырья (смеси) [62].

При уточнении классификации смесей камвольного производства (таблица 5.2) необходимо было решить задачу приведения смесей в соответствие с требованиями новой классификации шерсти по ГОСТ 30702-2000, а также максимального облегчения использования специалистами предприятий ранее утвержденной отраслевой документации по нормативам выходов пряжи из различных видов сырья. Уточненная классификация смесей производства представлена в таблице 5.2. Для каждой группы смесей установлены типовые технологические нормативы. Смеси разделены на чистошерстяные группы (1-К, 2-К, 3-К, 4-К, 5-К) и производные от них – с вложением химических волокон (вискозных, лавсановых, нитроновых) и для групп 4.1-К, 5.1-К с вложением химических волокон до 30% и 4.2-К, 5.2-К более 30% [62].

Таблица 5.1 Классификация смесей камвольного производства

Группа смеси	Состав смеси	Примечание
I	Шерсть тонкорунных пород овец 64 ^к и выше (отечественная и импортная)	Чисто шерстяная
Ia	Шерсть тонкорунных пород овец 64 ^к и выше (отечественная и импортная) с вискозным волокном	-
Iб	Шерсть тонкорунных пород овец 64 ^к и выше (отечественная и импортная) с лавсановым волокном	-
Iв	Шерсть тонкорунных пород овец 64 ^к и выше (отечественная и импортная) с нитроновым волокном	-
II	Шерсть тонкорунных пород овец 60 ^к , тонкая помесная и кроссбредная (отечественная и импортная)	Чистошерстяная
IIa	Шерсть тонкорунных пород овец 60 ^к , тонкая помесная и кроссбредная (отечественная и импортная) с вискозным волокном	-
IIб	Шерсть тонкорунных пород овец 60 ^к , тонкая помесная и кроссбредная (отечественная и импортная) с лавсановым волокном	-

IIв	Шерсть тонкорунных пород овец 60 ^к , тонкая помесная и кроссбредная (отечественная и импортная) с нитроновым волокном	-
III	Шерсть полутонкая помесная тонкорунно-грубошерстных овец, цигайская и кроссбредная (отечественная и импортная).	Чистощерстяная
IIIа	Шерсть полутонкая помесная тонкорунно-грубошерстных овец, цигайская и кроссбредная (отечественная и импортная) с вискозным волокном.	-
IIIб	Шерсть полутонкая помесная тонкорунно-грубошерстных овец, цигайская и кроссбредная (отечественная и импортная) с лавсановым волокном.	-
IIIв	Шерсть полутонкая помесная тонкорунно-грубошерстных овец, цигайская и кроссбредная (отечественная и импортная) с нитроновым волокном.	-

В таблице 5.2 приведены новые составы смесей, в соответствии с ГОСТ 30702 – 2000 [62].

Таблица 5.2 Уточненная классификация смесей гребенного (камвольного) производства по ГОСТ 30702 – 2000

Группа смеси	Состав смеси	Примечание
1-К	Шерсть тонкая, однородная, мериносовая и помесная тониной 23,5 мкм и менее (отечественная и импортная)	Чистощерстяная
1.1-К	Шерсть тонкая, однородная, мериносовая и помесная тониной 23,5 мкм и менее (отечественная и импортная) с вискозным волокном	-
1.2-К	Шерсть тонкая, однородная, мериносовая и помесная тониной 23,5 мкм и менее (отечественная и импортная) с лавсановым волокном	-
1.3-К	Шерсть тонкая, однородная, мериносовая и помесная тониной 23,5 мкм и менее (отечественная и импортная) с нитроновым волокном	-
2-К	Шерсть тонкая, однородная, мериносовая и помесная, кроссбредная и кроссбредного типа тониной 23,6-25,0 мкм (отечественная и импортная)	Чистощерстяная

2.1-К	Шерсть тонкая, однородная, мериносовая и помесная, кроссбредная и кроссбредного типа тониной 23,6-25,0 мкм (отечественная и импортная) с вискозным волокном	-
2.2-К	Шерсть тонкая, однородная, мериносовая и помесная, кроссбредная и кроссбредного типа тониной 23,6-25,0 мкм (отечественная и импортная) с лавсановым волокном	-
2.3-К	Шерсть тонкая, однородная, мериносовая и помесная, кроссбредная и кроссбредного типа тониной 23,6-25,0 мкм (отечественная и импортная) с нитроновым волокном	-
3-К	Шерсть полутонкая, однородная, помесная, кроссбредная и кроссбредного типа, цигайская тониной 25,1-31,0 мкм (отечественная и импортная)	Чистощерстяная
3.1-К	Шерсть полутонкая, однородная, помесная, кроссбредная и кроссбредного типа, цигайская тониной 25,1-31,0 мкм (отечественная и импортная) с вискозным волокном	-
3.2-С	Шерсть полутонкая, однородная, помесная, кроссбредная и кроссбредного типа, цигайская тониной 25,1-31,0 мкм (отечественная и импортная) с лавсановым волокном	-
3.3-С	Шерсть полутонкая, однородная, помесная, кроссбредная и кроссбредного типа, цигайская тониной 25,1-31,0 мкм (отечественная и импортная) с нитроновым волокном	-
4-К	Шерсть полугрубая, однородная, кроссбредная, кроссбредного типа, цигайская, цигай-грубошерстная тониной 31,1-40,5 мкм; шерсть полугрубая, неоднородная первой,второй и третьей групп; полугрубая восточная тониной 25,1-37,5 мкм (отечественная и импортная)	Чистощерстяная
4.1-К	Шерсть полугрубая, однородная, кроссбредная, кроссбредного типа, цигайская, цигай-грубошерстная тониной 31,1-40,5 мкм; шерсть полугрубая, неоднородная первой,второй и третьей групп; полугрубая восточная тониной 25,1-37,5 мкм (отечественная и импортная); химические волокна до 30% включительно	-

4.2-К	Шерсть полугрубая, однородная, кроссбредная, кроссбредного типа, цигайская, цигай-грубошерстная тониной 31,1-40,5 мкм; шерсть полугрубая, неоднородная первой, второй и третьей групп; полугрубая восточная тониной 25,1-37,5 мкм (отечественная и импортная); химические волокна свыше 30% включительно	-
5-К	Шерсть грубая, однородная, кроссбредного типа тониной более 40,5 мкм; шерсть полугрубая и грубая, неоднородная второй, третьей и четвертой групп; шерсть грубая других видов (отечественная и импортная) тониной 38,6-45,6 мкм и более	Чистощерстяная
5.1-К	Шерсть грубая, однородная, кроссбредного типа тониной более 40,5 мкм; шерсть полугрубая и грубая, неоднородная второй, третьей и четвертой групп; шерсть грубая других видов (отечественная и импортная) тониной 38,6-45,6 мкм и более; химические волокна-до 30% включительно	-
5.2-К	Шерсть грубая, однородная, кроссбредного типа тониной более 40,5 мкм; шерсть полугрубая и грубая, неоднородная второй, третьей и четвертой групп; шерсть грубая других видов (отечественная и импортная) тониной 38,6-45,6 мкм и более; химические волокна-свыше 30%	-
6-Х	Химические волокна-100%	Смеси не содержат натуральных волокон

Вместо обозначения тонины термином «качество шерсти» («качество шерсти» - это термин, который обозначает максимальное количество мотков технически пригодной пряжи, длиной по 560 ярдов (512 метров) каждый, получаемых из 1 английского фунта (0,4536 кг) топса (гребенной ленты) [79]), в соответствии с новой классификацией, установлены следующие основные параметры тонины в микрометрах шерстяных волокон: для групп классификации 1-К, 1.1-К, 1.2-К, 1.3-К в состав смеси включается шерсть тониной 23,5 мкм и менее; для групп 2-К, 2.1-К, 2.2-К, 2.3-К в состав смеси включается шерсть тониной 23,6-25,0 мкм; для групп 3-К, 3.1-К, 3.2-К, 3.3-К в состав смеси включается шерсть тониной 25,1 –

31,0 мкм; для групп 4-К, 4.1-К, 4.2-К в состав включается шерсть тониной 31,1-40,5 мкм; для групп 5-К, 5.1-К, 5.2-К в состав включается шерсть тониной более 40,5 мкм, 38,6-45,6 мкм и более; для группы 6-Х в состав включаются только химические волокна [62].

Для групп смесей уточненной классификации, разработанной ОАО НПК «ЦНИИШерсть», камвольных смесей 1-К, 1.3-К, 2-К, 2.3-К, 3-К, 3.3-К по ГОСТ 30702 – 2000 проведены теоретические расчеты прочности одиночной пряжи линейных плотностей 19 текс, 21 текс, 28 текс, 31 текс и 42 текс с круткой 470 кр/м, чистошерстяной с тониной волокон 23,5 – 25,0 мкм и полушерстяной (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост. - 50 % и нитроновые волокна- 50%) и скрученной пряжи 19текс ×2, 21текс ×2, 28текс ×2, 31текс ×2, 42текс ×2 того же состава смеси и тонины шерсти (Таблица 5.3) [58, 59, 62, 70, 76].

Таблица 5.3 Уточненная классификация смесей гребенного (камвольного) производства по ГОСТ 30702 – 2000 для выбранных тексов

Группа смеси	Состав смеси	Примечание
1-К	Шерсть тонкая, однородная, мериносовая и помесная тониной 23,5 мкм и менее (отечественная и импортная)	Чистошерстяная
1.3-К	Шерсть тонкая, однородная, мериносовая и помесная тониной 23,5 мкм и менее (отечественная и импортная) с нитроновым волокном	-
2-К	Шерсть тонкая, однородная, мериносовая и помесная, кроссбредная и кроссбредного типа тониной 23,6-25,0 мкм (отечественная и импортная)	Чистошерстяная
2.3-К	Шерсть тонкая, однородная, мериносовая и помесная, кроссбредная и кроссбредного типа тониной 23,6-25,0 мкм (отечественная и импортная) с нитроновым волокном	-
3-К	Шерсть полутонкая, однородная, помесная, кроссбредная и кроссбредного типа, цигайская тониной 25,1-31,0 мкм (отечественная и импортная)	Чистошерстяная
3.3-К	Шерсть полутонкая, однородная, помесная, кроссбредная и кроссбредного типа, цигайская тониной 25,1-31,0 мкм (отечественная и импортная) с нитроновым волокном	-

В нашей работе для проведения аналитических теоретических расчетов для одиночной и скрученной пряжи были определены для основных смесей камвольной пряжи следующие параметры:

- коэффициенты вариации пряжи различной линейной плотности по стандартам статистики фирмы «Устер», %;
- прочность волокна, сН;
- коэффициент вариации по прочности волокна, %;
- удлинение волокна, %;
- коэффициент вариации волокна по удлинению, %;
- средняя длина волокон каждого компонента, мм;
- средняя линейная плотность волокон в смеси, текс;
- минимальная линейная 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;
- длина участка скольжения, мм;
- коэффициент скольжения;
- теоретическая прочность одиночной пряжи, сН;
- жесткость одиночной пряжи при кручении, $\text{сН} \cdot \text{мм}^2$;
- радиус сечения каждой из скрученных нитей, мм;
- угол кручения скрученной пряжи, рад;
- контактная нагрузка скрученной пряжи, сН/мм;
- теоретическая прочность скрученной пряжи, сН.

Для проектирования прочностных свойств одиночной камвольной пряжи с использованием аналитических методов на ЭВМ была использована программа номер регистрации 2009615542 от 8 октября 2009 г., для проектирования прочностных свойств скрученной камвольной пряжи были разработаны две программы для ЭВМ (регистрация в госреестре № 2012617967 от 3 сентября 2012 (при-

ложение 1, приложение 3) и № 2013610687 от 9 января 2013 года (приложение 2, приложение 4)). Эти программы позволяют проектировать и оптимизировать составы камвольных смесей по современной классификации в соответствии с ГОСТ 30702 – 2000. Ранее были проведены расчеты по классификации аппаратной смеси [78]. Для расчета прочности камвольной пряжи по современной классификации в соответствии с ГОСТ 30702 – 2000 были определены физико - механические свойства волокон и пряжи. Для расчета прочности одиночной пряжи была принята крутка - 470 кр/м; квадратическая неровнота пряжи для групп смесей 1-К, 2-К, 3-К лежит в диапазоне от 20%-18%, для групп 1.3-К, 2.3-К и 3.3-К меняется от 18,3%- 14,5% по статистическим данным фирмы «Устер» (рисунок 5.1); для групп смесей (таблица 5.3) так же были определены линейная плотность волокна, прочность волокон, удлинение волокна и средняя длина волокон компонента.

В международной практике качественные характеристики волокон, полуфабрикатов и пряжи оцениваются по статистическим данным фирмы «Устер». Статистика фирмы «Устер» [77] представляет собой ранжированные по значениям показателей данные о качественных показателях волокон, пряжи и полуфабрикатов прядильного производства для хлопковых, шерстяных и химических волокон, представленных со всего мира, от текстильных предприятий. Данные обрабатываются с использованием математического аппарата регрессионного анализа и регулярно обновляются для контроля качества на современных предприятиях. Условия применения уравнений регрессии включает ряд ограничений, наиболее существенные среди них состоят в обновлении статистических данных. Один раз в четыре года статистика «Устер» обновляется, уточняются условия и параметры технологических процессов переработки волокон. Статистика пополняется новыми показателями; пересматриваются и уточняются качественные характеристики. На основании данных фирмы «Устер» можно проследить за динамикой развития качественных характеристик пряжи и полуфабрикатов. Во всем мире изменения технического и технологического уровня прядильных фабрик зависят от качественных показателей волокон, пряжи и полуфабрикатов [77].

В диссертационной работе были использованы стандарты и данные статистики фирмы «Устер» (Рисунок 5.1) при определении минимальной линейной плотности пряжи, в которой наиболее вероятны ее разрыв при переработке в прядении и ткачестве [58, 59].

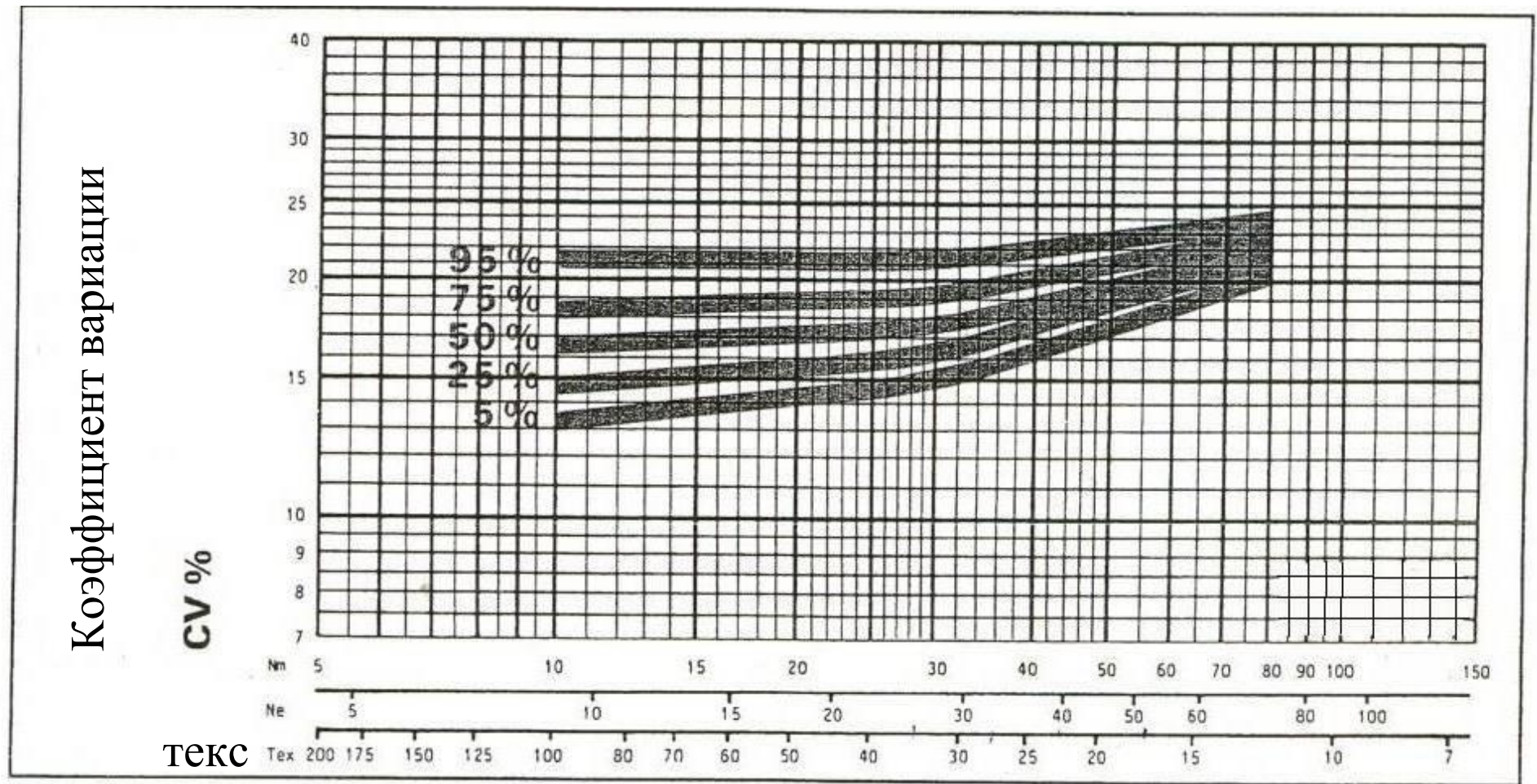


Рисунок 5.1 Зависимость коэффициента вариации по линейной плотности
от линейной плотности камвольной пряжи

При оценке коэффициента вариации по статистике фирмы «Устер» было определено, что для групп смесей 1-К и пряжи 19 текс из чистошерстяной смеси (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост.) квадратическая неровнота пряжи составляет 20%; пряжи 21 текс квадратическая неровнота пряжи - 19,5%; пряжи 28 текс квадратическая неровнота пряжи - 18%. Для групп смесей 1.3-К и пряжи полушерстяной смеси (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост. - 50%, нитроновое волокно - 50%) для пряжи 19 текс квадратическая неровнота - 18,3%; пряжи 21 текс квадратическая неровнота - 17,8%; пряжи 28 текс квадратическая неровнота равна 17,1%. Для групп смесей 2-К и пряжи 31 текс чистошерстяной смеси (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост.) квадратическая неровнота - 17,5%; для групп смесей 2.3-К полушерстяной смеси (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост. - 50%, нитроновое волокно - 50%) для пряжи 31 текс квадратическая неровнота - 16%. Для групп смесей 3-К пряжи 42 текс чистошерстяной смеси (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост.) квадратическая неровнота пряжи - 17%; для групп смесей 3.3-К полушерстяной смеси (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост. - 50%, нитроновое волокно - 50%) пряжи 42 текс квадратическая неровнота - 14,5%.

До настоящего времени в нормах технологических режимов ОАО НПК «ЦНИИШерсть» и ГОСТах на камвольную пряжу показатель прочности указан в относительных величинах – сН/текс и лежит в пределах от 6 до 6,4 сН/текс, что не позволяет проектировать прочностные показатели в зависимости от составов смеси и их современной классификации камвольных смесей, в соответствии с ГОСТ 30702-2000. Применение аналитических методов с использованием современной вычислительной техники и разработанных нами программ для ЭВМ позволяют автоматизировать расчеты для состава смесей любой природы волокон.

Для создания ассортимента пряжи, ткани, трикотажа по инновационным технологиям и для получения высококачественных изделий необходимо определить порог прочности одиночной и скрученной пряжи для основных составов смеси по классификации и линейной плотности камвольной пряжи.

Проведем теоретические расчеты прочности одиночной и скрученной камвольной пряжи для выбранных тексов и составов смесей (таблица 5.3).

Для определения жесткости компонента каждого вида пряжи классификации, выбранной для расчета, определяем жесткость компонента, так как наибольшее усилие возникает в наиболее жестком компоненте.

Определяем жесткость одного волокна. Жесткость единичного волокна для группы 1-К составляет 41,505 сН, для группы 2-К - 43,593 сН и для группы 3-К равна 66,65 сН; так как в группы 1.3-К, 2.3-К и 3.3-К входит нитроновое волокно, то необходимо определить жесткость единичного нитронового волокна, для групп 1.3-К и 3.3-К она составляет 54,06 сН и для группы 2.3-К жесткость единичного нитронового волокна - 54,06 сН, жесткость единичного шерстяного волокна составляет 46,311 сН.

Для определения числа волокон в пряжи для выбранных групп смесей и различных линейных плотностей пряжи была рассчитана средняя линейная плотность волокон в смеси, которая увеличивается при увеличении линейной плотности волокон. Для чистошерстяной пряжи группы смесей 1-К линейных плотностей пряжи 19 текс, 21 текс и 28 текс линейная плотность волокон в смеси 0,472 текс; для группы 2-К линейной плотности пряжи 31 текс - 0,592 текс; для групп 3-К линейной плотности пряжи 42 текс линейная плотность волокон в смеси 0,94 текс. Для полушерстяной пряжи групп смесей 1.3-К равна 0,486 текс, 2.3-К равна 0,41 текс и для группы 3.3-К средняя линейная плотность волокон в смеси равна 0,784 текс. Средняя линейная плотность волокон в смесях лежит в диапазоне 0,47 – 0,94 текс.

Определяем минимальную плотность пряжи, где происходит обрыв наислабейшего звена [58, 59, 70]:

$$T_{\min} = \bar{T}_{np} - 3\sigma \quad (5.1)$$

Минимальная линейная плотность пряжи составляет:

1. Для группы 1-К: пряжа 19 текс составляет 8 текс, пряжа 21 текс составляет 9 текс, пряжа 28 текс составляет 13 текс.
2. Для группы 2-К: пряжа 31 текс составляет 15 текс.
3. Для группы 3-К: пряжа 42 текс составляет 21 текс.

4. Для группы 1.3-К: пряжа 19 текс составляет 9 текс, пряжа 21 текс составляет 10 текс, пряжа 28 текс составляет 14 текс.
5. Для группы 2.3-К: пряжа 31 текс составляет 21 текс.
6. Для группы 3.3-К: пряжа 42 текс составляет 24 текс.

Минимальная линейная плотность пряжи изменяется от 8 текс до 24 текс.

Число волокон одиночной камвольной пряжи в минимальном сечении пряжи составляет:

1. Для группы 1-К: пряжа 19 текс – 17 волокон, 21 текс – 19 волокон, 28 текс – 28 волокон.
2. Для группы 2-К: пряжа 31 – 25 волокон.
3. Для группы 3-К: пряжа 42 текс – 22 волокна.
4. Для группы 1.3-К: пряжа 19 текс – 19 волокон (11 волокон шерстяного компонента, 8 – волокон нитронового компонента), пряжа 21 текс – 21 волокно (12 волокон шерстяного компонента, 9 волокон – нитронового компонента), пряжа 28 текс – 23 волокна (10 волокон шерстяного компонента, 13 – волокон нитронового компонента).
5. Для группы 2.3-К: пряжа 31 текс – 51 волокно (24 волокна шерстяного компонента, 27 волокон нитронового компонента).
6. Для группы 3.3-К: пряжа 42 текс – 31 волокно (13 волокон шерстяного компонента, 18 волокон нитронового компонента).

Число волокон в минимальном сечении пряжи для основных групп смесей составляет 17 – 51 волокон.

Жесткость каждого компонента (E_F , сН), шерстяного и нитронового, была определена для всех групп классификации (таблица 5.3) и составила для групп:

1. Группа 1-К: пряжа 19 текс жесткость компонента составляет $(E_1F_1) = 705,6$ сН, пряжа 21 текс жесткость компонента составляет $(E_1F_1) = 788,6$ сН, пряжа 28 текс жесткость компонента составляет $(E_1F_1) = 1162,14$ сН.
2. Группа 1.3-К: пряжа 19 текс – для шерстяного компонента $(E_1F_1) = 453,9$ сН, для химического (нитронового) компонента $(E_2F_2) = 432,5$ сН; пряжа 21 текс – для шерстяного компонента $(E_1F_1) = 495,2$ сН, для химического (нитронового)

компонента (E_2F_2)=486,538 сН; пряжа 28 текс – для шерстяного компонента (E_1F_1)=660,2 сН, для химического (нитронового) компонента (E_2F_2)=702,8 сН.

3. Группа 2-К: пряжа 31 текс составляет (E_1F_1)=1089,8 сН.
4. Группа 2.3-К: пряжа 31 текс – для шерстяного компонента (E_1F_1)=1111,5 сН, для химического (нитронового) компонента (E_2F_2)=2134,615 сН.
5. Группа 3-К: пряжа 42 текс – (E_1F_1)=1466,311 сН.
6. Группа 3.3-К: пряжа 42 текс – для шерстяного компонента (E_1F_1)=866,5 сН, для химического (нитронового) компонента (E_2F_2)=973,1 сН.

Теоретические пределы жесткостей компонентов различных групп классификации для чистошерстяных смесей изменяются от 705,6 сН до 1466,3 сН, для полушерстяных смесей от 432,5 сН до 2134,6 сН.

Для определения суммы соотношения жесткостей для каждого состава смеси и линейных плотностей пряжи 19 текс, 21 текс, 28 текс, 31 текс, 42 текс определены [58, 59, 70]:

1. Самый жесткий компонент;
2. Соотношение жесткостей;
3. Сумма соотношения жесткостей.

Для групп классификации сумма соотношения жесткостей имела следующие значения: группа классификации 1-К (пряжи 19 текс, 21 текс, 28 текс), 2-К (пряжи 31 текс) и 3-К (42 текс) равно $e_1=1$; группа классификации 1.3-К для пряжи 19 текс сумма соотношения жесткостей составила $e_1 + e_2 = 1 + 0,953 = 1,953$, для пряжи 21 текс сумма соотношения жесткостей равна $e_1 + e_2 = 1 + 0,953 = 1,983$, для пряжи 28 текс сумма соотношения жесткостей составила $e_1 + e_2 = 0,939 + 1 = 1,939$. В группе классификации камвольной пряжи 1.3-К для пряжи 19 текс и 21 текс самый жесткий компонент шерстяное волокно, для пряжи 28 текс самый жесткий компонент нитроновое волокно.

Для группы классификации камвольной пряжи 2.3-К пряжи 31 текс сумма соотношения жесткостей равна $e_1 + e_2 = 0,521 + 1 = 1,521$. В группе 2.3-К для 31 текс самым жестким компонентом является нитроновое волокно.

Для группы 3.3-К пряжи 42 текс сумма соотношения жесткостей равна $e_1 + e_2 = 0,89 + 1 = 1,89$. В группе 3.3-К для пряжи 42 текс самым жестким компонентом является нитроновое волокно.

Как следует из полученных расчетов, жесткость компонента зависит от числа волокон компонента в наиболее тонком минимальном сечении пряжи и в значительной степени определяется коэффициентом вариации по линейной плотности пряжи.

Дальнейшим значимым моментом проектирования теоретической прочности может быть расчет прочности наиболее жесткого компонента, который разрушается первым.

Механизм разрушения наиболее жесткого компонента определяется коэффициентом реализации средней прочности волокон в пряже:

$$k = \frac{(ae)^{-\frac{1}{a}}}{\Gamma\left(1 + \frac{1}{a}\right)}, \quad (5.2)$$

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

Для определения теоретической прочности одиночной камвольной пряжи, определены значения коэффициента реализации средней прочности волокон в пряже: группа 1-К 19 текс, 21 текс и 28 текс – 0,833; группа 1.3-К 19 и 21 текс – 0,833; группа 1.3-К 28 текс – 0,621; группа 2-К – 0,801; группа 2.3-К – 0,621; группа 3-К – 0,793; группа 3.3-К – 0,621.

Для каждой линейной плотности и каждой группы смеси нами впервые определены параметры распределения Вейбулла где: для группы 1-К $P_w = 8,748$ и $\alpha = 18,58$, для группы 2-К $P_w = 11,36$ и $\alpha = 4,325$ и для группы 3-К $P_w = 16,99$ и $\alpha = 13,23$. Для групп 1.3-К, 2.3-К и 3.3-К параметры распределения Вейбулла выбираются для самого жесткого компонента, так как в группах 1.3-К и 2.3-К самым жестким компонентом является полиакрилонитрильное волокно, то $P_w = 19,45$ и $\alpha = 4,325$, а в группе 3.3-К самый жесткий компонент шерстяное волокно, поэтому $P_w = 16,99$ и $\alpha = 13,23$.

Теоретический коэффициент реализации средней прочности волокон в камвольной одиночной пряже с использованием параметров распределения Вейбулла и гамма - функции Эйлера лежит в диапазоне: для чистошерстяных смесей 0,621 – 0,801, для полушерстяных смесей 0,621 – 0,833.

Прочность волокон наиболее жесткого компонента в аналитическом методе расчета прочности пряжи определяется длиной волокна, воспринимающего и передающего нагрузку на пряжу и равна, $l = \bar{l}_s - 2l_c$ где l_c - длина скольжения волокон в пряже.

$$l_c = \sqrt{\frac{\frac{d_s Q}{2}}{2\mu(1 - \cos^2 \beta)}} \quad (5.3)$$

где d_s - диаметр волокна; Q — длина волны миграции, которую можно принять равной четырем оборотам; крутки; μ - коэффициент трения между волокнами.

Далее были определены коэффициенты скольжения для всех групп смесей:

$$\kappa_c = 1 - \frac{2}{3\bar{l}_s} \sqrt{\frac{\frac{d_s Q}{2}}{2\mu(1 - \cos^2 \beta)}} \quad (5.4)$$

Группа 1-К для пряжи 19 текс, 21 текс и 28 текс были получены следующие значения коэффициента скольжения 0,977, 0,976, 0,974; группа 1.3-К пряжа 19 и 21 текс коэффициент скольжения составляет 0,98; группа 1.3-К 28 текс коэффициент скольжения составляет 0,978; группа 2-К для пряжи 31 текс коэффициент скольжения равен 0,975; группа 2.3-К для пряжи 42 текс коэффициент скольжения составляет 0,967; группа 3-К для пряжи 42 текс коэффициент скольжения составляет 0,975; группа 3.3-К для пряжи 42 текс коэффициент скольжения составляет 0,976.

Теоретические коэффициенты скольжения для одиночной камвольной пряжи лежит в диапазоне: для чистошерстяных смесей 0,975 – 0,977; для полушерстяных смесей 0,967 – 0,98.

Полученные теоретические данные были использованы для теоретических расчетов прочности одиночной и скрученной пряжи, изложенных в главах три и четыре, по следующим соотношениям:

$$1. \text{ Для одиночной пряжи } P_* = \bar{P}_b(l) \cdot m_i \cdot (1 + \sum_{i=1}^n e_i) \cdot k \cdot k_c \cdot \langle \cos \vartheta \rangle, \quad (5.5)$$

$$2. \text{ Для скрученной пряжи } P_k = 2 \left(\frac{T}{\cos(\alpha)} - \frac{q_0 R}{\cos(\alpha)} \right). \quad (5.6)$$

Прочность одиночной и скрученной камвольной пряжи с использованием аналитического метода, разработанного проф. Щербаковым В.П. и проф. Скулановой Н.С., была впервые рассчитана для основных групп смесей пряжи по уточненной классификации камвольных смесей, в соответствии с ГОСТ 30702-2000 и представлена в таблицах 5.4 и 5.5.

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. 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 чистошерстяных смесей от 184, 7 сН до 464,7 сН и для полушерстяных смесей от 201,8 сН до 535,7 сН.

Таблица 5.4 Данные для расчета прочности по ГОСТ для одиночной и скрученной камвольной пряжи

Группа смеси	Состав смеси	Линейная плотность пряжи, текс	Крутка одиночной пряжи, кр/м.	Квадратическая неровность пряжи по линейной плотности «Устер», %	Долевое содержание компонента, %	Линейная плотность волокна, текс	Прочность волокна, сН	Удлинение волокна, %	Средняя длина волокон компонента, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-К	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн., (M22Iмз)	19	470	20	100	0,472	8,5	34,25	80
1-К	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн., (M22Iмз)	21	470	19,5	100	0,472	8,5	34,25	80
1-К	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн., (M22Iмз)	28	470	18	100	0,472	8,5	34,25	80
1.3-К	Шерсть мериносовая 64 ^к I сор., (M22Iмз).	19	470	18,3	50	0,472	8,5	34,25	80
	Нитроновое волокно				50	0,5	12,65	35	95
1.3-К	Шерсть мериносовая 64 ^к I сор., (M22Iмз).	21	470	17,8	50	0,472	8,5	34,25	80
	Нитроновое волокно				50	0,5	12,65	35	95
1.3-К	Шерсть мериносовая 64 ^к I сор., (M22Iмз).	28	470	17,1	50	0,472	8,5	34,25	80
	Нитроновое волокно				50	0,5	12,65	35	95
2-К	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн., (M24Iмз)	31	470	17,5	100	0,592	8,98	35,00	80
2.3-К	Шерсть мериносовая 64 ^к I сор., (M24Iмз).	31	470	16	50	0,592	8,98	35,00	80
	Нитроновое волокно				50	0,5	12,65	35	95
3-К	Шерсть кроссбредная 50 ^к , I дл., сорн., (K30Iмз)	42	470	17	100	0,940	13,73	38,5	90
3.3-К	Шерсть кроссбредная 50 ^к , I дл., сорн., (K30Iмз)	42	470	14,5	50	0,940	13,73	38,5	90
	Нитроновое волокно				50	0,67	12,65	35	95

Таблица 5.5 Данные расчета прочности одиночной и скрученной камвольной пряжи

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	Число волокон в пряже	Параметры распределения Вейбулла	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	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1-К	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн., (M22Iмз)	19	0,472	8	41,505	17	17	$P_w = 8.748$ $a = 18.58$	0,833	0,977	7,633	96,256	184,702
1-К	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн., (M22Iмз)	21	0,472	9	41,505	19	19	$P_w = 8.748$ $a = 18.58$	0,833	0,976	7,633	108,212	210,157
1-К	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн., (M22Iмз)	28	0,472	13	41,505	28	28	$P_w = 8.748$ $a = 18.58$	0,833	0,974	7,632	157,586	306,338
1.3-К	Шерсть мериносовая 64 ^к I сор., (M22Iмз).	19	0,486	9	41,262	11	19	$P_w = 19.45$	0,833	0,98	7,555	105,32	201,759
	Нитроновое волокно				54,06	8		$a = 4.325$					
1.3-К	Шерсть мериносовая 64 ^к I сор., (M22Iмз).	21	0,486	10	41,262	12	21	$P_w = 19.45$	0,833	0,98	7,557	121,7	231,553
	Нитроновое волокно				54,06	9		$a = 4.325$					
1.3-К	Шерсть мериносовая 64 ^к I сор., (M22Iмз).	28	0,486	14	41,262	16	29	$P_w = 19.45$	0,621	0,978	10,682	162,4	314,536
	Нитроновое волокно				54,06	13		$a = 4.325$					
2-К	Шерсть мериносовая 64 ^к , I дл., сорн., (M24Iмз)	31	0,42	20	46,31	48	48	$P_w = 11.36$ $a = 4.325$	0,571	0,975	6,768	173,9	338,5
2.3-К	Шерсть мериносовая 64 ^к I сор., (M24Iмз).	31	0,41	21	46,31	24	51	$P_w = 19.45$	0,621	0,973	11,71	261,2	495,7
	Нитроновое волокно				79,06	27		$a = 4.325$					
3-К	Шерсть кроссбредная 50 ^к , I дл., сорн., (K30Iмз)	42	0,94	21	66,65	22	22	$P_w = 16.99$ $a = 13.23$	0,793	0,975	14,049	248,7	469,705
3.3-К	Шерсть кроссбредная 50 ^к , I дл., сорн., (K30Iмз)	42	0,784	24	66,65	13	31	$P_w = 16.99$	0,621	0,976	10,987	282,3	535,743
	Нитроновое волокно				54,06	18		$a = 13.23$					

Для анализа изменения теоретической прочности одиночной и скрученной камвольной пряжи с использованием аналитического метода, использовались графики, представленные на рисунках 5.2-5.9.

На рисунке 5.2 показана зависимость изменения теоретической прочности одиночной пряжи чистошерстяных смесей групп: 1-К (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост.); 2-К (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост.); 3-К (шерсть мериносовая 50^к I дл. сорн. сост.) от увеличения линейной плотности камвольной чистошерстяной пряжи 19 текс, 21 текс, 28 текс, 31 текс, 42 текс которая показывает, что происходит увеличение прочности пряжи на 61,3 % с 96,3 сН до 248,7 сН. При увеличении линейной плотности исследуемой пряжи с 19 текс до 21 текс, происходит увеличение прочности пряжи с 96,3 сН до 108,2 сН, что составляет 11,1 %; при изменении линейной плотности с 21 текс до 28 текс, происходит увеличение прочности пряжи со 108,2 сН до 157,6 сН, что составляет 31,3%; при изменении линейной плотности с 28 до 31 текс, происходит увеличение прочности пряжи со 157,6 сН до 173,6 сН, что составляет 9,2 %; при изменении линейной плотности с 31 до 42 текс, происходит увеличение прочности пряжи со 173,6 сН до 248,7 сН, что составляет 30,2 %.

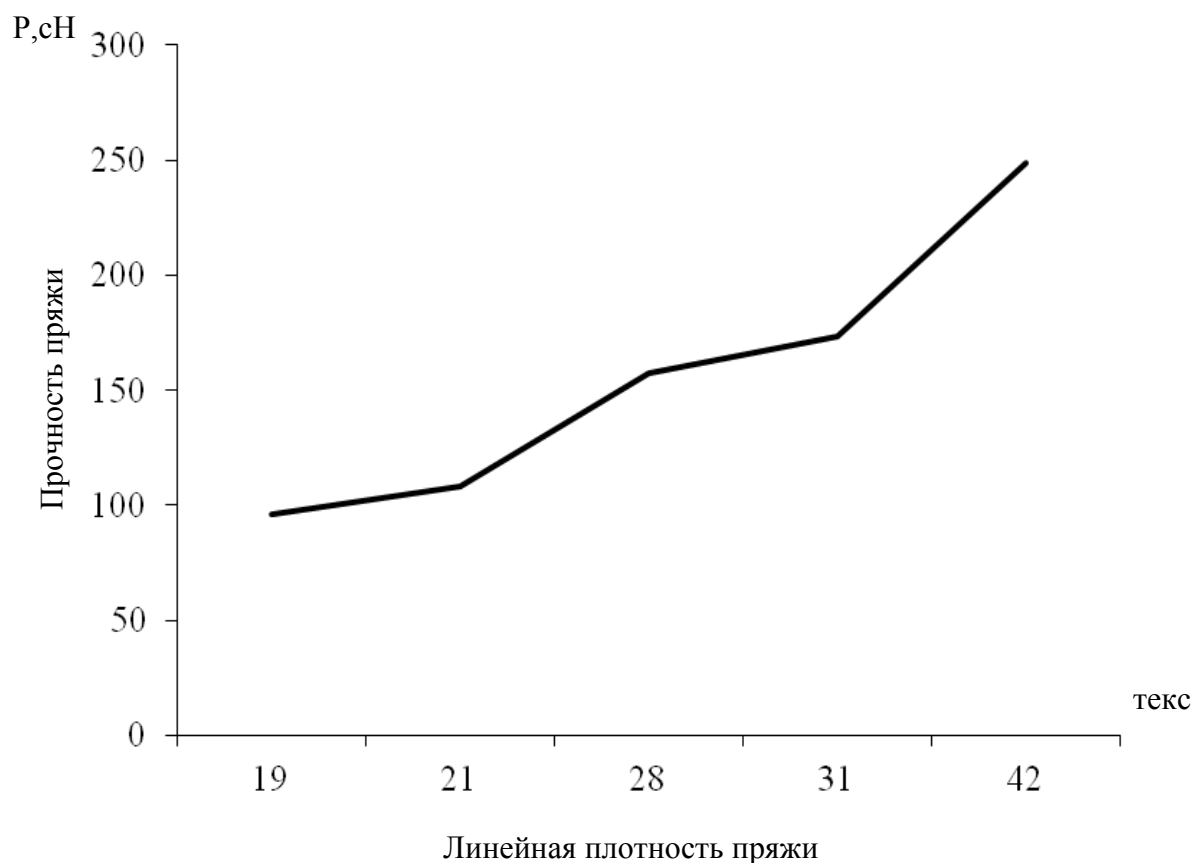


Рисунок 5.2 Зависимость изменения теоретической прочности камвольной одиночной пряжи чистшерстяных смесей от линейной плотности пряжи

На рисунке 5.3 показано изменение теоретической прочности скрученной чистшерстяной камвольной пряжи для смесей групп 1-К, 2-К, 3-К (составы смесей приведены ранее) от увеличения линейной плотности скрученной камвольной пряжи 19 текс×2, 21 текс×2, 28 текс×2, 31 текс×2, 42 текс×2. При увеличении линейной плотности скрученной чистшерстяной камвольной пряжи с 19 текс×2 до 21 текс×2 теоретическая прочность данной пряжи увеличивается со 184,7 сН до 210,2 сН, что составляет 12,1%; при увеличении линейной плотности скрученной чистшерстяной камвольной пряжи с 21 текс×2 до 28 текс×2 теоретическая прочность данной пряжи увеличивается с 210,2 сН до 306,3 сН, что составляет 31,4%; при увеличении линейной плотности скрученной чистшерстяной камвольной пряжи с 28 текс×2 до 31 текс×2 теоретическая прочность данной пряжи увеличивается с 306,3 сН до 338,5 сН, что составляет 9,5%; при увеличении линейной

плотности скрученной чистошерстяной камвольной пряжи с 31 текс×2 до 42 текс×2 теоретическая прочность данной пряжи увеличивается с 338,5 сН до 469,7 сН, что составляет 27,9%; при изменении линейной плотности с 19 текс×2 до 42 текс×2 теоретическая прочность увеличивается со 184,7 сН до 469,7 сН, что составляет 60,7%.

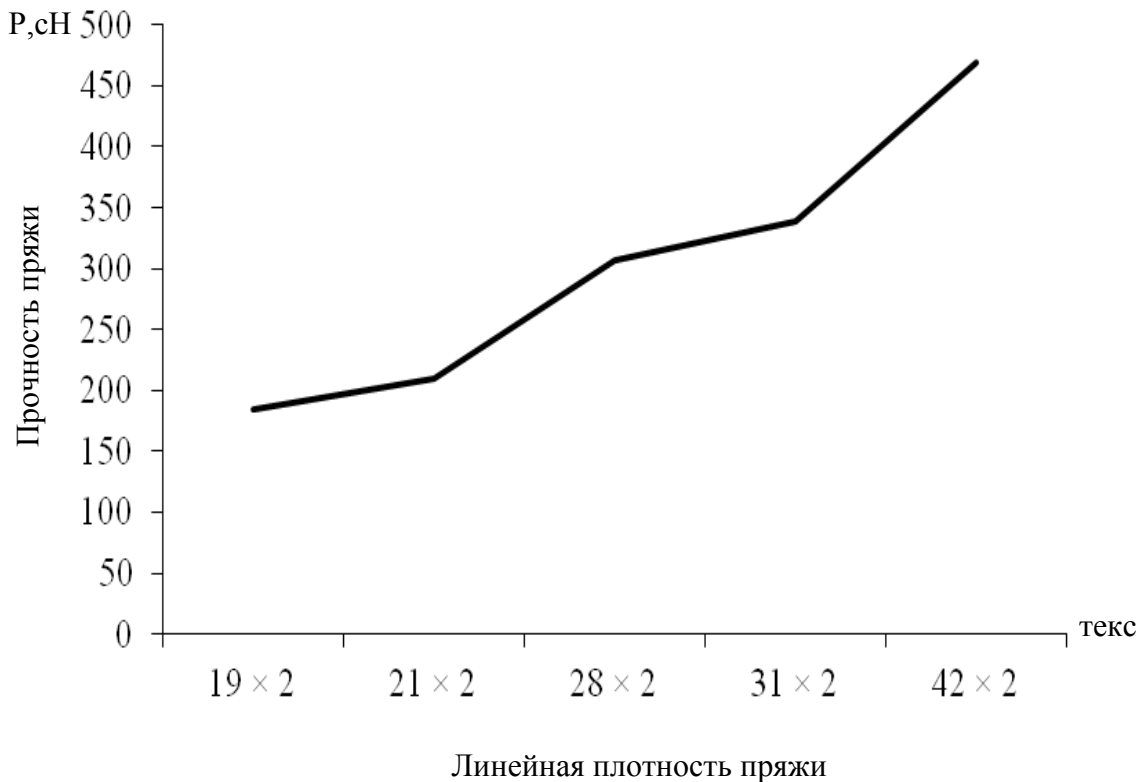


Рисунок 5.3 Зависимость изменения теоретической прочности камвольной скрученной пряжи чистошерстяных смесей от линейной плотности пряжи

На рисунке 5.4 показана зависимость изменения теоретической прочности одиночной пряжи полушерстяных смесей групп: 1.3-К (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост. - 50% и нитроновое волокно – 50%); 2.3-К (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост. - 50% и нитроновое волокно – 50%); 3.3-К (шерсть мериносовая 50^к I дл. сорн. сост. - 50% и нитроновое волокно – 50%) от увеличения линейной плотности камвольной полушерстяной пряжи 19 текс, 21 текс, 28 текс, 31 текс, 42 текс которая показывает, что происходит увеличение прочности пряжи на 62,7 % со 105,3 сН до 228,3 сН. При увеличении линейной плотности исследуемой пряжи

с 19 текс до 21 текс происходит увеличение прочности пряжи со 105,3 сН до 121,7 сН, что составляет 13,5 %; при изменении линейной плотности с 21 текс на 28 текс происходит увеличение прочности пряжи со 121,7 сН до 162,4 сН, что составляет 25,1%; при изменении линейной плотности с 28 до 31 текс происходит увеличение прочности пряжи со 162,4 сН до 261,2 сН, что составляет 37,8 %; при изменении линейной плотности с 31 до 42 текс происходит увеличение прочности пряжи с 261,2 сН до 282,3 сН, что составляет 7,5 %.

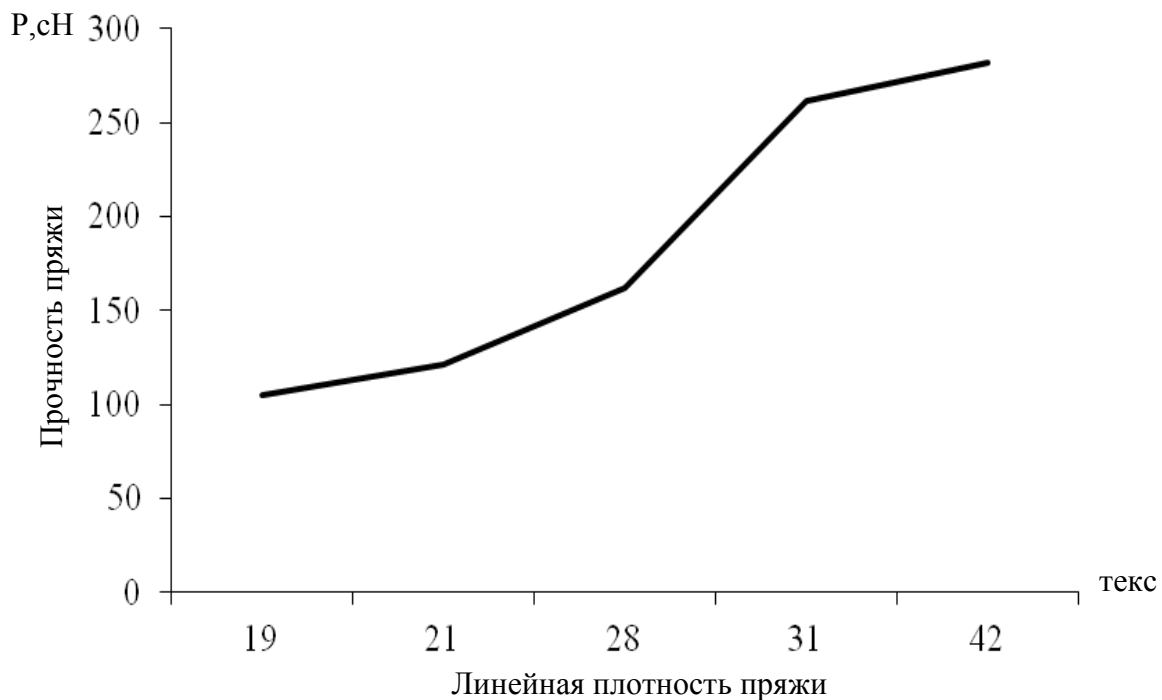


Рисунок 5.4 Зависимость изменения теоретической прочности камвольной одиночной пряжи полушерстяных смесей от линейной плотности пряжи

На рисунке 5.5 показано изменение теоретической прочности скрученной полушерстяной камвольной пряжи для смесей групп 1.3-К, 2.3-К, 3.3-К от увеличения линейной плотности скрученной камвольной пряжи 19 текс×2, 21 текс×2, 28 текс×2, 31 текс×2, 42 текс×2. При увеличении линейной плотности скрученной полушерстяной камвольной пряжи с 19 текс×2 до 21 текс×2 теоретическая прочность данной пряжи увеличивается с 201,8 сН до 231,5 сН, что составляет 12,9 %; при увеличении линейной плотности скрученной полушерстяной камвольной пряжи с 21 текс×2 до 28 текс×2 теоретическая прочность данной пряжи увеличивается с 231,5 сН до 314,5 сН, что составляет 26,4%; при увеличении линейной

плотности скрученной полушерстяной камвольной пряжи с 28 текс×2 до 31 текс×2 теоретическая прочность данной пряжи увеличивается с 314,5 сН до 495,7 сН, что составляет 36,6 %; при увеличении линейной плотности скрученной полушерстяной камвольной пряжи с 31 текс×2 до 42 текс×2 теоретическая прочность данной пряжи увеличивается с 495,7 сН до 535,7 сН, что составляет 7,5%. При увеличении линейной плотности с 19 текс×2 до 42 текс×2 теоретическая прочность скрученной камвольной пряжи увеличивается с 201,8 сН до 535,7 сН, что составляет 62,3 %.

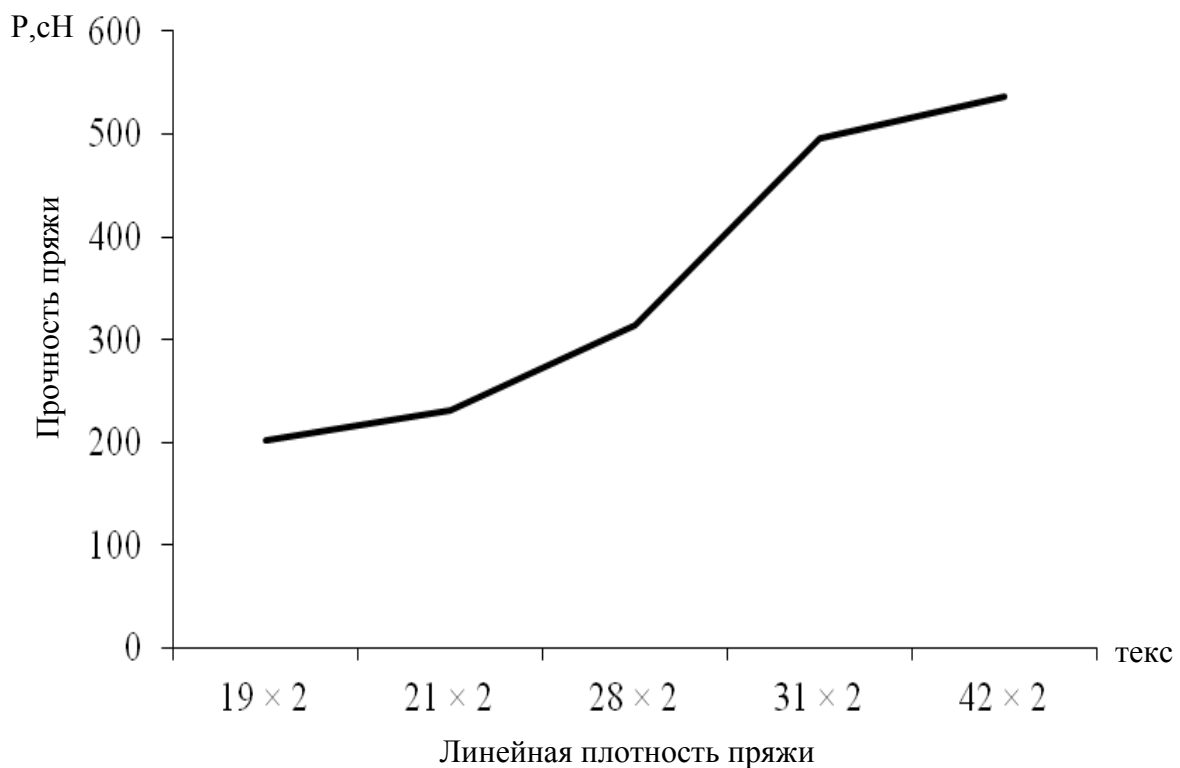


Рисунок 5.5 Зависимость изменения теоретической прочности камвольной скрученной пряжи полушерстяных смесей от линейной плотности пряжи

Для анализа изменения теоретической прочности одиночной пряжи от вложения химических волокон построена зависимость изменения теоретической прочности одиночной чистошерстяной и полушерстяной камвольной пряжи от увеличения линейной плотности (рисунок 5.6). Показано, что при вложении в состав смеси химических волокон (полиакрилонитрильное волокно – 50 %) увеличивается прочность одиночной камвольной пряжи до 30 %. Для 19 текс теорети-

ческая прочность пряжи, при вложении полиакрилонитрильного волокна, увеличилась с 96,3 сН до 105,3 сН, что составляет 8,5%; для 21 текс теоретическая прочность пряжи, при вложении полиакрилонитрильного волокна, увеличилась со 108,2 сН до 121,7 сН, что составляет 11,1%; для 28 текс теоретическая прочность пряжи, при вложении полиакрилонитрильного волокна, увеличилась со 157,6 сН до 162,4 сН, что составляет 3%; для 31 текс теоретическая прочность пряжи, при вложении полиакрилонитрильного волокна, увеличилась со 173,6 сН до 261,2 сН, что составляет 33,5%; для 42 текс теоретическая прочность пряжи, при вложении полиакрилонитрильного волокна, увеличилась с 248,7 сН до 282,3 сН, что составляет 11,9%.

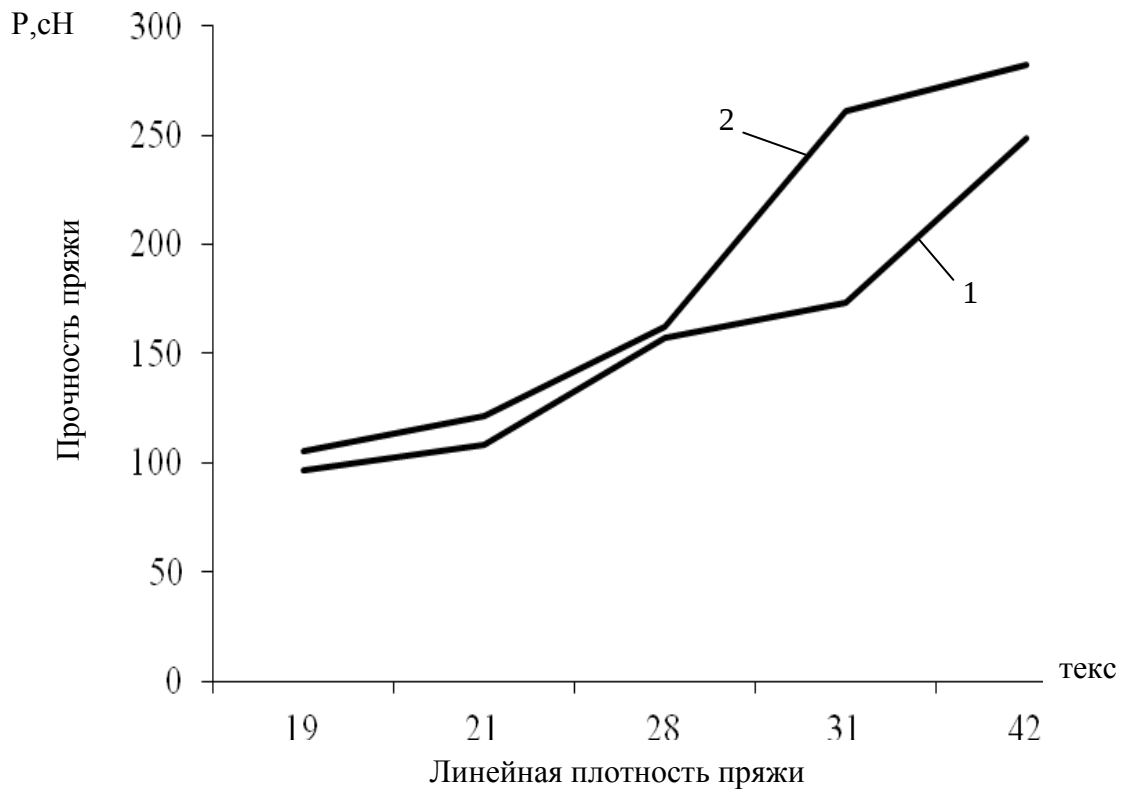


Рисунок 5.6 Зависимость изменения теоретической прочности камвольной одиночной пряжи чистшерстяных (вариант 1) и полушерстяных смесей (вариант 2) от линейной плотности пряжи

Для сравнения изменения зависимости теоретической прочности скрученной чистшерстяной и полушерстяной камвольной пряжи от линейной плотности пряжи построены зависимости, представленные на рисунке 5.7. Показано, что при

вложении в состав смеси химических волокон, происходит увеличение прочности скрученной камвольной пряжи на 31,7 %. Для 19 текс×2 теоретическая прочность пряжи, при вложении полиакрилонитрильного волокна, увеличилась со 184,7 сН до 201,8 сН, что составляет 8,5%; для 21 текс×2 теоретическая прочность пряжи, при вложении полиакрилонитрильного волокна, увеличилась с 210,2 сН до 231,6 сН, что составляет 9,2 %; для 28 текс×2 теоретическая прочность пряжи, при вложении полиакрилонитрильного волокна, увеличилась с 306,3 сН до 314,5 сН, что составляет 2,6%; для 31 текс×2 теоретическая прочность пряжи, при вложении полиакрилонитрильного волокна, увеличилась с 338,5 сН до 495,7 сН, что составляет 31,7%; для 42 текс×2 теоретическая прочность пряжи, при вложении полиакрилонитрильного волокна, увеличилась с 469,7 сН до 535,7 сН, что составляет 12,3%.

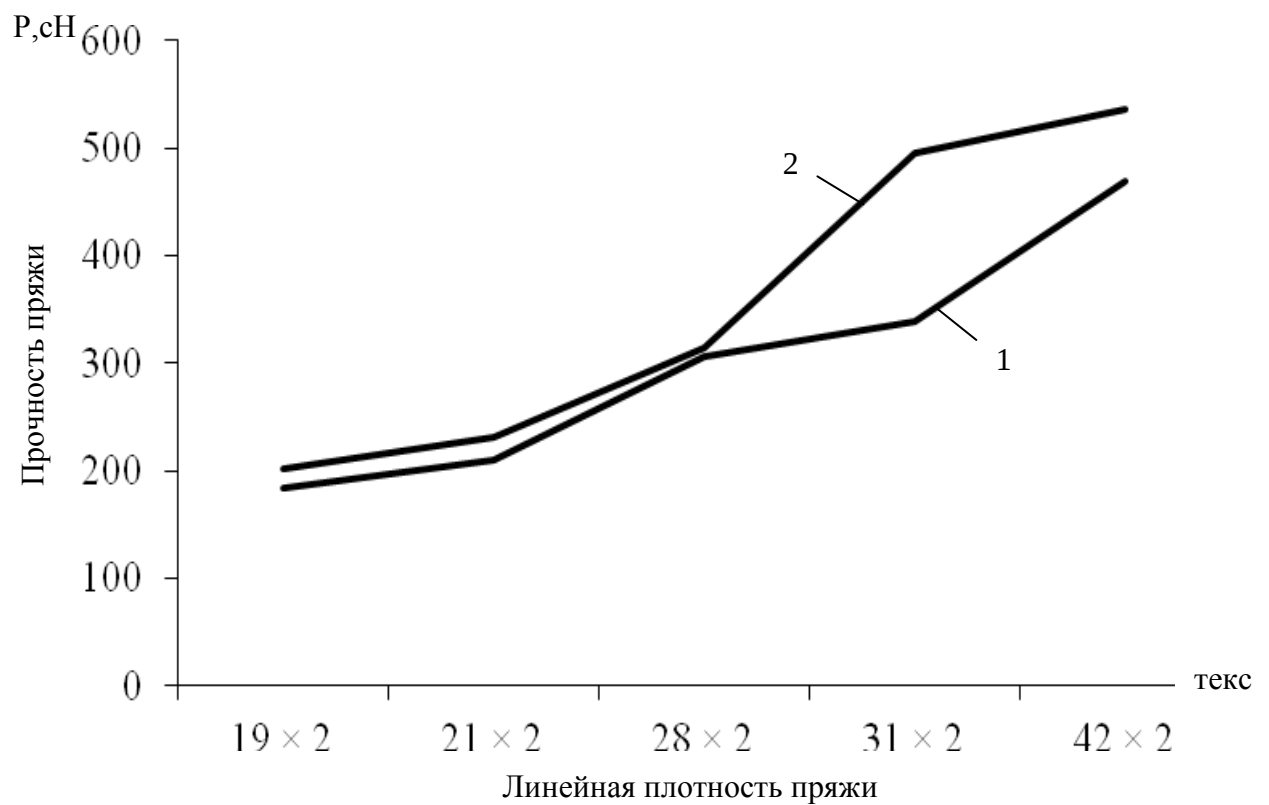


Рисунок 5.7 Зависимость изменения теоретической прочности камвольной скрученной пряжи чистшерстяных (вариант 1) и полушерстяных смесей (вариант 2) от линейной плотности пряжи

Для сравнения теоретической прочности одиночной и скрученной камвольной пряжи, выбранных составов смеси, были построены зависимости, представленные на рисунках 5.8 и 5.9.

На рисунке 5.8 показана зависимость изменения теоретической прочности одиночной и скрученной камвольной чистошерстяной пряжи групп: 1-К (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост.); 2-К (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост.); 3-К (шерсть мериносовая 50^к I дл. сорн. сост.). При увеличении линейной плотности камвольной чистошерстяной пряжи 19 текс, 21 текс, 28 текс, 31 текс, 42 текс и 19 текс×2, 21 текс×2, 28 текс×2, 31 текс×2, 42 текс×2 происходит увеличение прочности пряжи. Для 19 текс×2 теоретическая прочность пряжи, увеличилась с 96,3 сН до 184,7 сН, что составляет 47,9%; для 21 текс×2 теоретическая прочность пряжи увеличилась со 108,2 сН до 210,2 сН, что составляет 48,5 %; для 28 текс×2 теоретическая прочность пряжи увеличилась со 157,6 сН до 306,3 сН, что составляет 48,6%; для 31 текс×2 теоретическая прочность пряжи увеличилась со 173,6 сН до 338,5 сН, что составляет 48,7%; для 42 текс×2 теоретическая прочность пряжи увеличилась с 248,7 сН до 469,7 сН, что составляет 47,1%. Для чистошерстяных смесей увеличение теоретической прочности скрученной пряжи составило 47 %- 50 %.

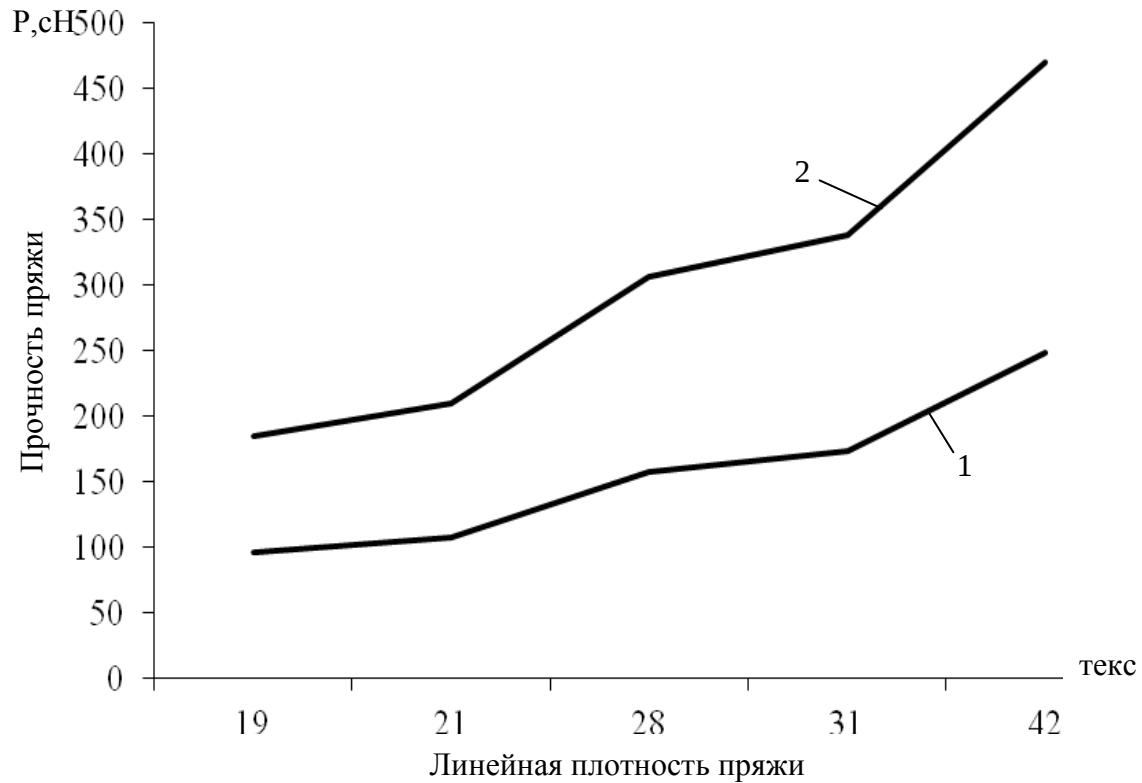


Рисунок 5.8 Зависимость изменения теоретической прочности камвольной чистощерстяной одиночной (вариант 1) и скрученной (вариант 2) пряжи от линейной плотности

На рисунке 5.9 показана зависимость изменения теоретической прочности одиночной и скрученной камвольной полушерстяной пряжи групп: 1.3-К (шерсть мериносовая 64^к I дл. сорн. сост. - 50% и нитроновое волокно – 50%); 2.3-К (шерсть мериносовая 60^к I дл. сорн. сост. - 50% и нитроновое волокно – 50%); 3.3-К (шерсть мериносовая 50^к I дл. сорн. сост. - 50% и нитроновое волокно – 50%). При увеличении линейной плотности камвольной чисто шерстяной пряжи 19 текс, 21 текс, 28 текс, 31 текс, 42 текс и 19 текс×2, 21 текс×2, 28 текс×2, 31 текс×2, 42 текс×2 происходит увеличение прочности пряжи. Для 19 текс×2 теоретическая прочность пряжи увеличилась со 105,3 сН до 201,8 сН, что составляет 47,8%; для 21 текс×2 теоретическая прочность пряжи увеличилась со 121,7 сН до 231,6 сН, что составляет 47,5 %; для 28 текс×2 теоретическая прочность пряжи увеличилась со 162,4 сН до 314,5 сН, что составляет 48,4%; для 31 текс×2 теоретическая прочность пряжи увеличилась с 261,2 сН до 495,7 сН, что составляет 47,3%; для 42 текс×2 теоретическая прочность пряжи увеличилась с 282,3 сН до 535,7 сН,

что составляет 47,3%. Для полушерстяных смесей увеличение теоретической прочности составило 47,5 % - 48,7 %.

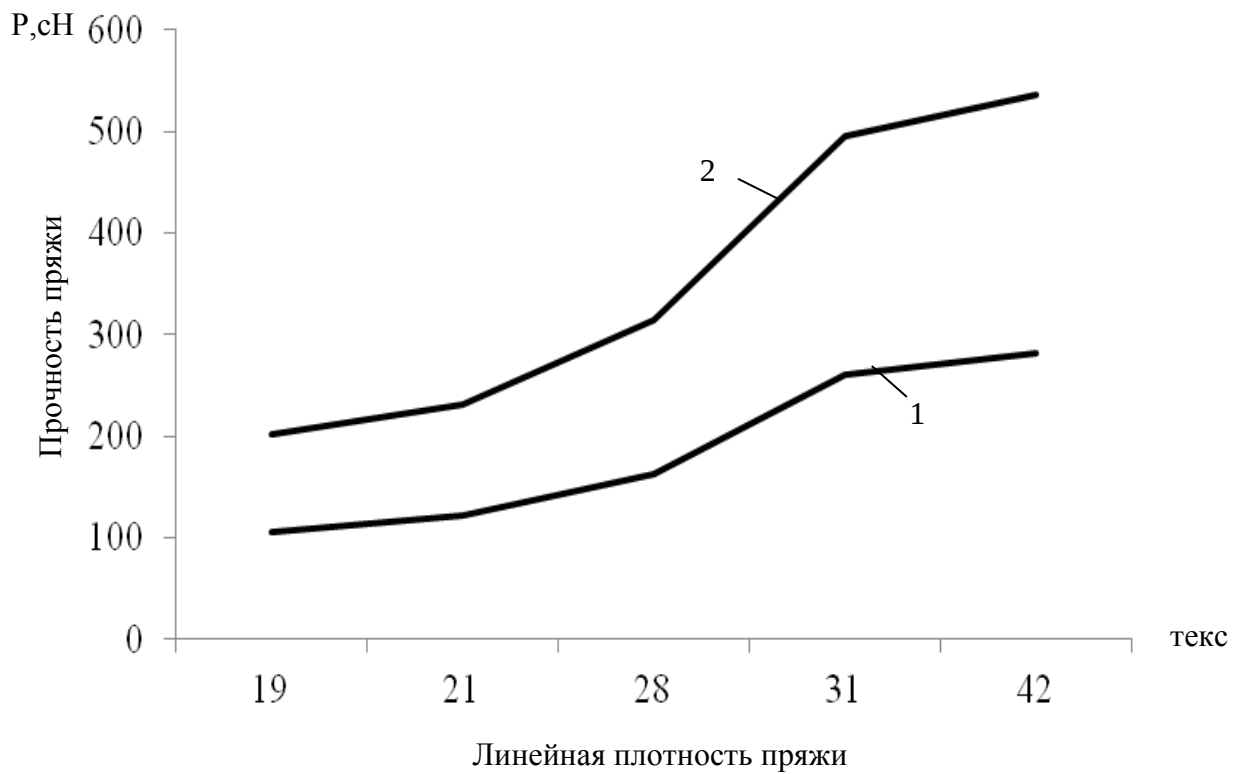


Рисунок 5.9 Зависимость изменения теоретической прочности камвольной одиночной (вариант 1) и скрученной (вариант 2) пряжи от линейной плотности с вложением химических волокон

ВЫВОДЫ ПО ПЯТОЙ ГЛАВЕ

1. Впервые с использованием аналитического метода проектирования прочностных свойств пряжи проведено проектирование прочности одиночной и скрученной пряжи для основных групп классификации камвольных смесей в соответствии с ГОСТ 30702-2000: 1-К, 1.3-К, 2-К, 2.3-К, 3-К, 3.3-К для линейных плотностей пряжи 19 текс, 21 текс, 28 текс, 31 текс, 42 текс.
2. 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 полушерстяных 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 чисто шерстяных смесей 0,621 – 0,801, для полушерстяных смесей 0,621 – 0,833;
 - теоретические коэффициенты скольжения для одиночной камвольной пряжи: для чистошерстяных смесей 0,975 – 0,977; для полушерстяных смесей 0,967 – 0,98.
3. 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 чистошерстяных

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 напряжения кручений, 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
3. Для проектирования прочности скрученной камвольной пряжи различного сырьевого состава разработан и принят аналитический метод проектирования с учетом геометрических и силовых параметров.
4. Определены геометрические и силовые параметры, обеспечивающие равновесность скрученной в два сложения пряжи.
5. 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.
6. 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.
7. Дан теоретический расчет скрученной камвольной пряжи различного сырьевого состава с учетом контактной нагрузки скрученных нитей.
8. Для определения жесткости одиночной камвольной пряжи 31 текс различных сырьевых составов (чистошерстяной, полушерстяной и чисто химической) применен 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.

9. Проведен теоретический расчет контактной нагрузки скрученной камвольной пряжи 31текс×2 различных сырьевых составов при использовании жесткости одиночной пряжи, полученной с использованием крутильного динамометра.
10. 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.
11. При отсутствии внешнего нагружения рассчитана контактная нагрузка, которая для чистошерстяной камвольной пряжи составила 15,057 сН/мм, полушерстяной камвольной пряжи – 22,644 сН/мм и чисто химической камвольной пряжи – 40,929 сН/мм.
12. 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. (M21I мз) 100%; вариант 2 полушерстяная пряжа-шерсть мериносовая 64^к, I дл., сорн. (M21I мз) 50% и полиакрилонитрильные волокна 50%; вариант 3 чисто химическая пряжа-полиакрилонитрильные волокна 100%, которые предусматривают двухкратное гребнечесание.
13. Для теоретических расчетов прочности скрученной пряжи разработаны и внедрены в практику две программы для ЭВМ, зарегистрированные в госреестре РФ № 2012617967 от 3 сентября 2012 и № 2013610687 от 9 января 2013 года.
14. Впервые проведены теоретические расчеты с использованием аналитического метода проектирования одиночной камвольной пряжи 31 текса трех основных вариантов смесей, применяемых в шерстопрядении и определены: минимальная линейная плотность пряжи; жесткость каждого компонента; параметры распределения Вейбулла; теоретический коэффициент реализации средней прочности волокон в пряже; длина участка скольжения; коэффициент скольжения.

15. Проведены исследования градиентов неровноты с использованием прибора КЛА-2 для одиночной чистошерстяной камвольной пряжи 31 текс, одиночной полушерстяной камвольной пряжи 31 текс; одиночной химической пряжи 31 текс и для скрученной камвольной 31 текс $\times 2$.
16. Определены значения изменения длины волокон в технологическом процессе с использованием прибора «Алметр AL-100» для трех составов камвольной пряжи 31 текс $\times 2$, которые позволили определить прочностные свойства волокон в зависимости от длины.
17. Впервые с использованием аналитического метода проектирования прочностных свойств пряжи проведено проектирование прочности одиночной и скрученной пряжи для основных групп классификации камвольных смесей в соответствии с ГОСТ 30702-2000: 1-К, 1.3-К, 2-К, 2.3-К, 3-К, 3.3-К для линейных плотностей пряжи 19 текс, 21 текс, 28 текс, 31 текс, 42 текс.
18. 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 полушерстяных 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 полушерстяных смесей 0,621 – 0,833;
 - теоретические коэффициенты скольжения для одиночной камвольной пряжи: для чистошерстяных смесей 0,975 – 0,977; для полушерстяных смесей 0,967 – 0,98.

19. 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.
20. 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Севостьянов А.Г. и другие Механическая технология текстильных материалов: Учебник для вузов – М.: Легпромбытиздат, 1989 г. – 512 с.
2. Зарецкас С. – Г. С. Механические свойства нитей при кручении. – М.: Легкая индустрия, 1979. – 184с., ил.
3. Morton W. E., Hearle J. W. S. Physical Properties of Textile Fibres. The Textile Institute. Butterworth-Manchester-London, 1956.
4. Die Prufung der Textilien (herausgegeben von H. Sommer und F. Winkler). Springer-Verlag, Berlin-Gottingen-Heidelberg, 1956.
5. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение. М., «Легкая индустрия», 1964. 374 с.
6. Chapman B. M. An Apparatus for Measuring Bending and Torsional Stress – Strain – Time Relations of Single Fibers. - «Text. Res. J.», vol. 41 (1971), N 8, p. 705-707.
7. Кляшторин Б., Павло И. К определению жесткости искусственного шелка. - «Трикотажная промышленность», 1931, № 4, С. 44-49.
8. Рыбакова Б. М., Нечаев А. Ф. Прибор для определении жесткости пряжи. - «Текстильная промышленность», 1957, № 4, С. 41-43.
9. Немченко Е. А., Филинковская Е. Ф. Оценка влияния авиважных веществ на жесткость нити по величине модуля сдвига. - «Химические волокна», 1959, № 2, С. 62-63.
10. Немченко Е. А. Определение модуля сдвига нити. - «Прядение», 1963, № 10, С. 15-18.
11. Лувишис Л. А., Лазуков Н. С. Лабораторный метод определения жесткости шерстяных волокон. - «Текстильная промышленность», 1961, № 5, с. 75-77.
12. Karrholm N., Nordhammer G., Friberg. O. Penetration of Alkaline Solutions into Wool Fibres Determined by Changes' in the Rigidity Modulus. – «Text. Res. J.», vol. 25 (1955), N 11, p. 922-929.
13. Peirce F. T. The Rigidity of Cotton Hairs. - «J. Text. Inst.», vol. 14 (1923), N 1, p. 1-11.

14. Guthrie I. C., Morton D. M., Oliver P. H. An Investigation into Bending and Torsional Regidities of Some Fibres. - «J. Text. Inst», vol. 45 (1954), N 12, p. 912.
15. Meredith R. The Mechanical Properties of Textile Fiberes. North – Holland Publishing Co., Amsterdam, 1956, 325 p.
16. Owen I. D. The Application of Searle's Single and Double Pendulum Methods to Single Fibre Rigidity Measurement. – «J. Text. Inst.», vol. 56 (1965), N 6, т. 329 and N 7, p. 389-406.
17. Speakman I.B. The Rigidity of Wool and its Change with Absorbtion of Water Vapour. – «Trans. Farad. Soc», vol. 25 (1929), 92-103.
18. Auerbach R. Beitrage zur Mechanik der Gallerten. Die elastischen Eigenschaften einiger Textilefasern. – «Koll. Z.», Bd. 32 (1923), H. 6, S. 369 – 373.
19. Nordon P. Some Torsion Properties of Wool Fibers, - «Text. Res. I.», vol. 32 (1962), N 7, p. 560-567.
20. Ф.А. Афончиков Влияние крутки на продольный и поперечный размеры однониточной х/б пряжи: дисс. ...канд. техн. наук. – Иваново: Ивановский текстильный институт, 1940. – раз. нач.: табл.
21. H. J. Woods Journal of the Textile Institute, Proc., 1964, 55, 2, № 9, 13.
22. В. А. Усенко Производство крученых и текстурированных химических нитей (теория процессов, технология кручения и текстурирования химических нитей, оборудование). – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 352с.
23. Ворошилов В. А. Основные параметры пряжи и нити // Текстильная промышленность, 1946, № 9.
24. Матуконис А. В. «Технология текстильной промышленности», 1963, № 1 (32), стр. 15
25. Матуконис А. В. «Строение и механические свойства неоднородных нитей», - «Легкая индустрия», 1971г.- 192с.
26. Матуконис А. В. «Производство, свойства и применение неоднородных нитей», – М.: Легпромбытиздат, 1987.- 136с.
27. Соколов Г.В. Кручение корд и производство кордных тканей из химических волокон, изд-во «Легкая индустрия», 1965.

- 28.L. R. G. Treloar. Journal of the Textile Institute, Proc., 1964, 55, 2, № 9, 13.
- 29.Riding G. Journal of the Textile Institute, Trans. 50, 1959, №7, 425
- 30.Riding G. Journal of the Textile Institute, Trans., 1961, 35, № 8, 366.
- 31.Tattersall G. N. Journal of the Textile Institute, Trans., 1958, 49, № 6, 295.
- 32.Stansfield G. J. British Journal of Applied Physics, 1958, V. 9, № 4, 133.
- 33.В. А. Усенко, Н. В. Шахова «Технология текстильной промышленности», 1967, №2 стр. 23
- 34.Корицкий К.И. Основы проектирования свойств пряжи. – М.: Гизлегпром, 1963. – 246 с.
- 35.Корицкий К.И. Научно-исследовательские труды ЦНИИХБИ, ЦИНТИ легкой промышленности, 105, 1960.
- 36.Корицкий К.И. «Технология текстильной промышленности», 1962, № 1, стр. 42.
- 37.Platt M. Textile Research Journal, 1950, 20, № 1, 1.
- 38.Hearle J.W.S., El-Behery H. M. A. E., Thakur V. M. Journal of the Textile Institute, Trans. 50, 1959, №1, 83.
- 39.Соколов Г.В. Кручение корда и производство кордных тканей из химических волокон, изд-во «Легкая индустрия», 1965
- 40.Platt M. Textile Research Journal, 1950, 20, № 10, 663.
- 41.Zurek W. Textile Research Journal, 1961, 31, N 6, 504.
- 42.Kilby W. F. Journal of the Textile Institute, Trans., 55, 1964, N 12, 589.
- 43.Соловьев А.Н. Проектирование свойств пряжи в хлопкопрядильном производстве: дисс. ...докт. техн. наук. – М., МТИ, 1951. – 228 с.
- 44.Зотиков В.Е., Будников И.В., Трыков П.П. Основы прядения волокнистых материалов. – М.: Гизлегпром, 1959. – 507 с.
- 45.Разумеев К.Э. Проектирование свойств чистошерстяной камвольной пряжи с целью повышения ее качества и снижения обрывности в прядении: дисс. ...канд. техн. наук. – М., МТИ, 1984. – 302 с.

46. Разумеев К.Э. Проектирование шерстяной гребенной ленты и пряжи на основе инструментального определения свойств невыттой шерсти: дисс. ...докт. техн. наук. – М., МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2003. – 315 с.
47. Разумеев К.Э., Рашкован И.Г. Классификация смесей суконного и гребенного производства шерстяной пряжи, уточненная и гармонизированная с новой классификацией отечественной овечьей шерсти по ГОСТ 30702-2000 // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2002. – №4. – С. 6-15.
48. Разумеев К.Э. Измерение длины, прочности и положения точки разрыва штапеля невыттой шерсти // Овцы, козы, шерстяное дело. – 1998. – №4. – С. 30-32.
49. Разумеев К.Э. Современные методы определения основных характеристик шерсти // Овцы, козы, шерстяное дело. – 2003. – №1. – С. 37-38.
50. Разумеев К.Э. Методика прогнозирования тонких мест в шерстяной пряже // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999. – №2 (248). – С. 38-41.
51. Разумеев К.Э. О прогнозировании обрывности в шерстопрядении // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999. – №2 (248). – С. 125-128.
52. Разумеев К.Э. Оценка обрывности в шерстопрядении средствами теории выбросов случайных функций // Текстильная промышленность. – 1999. – №7-8. – С. 25-29.
53. Разумеев К.Э. Исследование теории выбросов случайных функций при оценке обрывности в шерстопрядении // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999. – №3(249). – С.128-131.
54. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Основы теории деформирования и прочности текстильных материалов. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2008. – 268 с.
55. 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.- 166-171

- 56.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.- с. 156-161
- 57.Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Аналитические методы проектирования нити и пряжи. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2007. – 73 с.
- 58.Скуланова Н.С., Попова Е.Р.Теоретические расчеты прочности и методика определения жесткости скрученной пряжи при кручении // Химические волокна 2013, № 2 – С.41 – 44.
- 59.Н.С. Скуланова, Е.Р. Попова, А.О. Артиков. Проектирование прочности камвольной пряжи с вложением полиакрилонитрильных волокон // Известия вузов. Технология текстильной промышленности № 1. 2013г.- с. 51-54
- 60.Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1986. – 512 с.
- 61.Зарецкас Г.С. Прибор SD-4 для определения характеристик текстильных нитей // Известия Вузов. Технология текстильной промышленности», № 2, 1965.
- 62.ГОСТ 30702-2000 «Шерсть. Торгово-сельскохозяйственная промышленная классификация». – Минск: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – С.16.
- 63.Справочник по шерстопрядению. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – С. 488.
- 64.Протасова В.А., Панин П.М., Хутарев Д.Д. Шерстопрядильное оборудование. – М.: Легкая индустрия, 1980. – 576 с.
- 65.В.А. Протасова, Б.Е. Бельшев, А.Ф. Капитанов Прядение шерсти и химических волокон (приготовление гребенной ленты, ровницы и пряжи) М.: Легпромиздат, 1988. – 334 с.
- 66.Протасова В.А., Бельшев Б.Е., Капитанов А.Ф. Прядение шерсти и химических волокон. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 331 с.
- 67.Скуланова Н.С., Колесников Ю.П., Попова Е.Р. Теоретический расчет прочности аппаратной пряжи с оптимальным вложением в смеси полиамидных волокон // Химические волокна, № 2, 2011г. – С .23.

68. Скуланова Н.С., Колесников Ю.П., Попова Е.Р. Проектирование прочностных свойств аппаратной пряжи с использованием гребенного топса // Известия вузов. Технология текстильной промышленности № 4. 2011г. – С.46.
69. Скуланова Н.С., Колесников Ю.П., Попова Е.Р. Проектирование прочностных свойств аппаратной пряжи с использованием полиакрилонитрильных волокон // Химические волокна», № 2, 2011г. – С.26.
70. 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.
71. N. S. Skulanova, Yu. P. Kolesnikov, E. R. Popova. Theoretical calculation of machine yarn strength with optimal polyamide fiber insertion into the mixture // Fiber chemistry, Vol.43, № 2, September, 2011 Pages 146-149.
72. N. S. Skulanova, Yu. P. Kolesnikov, E. R. Popova. Designing the strength properties of yarn using polyacrylonitrile fibers // Fiber chemistry, Vol.43, № 2, September, 2011 Pages 150-153.
73. К.Э. Разумеев, Н.С. Скуланова, В.А. Родионов, Е.Р. Попова, С.Б. Оренбах Проектирование прочности аппаратной пряжи аналитическим методом. Сборник ОАО НПК «ЦНИИШерсть» 2011г. с. 24-30
74. К.Э. Разумеев, Н.С. Скуланова, В.А. Родионов, Е.Р. Попова, С.Б. Оренбах Оптимизация параметров кардочесания при получении аппаратной пряжи из смесей нетрадиционных видов волокон пряжи аналитическим методом. Сборник ОАО НПК «ЦНИИШерсть» 2011г. с. 24-30
75. Скуланова Н.С. Проектирование технологии и сформированной из нетрадиционных видов сырья аппаратной шерстяной пряжи: дисс. ...докт. техн. наук. – М., МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2008. – 306 с.
76. Колесников Ю.П. Разработка технологии получения аппаратно пряжи с использованием гребенного топса : дисс. ...кан. техн. наук. – М., МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2011. – 186 с.

77. В.П. Щербаков, О.В. Кашеев Проектирование шерстяной пряжи малых линейных плотностей для ткани SUPER 100 // Известия вузов. Технология текстильной промышленности № 1. 2012г. – с.149-155.
78. Н.С. Скуланова, Ю.П. Колесников, Е.Р. Попова Проектирование прочности аппаратной пряжи из смесей новой квалификации // ВЕСТНИК МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕКСТИЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА: Тематический сборник научных трудов «Инновационные технологии и материалы - М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина», 2012.-С.15
79. В.Е. Гусев «Сырье для шерстяных и нетканых изделий и первичная обработка шерсти». Учебное пособие для студентов ВУЗов текстильной промышленности. М., «Легкая индустрия», 1977, 408 с.

Авторы: д.т.н., проф. Щербаков В.П., д.т.н., проф. Скуланова Н.С., к.т.н, доц. Дмитриев О.Ю., инж. Попова Е.Р.

Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный текстильный университет имени А.Н.Косыгина»

Программа: «Расчет прочности скрученной пряжи»

Аннотация: При разработке программы использована теория деформирования и прочности текстильных материалов. Через графический интерфейс вводятся следующие исходные данные: линейная плотность, заправочная крутка и прочность одиночной пряжи, число волокон в сечении исходной пряжи и коэффициент их относительного содержания, средний диаметр волокон, модуль сдвига исходной пряжи, вторичная крутка и число сложений скрученной пряжи. Программа выводит графические модели исходной и скрученной пряжи, а также при несоответствии данных друг другу – предупреждающее сообщение, эти данные можно изменить и повторно произвести расчет прочности скрученной пряжи, значение которой выводится в соответствующем окне.

Тип ЭВМ: Pentium 700 МГц и выше, оперативная память 512 мегабайт и более.

Язык: MATLAB (версии 6 и выше)

ОС: Windows XP/Vista/7

Объем программы: 380 Кбайт исходного текста при условии установленной системы MATLAB.

Авторы: д.т.н., проф. Щербаков В.П., д.т.н., проф. Скуланова Н.С., к.т.н, доц. Дмитриев О.Ю., инж. Попова Е.Р.

Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный текстильный университет имени А.Н.Косыгина»

Программа: «Расчет оптимальной крутки скрученной пряжи»

Аннотация: При разработке программы использована теория деформирования и прочности текстильных материалов. Необходимо ввести следующие исходные данные: линейную плотность, заправочную крутку и прочность одиночной пряжи, модуль сдвига исходной пряжи. Программа выводит на экран графики зависимости прочности скрученной пряжи от угла подъема витков компонентов при различном числе сложений (2, 3 и 4), а также результаты поиска оптимальной заправочной крутки.

Тип ЭВМ: Pentium 700 МГц и выше, оперативная память 512 мегабайт и более.

Язык: MATHCAD (версии 14)

ОС: Windows XP/Vista/7

Объем программы: 270 Кбайт исходного текста при условии установленной системы MATHCAD.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2012617967

«Расчет прочности скрученной пряжи»

Правообладатель(ли): **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный текстильный университет имени А.Н.Косыгина» (RU)**

Автор(ы): **Щербаков Виктор Петрович,
Скуланова Нина Сергеевна, Дмитриев Олег Юрьевич,
Попова Евгения Романовна (RU)**

Заявка № 2012615532

Дата поступления 5 июля 2012 г.

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ
3 сентября 2012 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2013610687

«Расчет оптимальной крутки скрученной пряжи»

Правообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный текстильный университет имени А.Н.Косыгина» (RU)*

Автор(ы): *Щербаков Виктор Петрович,
Скуланова Нина Сергеевна, Дмитриев Олег Юрьевич,
Попова Евгения Романовна (RU)*

Заявка № 2012660117

Дата поступления 22 ноября 2012 г.

Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ
9 января 2013 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



Акт

о внедрении результатов научно-исследовательской работы «Разработка теории и расчет прочности скрученной камвольной пряжи»

В 2013 году в условиях ЗАО «Текстильная фирма «Купавна»» внедрена научно-исследовательская работа «Разработка теории и расчет прочности скрученной камвольной пряжи» (научный руководитель проф. Н.С. Скуланова, исполнитель аспирант Е.Р. Попова).

Результаты научно-исследовательской работы по применению скрученной камвольной пряжи использованы при выработке фасонной пряжи для буклированных пальтовых тканей «Жасмин», «Элегия», «Джулия».

Исполнительный директор

ЗАО «Текстильная фирма «Купавна»»



Ковбасенко В.О.