

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина
(Технологии. Дизайн. Искусство)»

ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»

На правах рукописи

Каракова Ольга Анатольевна



**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ,
ТЕХНОЛОГИИ И СВОЙСТВ ПАРАШЮТНЫХ
ТКАНЕЙ**

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
Николаев Сергей Дмитриевич

Москва – 2018 г

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	9
1.1. Ткань, как основной элемент парашютных систем и предъявляемые к ней требования.....	9
1.2. Анализ структуры полиамидных нитей.....	15
1.3. Анализ работ, посвященных деформированию нитей в ткани....	22
Выводы по главе.....	27
ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПАРАШЮТНЫХ ТКАНЕЙ И ОЦЕНКА ИХ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ.....	29
2.1. Расчет геометрических параметров парашютных тканей.....	30
2.2. Оптимизация структуры парашютной ткани малой линейной плотности.....	49
2.3. Исследование уработки нитей в парашютной ткани	56
Выводы по главе.....	67
ГЛАВА 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ТКАНИ.....	69
3.1. Описание метода расчета прочности ткани.....	69
3.2. Влияние порядка фазы строения ткани на ее прочностные показатели.....	74
Выводы по главе.....	80
ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАРАШЮТНЫХ ТКАНЕЙ.....	81
4.1. Анализ пороков парашютной ткани.....	81
4.2. Сравнительный анализ видов брака со станков СТБ-2-220 и DORNIER AWS.....	83
4.3. Оптимизация технологических параметров выработки ткани....	90
4.4. Анализ видов отделки парашютных тканей и её влияние на изменение физико-механических свойств.....	94
Выводы по главе.....	103

ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАРАШЮТНОЙ ТКАНИ.....	104
5.1. Гигроскопические свойства ткани.....	104
5.2. Общая характеристика ткани арт. 56307.....	107
5.3. Общая характеристика ткани арт. 56005.....	113
5.4. Исследования воздухопроницаемости и физико-механических свойств ткани в зависимости от воздействия на ткань влаги и температуры.....	119
Выводы по главе.....	128
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	130
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	131
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	145
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	147
ПРИЛОЖЕНИЕ 3.....	149
ПРИЛОЖЕНИЕ 4.....	163
ПРИЛОЖЕНИЕ 5.....	166
ПРИЛОЖЕНИЕ 6.....	176

ВВЕДЕНИЕ

В марте 2017 года Президент Российской Федерации В.В. Путин провел совещание «О мерах по развитию легкой промышленности в Российской Федерации». Это совещание, безусловно, добавило авторитет легкой промышленности. Решение вопросов, обсуждаемых на совещании, позволит объединить усилия государства и бизнес – сообщества. Сегодня приходится констатировать, что административные методы ведения планового хозяйства, характерные для советского периода развития нашей страны, и рыночные методы, которые используются сейчас, не могут регулировать производство и потребление текстильной продукции. Разрабатываемая в настоящее время Стратегия развития отрасли поможет сформулировать и в дальнейшем решить многие вопросы текстильной и легкой промышленности. Но совершенно очевидно, что без государственной поддержки малых и средних предприятий отрасли, сегодня сложно будет решать многие проблемы. На сегодняшний день порядка 90% работающих в легкой и текстильной промышленности приходится на малые и средние предприятия. Опыт развития легкой промышленности в Китае, Турции, Индии, Узбекистане свидетельствует об этом. Развитие технического текстиля, особенно в условиях санкционной политики Запада сегодня является для отрасли приоритетом [88].

Сегодня производство парашютной техники очень востребовано в России. Проблемами создания и применения текстильных материалов для парашютной техники не занимались серьезно несколько десятков лет. Как известно, парашютные ткани должны выдерживать значительные нагрузки, ткани должны хорошо «укладываться» до необходимых размеров, дизайн тканей должен быть привлекательным. Использование парашютной техники на больших высотах требует постоянного улучшения показателей. Но без исследования существующих структур парашютных тканей невозможно создать новые ткани. Парашютные ткани должны обеспечивать необходимое

качество, надежность и безопасность [53]. Вышесказанное позволяет сделать вывод об актуальности данного научного исследования.

Целью данного научного исследования является разработка методов прогнозирования технологии, структуры и свойств парашютных тканей.

Задачами исследования являются:

- анализ состояния вопроса по технологии, структуре и свойствам парашютных тканей в России;
- анализ требований, предъявляемых к парашютным тканям;
- исследование параметров структуры парашютных тканей;
- анализ влияния порядка фазы строения тканей на параметры структуры тканей;
- расчет уработок нитей в ткани для прогнозирования реального расположения нитей основы и утка друг относительно друга;
- разработка алгоритма расчета уработок нитей в ткани с учетом фактической длины нити в ткани с использованием современных информационных технологий;
- расчет прочностных показателей для прогнозирования свойств парашютных тканей;
- разработка алгоритма расчета прочностных показателей ткани с использованием современных теорий механики нити и современных информационных технологий;
- прогнозирование параметров структуры парашютных тканей при различных фазах ее строения;
- экспериментальное исследование структуры тканей, физико-механических и гигроскопических свойств тканей;
- решение оптимизационных задач по определению рациональных параметров строения парашютных тканей.

Научная новизна работы заключается в:

- получении параметров структуры полиамидных парашютных тканей при различном взаимном расположении основных и уточных нитей на основе геометрического метода;

- получении математических моделей основных параметров структуры парашютных тканей в зависимости от ее порядка фазы строения, полученных в среде MathCad;

- разработке алгоритма определения уработок нитей основы и утка при использовании математических сплайнов путем их построения (многочленов специального вида);

- получении прочностной модели парашютной ткани с учетом свойств используемых нитей, параметров заправки и структуры тканей, порядка фазы строения тканей;

- исследовании влияния порядка фазы строения ткани на ее прочностные показатели на аналитическом уровне, что позволяет прогнозировать в дальнейшем свойства парашютных тканей.

Практическая значимость исследования заключается в:

- расчете параметров структуры парашютных тканей при различном порядке фазы их строения применительно к ЗАО «Передовая текстильщица», что позволяет прогнозировать ее строение;

- оптимизации структуры парашютной ткани из полиамидных нитей малой линейной плотности с учетом порядка фазы строения ткани, которая обеспечивает заданные поверхностную плотность ткани и ее поверхностное заполнение;

- разработке программного обеспечения для расчета уработок нитей в ткани в среде MathCad;

- разработке алгоритма расчета прочностных показателей парашютной ткани в среде MathCad;

- анализе пороков парашютной ткани, получена статистика причин брака ткани на ЗАО «Передовая текстильщица», что позволяет в дальнейшем

прогнозировать условия формирования тканей и стабилизировать технологический процесс;

- проведении оптимизации технологического процесса изготовления парашютных тканей для обеспечения необходимой обрывности нитей на ткацком станке и допустимых значений брака в ткани;

- анализе видов отделки парашютной ткани и ее влиянии на изменение физико-механических свойств;

- анализе режимов отделки парашютных тканей на ЗАО «Передовая текстильщица»;

- исследовании гигроскопических и прочностных свойств парашютных тканей при воздействии на ткань влаги и температуры, позволяющие прогнозировать эксплуатационные характеристики парашютных тканей.

Достоверность полученных результатов работы основывается на:

- использовании современных методов и средств научного исследования;

- соответствии расчетных и экспериментальных данных;

- использовании современных информационных технологий;

- широкой апробацией полученных результатов за счет публикаций, выступлений на конференциях, на ЗАО «Передовая текстильщица».

Личный вклад соискателя заключается в:

- постановке задач исследования;

- проведении теоретических и экспериментальных исследований;

- анализе полученных результатов;

- разработке новых методов прогнозирования технологии, свойств и структуры парашютных тканей;

- апробации результатов работы в промышленности и учебном процессе;

- подготовке научных публикаций по теме диссертации;

- выступлениях на международных научных конференциях.

По результатам работы опубликовано 10 работ, из них 4 – в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК. Все статьи написаны лично автором, при их написании проведены консультации с научным руководителем диссертационной работы. Публикации затрагивают все основные разделы диссертации

Диссертационная работа изложена на 144 страницах основного текста, содержит 5 глав, список 135 использованных источников на 14 стр., имеет 53 рисунка и 38 таблиц. Приложения изложены на 41 стр.

ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Ткань, как основной элемент парашютных систем и предъявляемые к ней требования

Как известно парашюты широко применяются для решения различных задач: для десантирования людей и техники. Конструкции парашютов постоянно изменяются, усложняются, сегодня приходится говорить о так называемых парашютных системах, которые включают в себя парашюты различных конструкций, устройства, обеспечивающие управление ими. Первые парашюты стали изготавливать в России и во Франции в начале XX века, эти парашюты имели небольшие размеры и принимали рабочее состояние и заданную площадь под воздействием воздуха. Современные парашюты обязательно хранятся в специальных контейнерах или ранцах. Первым этапом развития парашютных систем была укладка парашюта в ранец (1911 г.), вторым этапом можно считать создание многокупольной парашютной системы (МКС) для десантирования объектов большой массы (1947 г.) и третьим – использование специального купола, для повышения устойчивости движения парашюта (1950 г.) и создание одно- и двухоболочных парашютов-крыльев для торможения и перемещения десантируемого объекта в пространстве (1950 – 1999 г.). При этом стали использовать полиамидное сырье [54].

Современные парашютные системы многообразны. Они используются для военных целей, в комической области. Парашютные системы широко используются в спортивных целях, а также в тормозных системах и устройствах амортизации. Парашютные системы используются для решения военно-прикладных и народно-хозяйственных задач. К последним относятся вопросы доставки грузов в удаленные и труднодоступные районы. Широкое применение парашютных систем (ПС) для решения народно-хозяйственных и военно-прикладных задач связано со способностью ПС создавать

необходимые аэродинамические силы при малой их массе в сравнении с массой десантируемого или спасаемого объекта, а также небольшим объемом занимаемом ПС в уложенном состоянии. При этом стоимость изготовления парашютов по отношению к авиакосмической и ракетной технике невелика. Площади куполов парашютов зависят от скорости торможения, работают в широком интервале температур окружающей среды. Десантируемая масса также колеблется в широком диапазоне, от нескольких килограммов до десятков тонн. При спасении терпящих катастрофу самолетов масса десантируемого объекта может достигать 100 тонн [54].

Система «объект - парашютное средство» является сложной нелинейной аэроупругой системой с трудно поддающимся математическому описанию моделированию из-за нелинейности системы в целом. При этом для решения задачи функционирования данной системы в потоке воздуха необходимо использовать нелинейные уравнения, используемые в теории аэродинамики и баллистики. Практически эти уравнения в явном виде решить нельзя, поэтому используются натурные и полунатурные эксперименты. В настоящее время стали применяться структурные математические модели парашютов и парашютных систем в составе различных компоновок базирующиеся на применении современных методов и средств, современных информационных технологий. Применение численных методов, широкое использование математического моделирования и вычислительного эксперимента на ЭВМ позволяет существенно сократить сроки разработки технического задания на ПС [54].

В работе В.В.Лялина, В.И.Морозова и А.Т.Пономарева [54] произведено исследование интегральных и распределенных аэродинамических характеристик наполненных парашютов различных раскройных форм при дозвуковых скоростях обтекания на различных углах атаки и влиянии на них изменения формы купола и проницаемости его ткани. Эти исследования выполнены с помощью унифицированной системы «Купол». В работе представлен расчет на ЭВМ напряженно-

деформированного состояния (НДС), аэроупругих, интегральных и распределенных аэродинамических характеристик парашютов различных раскройных форм. Расчет проницаемости ткани купола базируется на гипотезе Х.А.Рахматулина [73].

Структурная схема содержания системы «Купол» представлена на рисунке 1.1. Система состоит из двух расчетных модулей: расчета на ЭВМ формы, НДС (I) и аэродинамических характеристик (II) парашютов. Задаются тип парашюта и геометрия расположения нагрузок на куполе, материалы конструктивных элементов. Расчет производится согласно приведенной схемы [54].

До 40-х годов прошлого столетия ткани вырабатывались из натурального шелка, в 50-ые годы стали использоваться полиамидные нити, в 70-ые годы – арамидные нити. Эти нити обеспечивают высокую прочность, учитывают температурно-влажностные условия эксплуатации парашютов, эксплуатационные характеристики. Конечно, максимальную прочность имеют арамидные нити, но они значительно дороже остальных. И это необходимо учитывать. Но в процессе эксплуатации текстильные материалы должны иметь определенную жесткость, долговечность, выносливость к многократным нагрузкам. Эти показатели взаимосвязаны и влияют на прочностные показатели конструкции. Все это необходимо учитывать при выборе сырья для парашютов. Важными показателями текстильных материалов являются составляющие деформации – быстро-обратимая, медленно-обратимая, упругая, остаточная. Поверхностная плотность тканей для парашютов сегодня колеблется от 35 до 200 г/м². Разрывная нагрузка используемых нитей может быть в пределах 350 – 2000 Н. И все это необходимо учитывать при проектировании парашютных систем [54].

Сегодня при проектировании тканей, как правило, используется модель ткани при одноосном нагружении. Это отличается от реальных условий эксплуатации тканей. Кроме того, существующие методы определения модулей упругости нитей по экспериментальным диаграммам «нагрузка –

деформация» не позволяют получать истинных показателей, что приводит к неточностям расчета. Кроме того, сравнение действующих нагрузок с предельно – допустимыми также не позволяет реально оценить возможность эксплуатации парашютных систем, так как не учитываются повреждения в нитях при действии нагрузок, не учитывается время действия нагрузок и внешние условия, в которых они действуют.

Существующие ГОСТы опираются на стандартные испытания текстильных материалов, что не всегда позволяет правильно ответить на вопрос о работоспособности применяемой конструкции. Эта проблема была известна давно [7], но изменений в действующих документах до сих пор не сделано.

В работе [54] получены кривые деформирования различных текстильных нитей и схема аппроксимации линейными элементами Максвелла. Авторами показано, что «для купола формы «плоский круг в раскрые» по вертикальному сечению напряжение в 1,57 раза больше напряжения по горизонтальному сечению купола, поэтому целесообразно, чтобы нити ткани с большим удлинением были расположены перпендикулярно вертикальному сечению».

В работе [52] показана методика выбора структуры ткани. Нити ткани, имеющие большее удлинение, должны быть «расположены перпендикулярно вертикальному сечению».

Важнейшим показателем ткани является их воздухопроницаемость. Она влияет на коэффициент сопротивления парашюта и определяет условия раскрытия парашюта и величину аэродинамической нагрузки [54].

В работах [73, 133] предложен упрощающий метод исследования основного течения воздуха по обе стороны проницаемой стенки. В работе [74] определены идеальные условия работы системы, которая обеспечивает согласно теории Х.А.Рахматулина равномерное просачивание воздуха. Но авторы работы говорят о неравномерности свойств используемых

материалов и это необходимо учитывать в практической реализации парашютных систем.

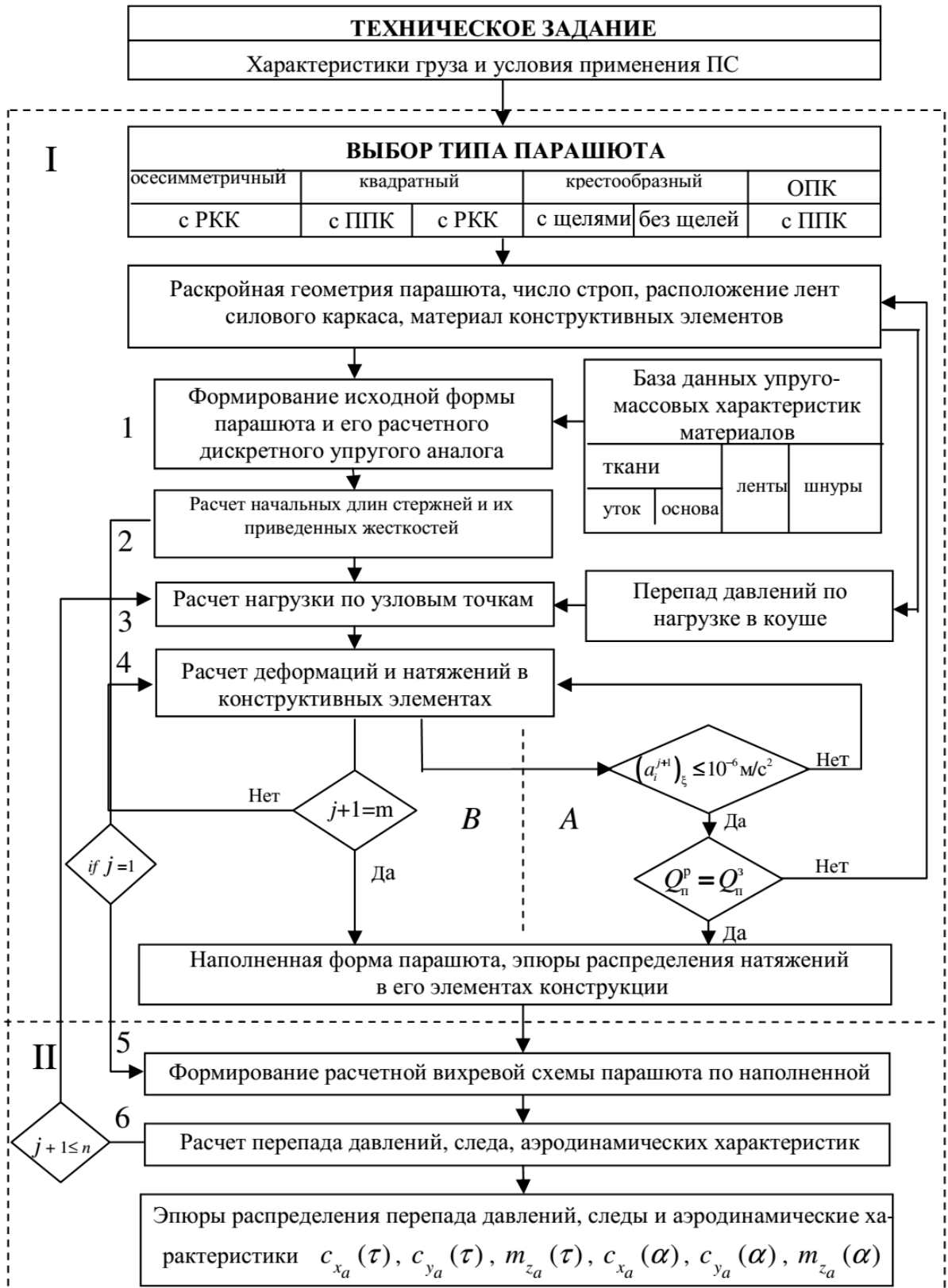


Рисунок 1.1. Структурная схема и содержание системы «Купол»

Х.А.Рахматулин предложил модель «протекания» воздуха для технических тканей. В модель входят экспериментально определяемые коэффициенты, которые будут отличаться для различных тканей, а методика их определения дана в работе [73].

Для различных тканей эти показатели приведены в работах [81, 82]. Следует отметить, что модель Х.А.Рахматулина однопараметрическая и может применяться для тонких слоев материала. Для более точных расчетов можно использовать двухпараметрическую модель [66]. Сегодня возможно использовать численные методы решения задачи для различных расчетных вихревых схем [3], но они являются достаточно сложными. Вот почему в настоящее время самой распространенной моделью является модель Х.А.Рахматулина.

Одними из первых работ по исследованию воздухопроницаемости тканей были работы Н.П. Розановой [76, 77]. Она исследовала хлопчатобумажные парашютные ткани различного переплетения. Ею установлено, что рациональным переплетением для парашютных тканей является полотняное переплетение, которое обеспечивает заданную воздухопроницаемость.

Горячев В.В. и Горячев М.В. получили модели воздухопроницаемости от различных факторов. Ими установлено увеличение воздухопроницаемости при увеличении крутки нитей, уменьшении плотности тканей, использовании переплетений с более длинными перекрытиями [8]. Снижение воздухопроницаемости необходимо осуществлять за счет использования линейной плотности нитей [9]. В работах [10, 11, 12] показано уменьшение воздухопроницаемости тканей полотняного переплетения по сравнению с тканями саржевого переплетения. При этом большое влияние на воздухопроницаемость оказывает отношение линейных плотностей основных и уточных нитей. В работах [13, 14, 75] используются безразмерные показатели.

Важными показателями для парашютных тканей являются вязкоупругие и пластические составляющие деформации нитей и устойчивость к светопогоде. Этим вопросам посвящена работа А.В. Куличенко [49]. Он показал влияние количества содержащейся в воздухе влаги на воздухопроницаемость тканей, изготовленных из нитей различного волокнистого состава (хлопок, лен, вискоза, натуральный шелк). В работе [13] представлены условия «смерзания» купола парашюта. Куличенко А.В. считает, что наиболее оптимальной тканью для парашютов является капроновая ткань.

1.2. Анализ структуры полиамидных нитей

Свойства текстильных материалов определяются их структурой. Синтетические текстильные материалы имеют ряд преимуществ, физико-механические свойства которых делают их предпочтительными при изготовлении куполов парашютных систем. Достаточно высокая прочность, эластичность, способность противостоять воздействию светопогоды и другим воздействиям внешней среды характеризует эти материалы, кроме того они имеют низкий погонный вес. Ассортимент материалов, изготавливаемых из различных видов полиамидов, весьма велик. В России наиболее распространенными являются капрон и нейлон. Комплексные нити из нейлона-капрона 6/6-США и полиамида-капрона 6-Россия, длина которых равна или несколько больше длины комплексной нити. В структуре простых комплексных нитей из нейлона-капрона 6/6-США и полиамида-капрона 6-Россия элементарные нити располагаются более или менее параллельно друг другу, поэтому поверхность нитей ровная и гладкая. Существует две общепринятых технологии производства нейлона-капрона. В первой из них молекулы с группой $-COOH$ на каждом конце реагируют с амидной группой $-NH_2$ на каждом конце. Нейлон 6.6, который получается в результате такой реакции, называется по количеству атомов углерода, отделяющих две группы

-COOH и две группы аминов. Затем уже мономеры объединяются в длинные полимерные цепочки [55, 57, 89, 105, 110].

Второй подход к синтезу: у химического соединения COOH-группы находится на одном конце, а NH-группы – на другом (Рисунок 1.2). Потом эта цепочка полимеризуется (образуются повторяющиеся участки (-NH- п-СО-)х). Другими словами, нейлон 6 производится из вещества, содержащего 6 атомов (называемого капролактамом). В DuPont запатентовали нейлон 6.6. Поэтому остальным фирмам пришлось придумывать свои материалы в обход патента. Так, в частности, Россия (СССР) разработала полимер нейлон 6. Наличие активных групп нейлона 6 и нейлона 6.6 практически идентичны, однако состав полимеров обуславливает различную температуру плавления 220°C против 265°C у нейлона 6/6. Нейлон 6.6 лучше защищен от солнца и лучше переживает непогоду. Он мягче на ощупь и плавится при большей температуре, чем нейлон 6. Он более износостойкий, а молекулярная структура его более компактна. У нейлона 6 такие преимущества: его легче красить, он медленнее обесцвечивается со временем. У него лучше сопротивляемость разрыву, он более упругий и лучше восстанавливает свои упругие свойства после растяжения. Когда разогретый нейлон подвергается экструзии через поры на промышленной фильере, отдельные полимерные цепочки стремятся упорядочиться по вязкому потоку. А если к тому же охладить волокно после вытяжки, структуры волокон «уложатся» ещё лучше [105, 110].

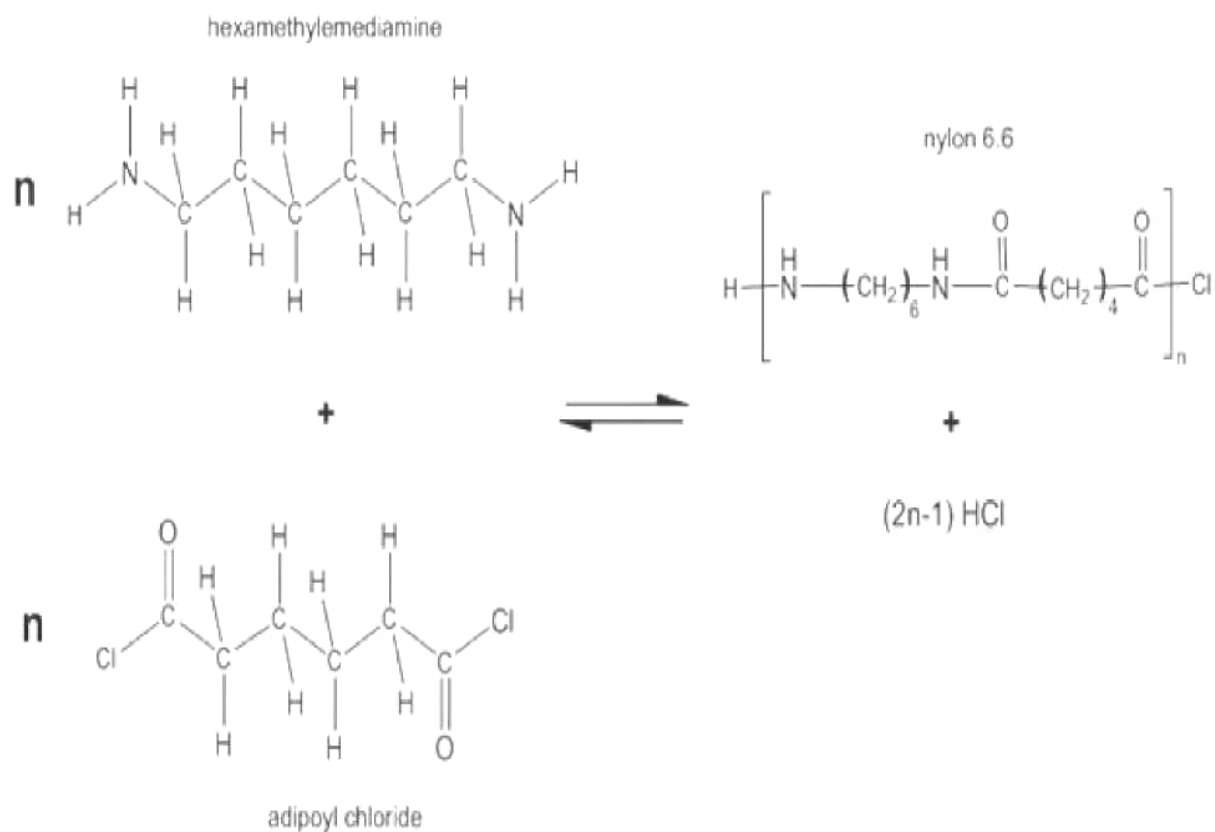


Рисунок 1.2. Схема синтеза нейлона – капрона 6/6.

Таким образом, во время вытяжки в волокно нейлона приобретает дополнительный запас предела прочности на разрыв. На практике, волокна нейлона зачастую производят на разогретых валиках на высоких скоростях. В России полиамидно-капроновое получают из ϵ -капронлактана. К полиамамидам относятся как синтетические, так и природные полимеры, содержащие амидную группу $-\text{CONH}_2$ или $-\text{CO}-\text{NH}-$, большее значение имеют полиамиды общих формул $[-\text{NRNHOCR}'\text{CO}-]_n$ и $[-\text{HNR}''\text{CO}-]_n$, где $\text{R}, \text{R}' = \text{Alk}, \text{Ar}$, $\text{R}'' = \text{Alk}$. Синтезируется полиамидно-капроновое волокно из

аминокапроновой кислоты: $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$. Капроновая

кислота $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$ – шестой член в ряду предельных одноосновных карбоновых кислот. Молекулы кислоты (Рисунок 1.3), имея на концах функциональные группы с противоположными свойствами – основную и кислотную, вступают между собой в реакцию полимеризации [105, 109, 110]:

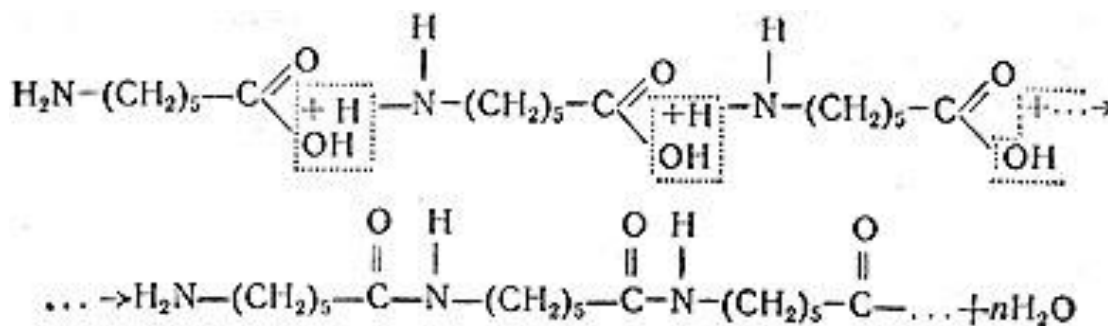
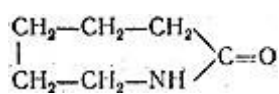


Рисунок 1.3. Схема реакции полимеризации.

Здесь приводится упрощенная трактовка синтеза полиамида-капрона, в действительности в качестве мономера используется ϵ -капролактам



. Молекулу капролактама можно представить как результат взаимодействия карбоксильной группы и аминогруппы в молекуле аминокaproновой кислоты. Циклические молекулы капролактама в процессе

синтеза полимера могут подвергаться гидролизу водой по связи $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ || \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$ с образованием аминокaproновой кислоты. Такой процесс осуществляют в автоклаве при температуре около 250°C . В результате образуется высокомолекулярная волокнообразующая масса, используемая для формирования. Молекулы капрона имеют линейное строение и содержат до

200 элементарных звеньев: $\begin{array}{c} \text{H} \quad \quad \quad \text{O} \\ | \quad \quad \quad || \\ -\text{N}-(\text{CH}_2)_5-\text{C}- \end{array}$. Легко заметить, что молекулы аминокaproновой кислоты реагируют друг с другом подобно тому, как реагируют молекулы аминокислот при образовании полипептидов. Как и в полипептидах, остатки аминокaproновой кислоты соединены между собой

амидными связями: $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ || \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$. Поэтому волокна из полиамида-капрона относятся к группе так называемых полиамидных волокон. Наличие амидных связей роднит эти волокна с природными белковыми волокнами – шерстью и шелком. Полиамидные волокна, как и белковые, обладают высокой механической прочностью; в этом отношении они даже значительно

превосходят природные. Капроновое волокно, как и многие другие синтетические волокна, не впитывает влагу, не гниет, не поедается молью. Оно очень устойчиво к истиранию и к действию многократных деформаций, в чем превосходит все натуральные волокна. Подобно белковым веществам,

капрон недостаточно устойчив к действию кислот: по связи $\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{H} \\ \parallel \quad | \\ -\text{C}-\text{N}- \end{array}$ в нем происходит гидролиз. Сравнительно невысока и теплостойкость капронового волокна: при нагревании прочность его снижается, а при 215°C происходит плавление (поэтому изделия из капрона не рекомендуется гладить горячим утюгом). По светостойкости капроновое волокно уступает нитрону. Несмотря на некоторое сходство в свойствах с белками, капрон, конечно, не принадлежит к их числу. Все белки состоят из аминокислот, в которых аминогруппа и карбоксильная группа всегда расположены в самом близком

соседстве, что может быть выражено общей формулой $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C} \\ | \quad \quad \quad \diagup \quad \diagdown \\ \text{R} \quad \quad \quad \text{O} \quad \text{OH} \end{array}$. В аминокaproновой же кислоте эти группы находятся сравнительно далеко друг от друга, будучи разделены пятью группами CH_2 ; это, по-видимому, способствует получению строго линейных молекул и достижению более высокой прочности волокна [105, 110].

В таблице 1.1 даны показатели основных свойств полиамидов, в таблице 1.2 - показатели пожароопасности полиамидов, в таблице 1.3 – температурные характеристики полиамидов, в таблице 1.4 показано влияние влажности на свойства полиамидов.

Таблица 1.1. Основные свойства полиамидов.

Свойства	Полиамид (ПА 6)	Полиамид (ПА 6.6)
Плотность нитей г/см ³	1,13	1,14
Температура плавления, °С	215	260
Напряжение разрушения, МПа :		
При растяжении	66-80	80-100
При изгибе	90-100	100-120
При сжатии	85-100	100-120

Свойства	Полиамид (ПА 6)	Полиамид (ПА 6.6)
разрывное удлинение, %	80-150	80-100
Ударная вязкость кДж/м ²	100-120	90-95
Твердость по Бринеллю, МПа	150	100
Теплостойкость по Мартенсу, °С	55	75
Морозостойкость, °С	-30	-30
Водопоглощение в течение 24 часов, %	3,5	7-8
Коэффициент трения по стали	0,14	0,15
Диэлектрическая проницаемость при частоте 10 ⁶ Гц	3,6	4
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 10 ⁶ Гц	0,03	0,02

Таблица 1.2. Показатели пожароопасности (T_B – температура воспламенения, T_{CB} – температура самовоспламенения).

Марка полиамида	Температура, °С		Теплота сгорания МДж/кг
	T_B	T_{CB}	
ПА 6(капрон)	395	424	31
ПА 6.6 (нейлон)	355	435	31-32

Таблица 1.3. Температурные характеристики.

Марка	Предел рабочих температур, °С		Теплостойкость по Мартенсу, °С	Температура плавления, °С
	верхний	нижний		
ПА 6	80-105	-20	75-76	217-226
ПА 66	80-100	-30	-	254-262

Таблица 1.4. Влияние влажности на свойства полиамидов.

Марка полиамида	$\sigma_p / \sigma_{p,вл}$	$\sigma_{и} / \sigma_{и,вл}$	$\sigma_{сж} / \sigma_{сж,вл}$	$E_{Ep} / E_{Ep,вл}$	$E_{и} / E_{и,вл}$	$\sigma_{-1} / \sigma_{-1,вл}$	$НВ / НВ_{вл}$
ПА 6	1,3-1,45	1,9-2,7	1,8	2-3,3	2,6-3	-	1,8-2,1
ПА 6.6	1,3-1,45	1,9-2,4	1,7	2-2,3	2-2,4	1,7	1,6-1,9

$\sigma_{и}$ – прочность при изгибе, E – модуль упругости материала

В производстве капронового волокна наиболее интересным является процесс его формования. В отличие от вискозного волокна, хлорина и

нитрона капроновое волокно формируется не из раствора, а из расплава полимера. Образование нитей капрона легко наблюдать на опыте. Если в пробирке или стаканчике расплавить кусочки капроновой смолы или обрывки капронового изделия и окунуть в расплав конец стеклянной палочки, а затем вынуть ее из расплава, то вслед за палочкой вытягиваются тонкие длинные нити капрона, застывающие на воздухе. В сущности, этот же процесс осуществляется и при получении капронового волокна в промышленности. Измельченная смола полиамида-капрона из бункера поступает в плавильную головку. На решетке, обогреваемой проходящими по змеевику парами высококипящих веществ, смола плавится. Вязкий расплав смолы нагнетается прядильным насосиком в фильеру, из которой он выходит в виде тонких струек в шахту, куда поступает холодный воздух. Охлаждаясь, струйки застывают в тонкие волоконца. Эти волоконца выходят из нижней части шахты и наматываются на большие цилиндрические катушки – шпули. Затем они подвергаются вытяжке (на роликах, вращающихся с разной скоростью) и скручиваются в нити. Особенно сильную вытяжку производят при получении упрочненного кордного волокна [1].

Таким образом, можно заключить, что комплексные нити из нейлона-капрона 6/6-США и полиамида-капрона 6-Россия имеют достаточно высокую относительную разрывную нагрузку - 40-50 сН/текс. За счет дополнительного вытягивания ее можно увеличить до 70-85 сН/текс. Таким образом, мы провели анализ структуры комплексных нитей из нейлона-капрона 6/6-США и капрона 6-Россия и определили ее влияние на их последующую переработку. Нейлон-капрон 6/6-США в сравнении с капроном 6-Россия более жесткий, прочный и твердый. Как и все капроны, нейлон-капрон 6/6-США обладает хорошей стойкостью к топливу, маслам, жирам, нефтепродуктам, к большинству органических растворителей и щелочей. В сравнении с другими капронами нейлон-капрон 6/6-США более теплостойкий (больше на 36,37% по отношению к капрону 6-Россия),

обладает большей деформационной стойкостью и сравнительно невысоким влагопоглощением (больше на 50,0% по отношению к капрону 6-Россия). Очень хорошие свойства скольжения и отличная износостойкость. Нейлону-капрону 6/6-США присущи хорошие электроизоляционные свойства. Он легко поддается механической обработке, легко сваривается и клеится. Одно из достоинств нейлона-капрона 6/6-США высокая усталостная стойкость и повышенная термостойкость (больше на 30° по отношению к капрону 6-Россия). Нейлон-капрон 6/6-США обладает хорошими демпфирующими свойствами и стойкостью к высоким динамическим нагрузкам (лучшими по отношению к капрону 6-Россия). Нейлон-капрон 6/6-США используют взамен капрона 6-Россия в случаях, где «требуется высокая жесткость и плотность в ущерб упругости. Даже в сложных рабочих условиях он очень износостоек. Для скользящих деталей не требуется смазка, так как у него природный низкий коэффициент трения». У нейлона-капрона 6/6-США большая прочность при сжатии и очень высокое растягивающее напряжение (больше чем у капрона 6-Россия). Точка плавления гораздо выше, чем у капрона 6-Россия (выше на 20,93° по отношению к капрону 6-Россия). Нейлон-капрон 6/6-США имеет высокую стойкость к радиационным воздействиям (гамма и рентген). Как и все капроны, нейлон-капрон 6/6-США способен поглощать влагу из воздуха, но водопоглощение нейлона-капрона 6/6-США ниже, чем у капрона 6-Россия [24].

1.3. Анализ работ, посвященных деформированию нитей в ткани

«Независимо от своего происхождения все текстильные волокна являются высокомолекулярными соединениями, то есть, полимерами, состоящими из многократно повторяющихся звеньев одного или нескольких типов. Свойства текстильных волокон зависят от их структуры» [108].

«К геометрическим параметрам такой микроструктуры можно отнести: диаметр текстильной нити; величину крутки нити; плотности ткани; поверхностную плотность ткани/трикотажа; размер сквозных пор. От этих параметров в значительной степени зависят физические и технологические характеристики текстильных изделий: прочность, поверхностная плотность, воздухо- и водопроницаемость, износостойкость, а также внешний вид и потребительские свойства» [43].

А.Ф.Давыдов оперирует с «условным» и «расчетным» диаметрами нитей. Неравномерность нитей по линейной плотности затрудняет переработку нитей в ткачестве. [15].

Повышенная неравномерность снижает использование прочности волокон в пряже или нитях, в результате чего ухудшаются механические свойства нитей, и повышается их обрывность при переработке в ткачестве.

Оценка деформационных свойств текстильных нитей и полотен имеет большой практический интерес. При математическом моделировании вязкоупругости нитей и текстильных полотен возникают определенные сложности, связанные с тем, что макроструктура текстильных полотен, в частности тканей, существенно отличается от ранее изученных деформационных свойств нитей и волокон, которые представляют из себя одноосно-ориентированные объекты. Механика нитей рассматривается как механика деформированного твердого тела. Этим вопросам посвящены научные труды В.С. Щедрова [111], Я.И. Коритыцкого [40], В.М. Кагана [21] и др. При изучении разрушения волокон часто используется статистическая теория прочности твердых тел, предложенная С.Журковым. Суть теории заключается в том, что в образцах одного и того же материала имеются дефекты различной степени опасности, прочность образца в однородном напряженном состоянии определяется наиболее опасным дефектом, при этом чем больше объем поверхности образца, тем вероятнее присутствие более опасных дефектов. Присутствие в волокнах неравномерности по диаметру, структуре и дефектам, случайно

распределенным по длине, привело к необходимости введения масштабного эффекта зависимости между длиной образца и прочностью. Впервые теоретическая интерпретация масштабного эффекта применительно к прочности нити была проведена Пирсом и Спенсером-Смитом на основании гипотезы «слабого звена». В рамках данной модели разрыв волокна отождествляется с разрушением цепи, звенья которой имеют различную прочность. Поскольку дефекты в волокне распределены случайным образом, то прочность волокна, а, следовательно, и нити является случайной величиной, которая описывается законом нормального распределения. Наибольшей известностью пользуется нормальное распределение или распределение Вейбулла. Фактическая формула, описывающая распределение Вейбулла содержит три параметра, характеризующие модальное значение прочности, структурные особенности материала и пороговое напряжение. Однако на практике пороговое напряжение полагают равным нулю и, таким образом, приходят к двухпараметрическому распределению. При изучении длительных процессов на ткацком станке используется наследственная теория вязкоупругости [39, 50, 51].

Вопросами прочности нитей занимались многие видные ученые, такие, как: J. Hearle [121], W. Morton [128], M. Platt [131, 132], Г.Н. Кукин [45, 47], К.Е. Перепелкин [67], А. Матуконис [126, 127] и другие.

Наиболее широко используемыми и корректными при проектировании прочностных свойств одиночной пряжи и нитей являются расчетно-эмпирические формулы А.Н. Соловьева [100, 102] и К.И. Корицкого [42], регрессионные уравнения К.Э. Разумеева [69-72] и аналитические методы проектирования прочности пряжи и нити В.П. Щербакова, Н.С. Скулановой [113-115], применяемые в реальной практике.

А.Н. Соловьев [103] полагает, что идеальной пряжу можно считать, когда она равномерна и все составляющие ее волокна обладают одинаковыми прочностью и удлинением. В таком случае при разрыве происходит одновременный разрыв волокон пряжи, разрывная длина пряжи

равна разрывной длине волокна при полном использовании прочности волокна в прочности пряжи.

Другие формулы для расчета прочности пряжи предложили Г.В. Соколов [99], М. Платт [131, 132], В. Журек [135]. Формула Г.В.Соколова учитывает относительное разрывное удлинение. М. Платт в своем расчете прочности пряжи учитывает прочность нити с нулевой круткой. Исследуя разрывные показатели комплексных нитей, В. Журек полагал, что при кручении нити меняется только наклон филаментов без однородного их деформирования, и элементарные волокна деформируются при кручении пропорционально их расстоянию от оси нити. Базируясь на данных положениях, им было выявлено, что миграция волокон не значительно влияет на величину усадки, прочность и разрывное удлинение нити.

Важными являются научные исследования F. Peirce по моделированию деформирования тканей [130]. Но при расчетах он брал сечения нитей круглыми, что не позволяло получить достоверные результаты, исследовал только ткани полотняного переплетения. На других структурах тканей проводили исследования. В. Olofsson [129], G. Leaf [125], P. Grosberg [119, 120], S. Kawabata [123] и другие. Интересны модели деформирования тканей, разработанные J. Hearle, P. Potluri и V. Thammandra [122], P. Xue, X. Peng и J. Cao [134], V. Carvelli [118], P. Boisse, B. Zouari и A. Gasser [117], M. King, P. Jearanaisilawong, S. Socrate [124]. Представляют интерес модели двухосного деформирования, которые разработали S. Kawabata, M. Niwa и H. Kawai для тканей полотняного переплетения [123].

Представляют значительный интерес научные исследования строения тканей и их свойств В.П. Склянникова [94-97], Г.Н. Кукина и А.Н Соловьева [100], А.И. Коблякова [38], К.И. Корицкого [41, 42] и других. Однако их работы, цель которых, скорее, состояла в оптимизации строения и улучшении процессов производства тканых структур, а не в комплексном

исследовании процессов деформирования и разрушения, в основном базировались на эмпирических подходах.

Представляют практический интерес S. Kawabata, M. Niwa и H. Kawai для тканей полотняного и саржевого переплетения [123]. Но, как и в предыдущем случае, сечения нитей основы и утка бралось как круглое.

Прогнозированием структуры тканей занимались многие ученые, они актуальны и в настоящее время. Прогнозирование параметров строения тканей позволяет решать многие технологические задачи еще на стадии проектирования ткани (расчет натяжений нитей утка и основы при формировании ткани заданной структуры, определение их влияния на уработку нитей основы и утка). Интересна теория, предложенная С.Д. Николаевым. Впервые это изложено в работе Николаева С.Д. [63]. Впоследствии развита его учениками в работах Мельяченко Ж. В., Слугин А. И., Иноземцева Н. А., Кашеева М. М., Степанова Г. С., Черняева О. Е., Егоров Н. В. [63, 62, 98, 20, 34, 104, 109, 16]. В своей работе С.Д. Николаев выявил особенности поведения текстильных материалов в ткачестве, используя теорию вязкоупругости Больцмана, для определения вязкоупругих параметров разработал более простой метод, основанный на экспериментальных данных при исследовании релаксации напряжений, возникающих в нити. С.Д. Николаевым был предложен метод расчёта параметров напряженно-деформированного состояния нитей. Этот метод заключается в определении параметров работы обычной разрывной машины с постоянной скоростью деформирования – относительной деформации, напряжения и времени нагружения. Использование этого метода вместо ранее распространенного значительно облегчило нахождения исследуемых характеристик. В качестве функций влияния выбраны функции М. Колтунова и А. Ржаницына, которые описывают процесс как в короткий промежуток времени, так и при длительном нагружении. И.В. Рыбаулина определила вязкоупругие параметры полиамидных и полипропиленовых нитей, из которых изготавливались фильтровальные ткани [79].

В.П. Щербаковым предложена теория механики упругой нити в нелинейной постановке при рассмотрении геометрической и физической нелинейности. При этом изложены элементы вязкоупругости, реологические модели и наследственная упругость. Использование этих положений позволяет учитывать удлинение нитей в процессе их переработки в технологических процессах. Используя теорию В.П. Щербакова, изложенную в работе [112], можно прогнозировать ткань с заданными геометрическими параметрами (величиной высоты волны, определяющей фазу строения и толщину ткани). В книге уделяется большое внимание методам приложения теории к практическим задачам текстильной технологии. Рассмотрены геометрические и математические модели, отражающие реальную структуру пряжи, приводятся расчеты прочности пряжи, образованной из нескольких компонентов, анализируется механика скрученных между собой нитей, геометрия и прочность неоднородной нити.

Выводы по главе

1. Стремительное развитие ракетно-космической отрасли, самолетостроения, а также возникновение нестандартных и единичных экспериментальных задач, требующих парашютного десантирования, обуславливает необходимость быстрого и оптимального проектирования новых парашютов и парашютных систем, а, следовательно, разработки новых артикулов парашютной ткани, соответствующих требованиям конкретных условий.

2. Составленные для проектирования парашютных систем алгоритмы расчета на ЭВМ на настоящий момент не включают в себя проектирование ткани, а используют лишь стандартные, уже вырабатываемые артикулы. В этой связи актуально продолжение исследований в области автоматизации

проектирования тканей по заданным параметрам, в частности, по прочности, воздухопроницаемости и др.

3. При проектировании парашютов в настоящее время при исследовании тканевых образцов на прочность применяется модель двухосного нагружения Максвелла, которая является недостаточно полной и не учитывает наличия всех видов деформаций.

4. Выбор сырья для выработки современных парашютных тканей базируется на комплексе физико-механических свойств нитей. В настоящее время чаще всего применяется полиамидное волокно, так как имеет высокую прочность на разрыв, высокую гидрофобность, устойчивость к светопогодным условиям, а его устойчивость к истиранию, например, превышает этот показатель для хлопка в 10 раз.

5. В силу специфики нагрузок, испытываемых парашютными тканями при их эксплуатации, проектирование тканей, а, следовательно, и исследование процесса тканеформирования должно быть направлено в сторону максимально адекватного отражения физико-механических свойств волокон и нитей, составляющих полотно, что влечет за собой применение инновационных методов, учитывающих по возможности большее количество факторов, влияющих на эти свойства, таких как вязко-упруго-пластические деформации, элементы строения ткани и др.

ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПАРАШЮТНЫХ ТКАНЕЙ И ОЦЕНКА ИХ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ

Под строением ткани понимается расположение нитей основы и утка и связь этих нитей между собой. Строение ткани зависит от многих факторов, основными из которых являются следующее: вид использованного сырья, толщина основных и уточных нитей и соотношение их плотностей, вид переплетения нитей, натяжение нитей в процессе ткачества и соотношение натяжений. Технологические параметры заправки и процесса выработки ткани на станке, влияющие на натяжение основных и уточных нитей (величина заступа, положение скала относительно грудницы, высота и глубина зева).

При исследовании тканей на воздухопроницаемость важное значение имеет та геометрическая модель деформирования нитей в ткани, которая должна максимально точно соответствовать реальным деформациям, так как от этого зависит величина и форма сквозных пор. При этом на деформацию нитей существенное влияние оказывает порядок фазы строения ткани. Влияние этого параметра будет рассмотрено в данной главе.

На строение ткани влияет много факторов: вид сырья, толщина нитей, плотности ткани, переплетение, натяжение нитей в процессе ткачества и соотношения между этими характеристиками. Технологические параметры процесса выработки ткани на станке влияют на натяжение основных и уточных нитей.

Для изучения строения ткани необходим анализ образца ткани, то есть всестороннее её исследование для установления параметров заправки и процесса выработки ткани. После анализа образца выполняется расчет ткани и технологических параметров заправки и выработки её на ткацком станке, при этом необходимо учитывать конструктивные особенности использования ткацких станков.

2.1. Расчет геометрических параметров парашютных тканей

Параметры структуры ткани определялись по формулам, приведенным в учебнике по строению и проектированию тканей [56].

В таблице 2.1. даны параметры заправки исследуемых тканей, которые в настоящее время вырабатываются на предприятии ЗАО «Передовая текстильщица».

Таблица 2.1. Параметры заправки тканей.

Параметры заправки	Арт.56307	Арт.56005	Арт.86109	Арт.56011М
Линейная плотность основных нитей, текс	4	5	3,3	6,7
Линейная плотность уточных нитей, текс	4	5	3.3	6,7
Плотность ткани по основе, нит/дм	360	540	450	400
Плотность ткани по утку, нит/дм	400	510	450	400
Переплетения	полотняное	полотняное	полотняное	полотняное

В работе не приводятся формулы для расчета геометрических параметров строения ткани, так как они общеизвестны. Отметим только некоторые факторы, которые были нами учтены:

- величина расчетного диаметра зависит от деформации нитей основы и утка в ткани, а также характера расположения нитей в перекрытиях, определяемого свойствами и переплетениями нитей, а также порядком фазы строения;

- расчетный диаметр нитей определялся с учетом поперечного сечения в виде круга;

- высоты волн изгиба нитей основы и утка и порядок фазы строения тканей взаимосвязаны и определялись с учетом этой взаимосвязи;

- геометрические плотности ткани определялись между двумя центрами двух основных нитей в местах пересечения их утком при максимальном уплотнении ткани по основе в различных порядках фаз строения;

- максимальная плотность ткани по основе и утку определялась с учетом диаметров нитей и видов переплетения;

- наполнение ткани определяли для того, чтобы узнать какую часть от максимального наполнения составляет фактическое наполнение ткани волокнистым материалом для различных фаз строения тканей;

- толщина ткани учитывала ее порядок фазы строения.

Расчет уработок нитей проводился по специально разработанной нами методике, которая будет описана далее.

Проведенные расчеты позволили далее определить пористость ткани. Все расчеты проводились для всех возможных порядков фазы строения. Хотя мы понимали, что современное технологическое оборудование не позволит их все выработать на ткацком станке. Для этого необходимы дополнительные механизмы для изменения и регулирования длин основы и утка в процессе формирования ткани на ткацком станке. В настоящее время на большинстве конструкций ткацких станков отсутствуют механизмы дозировки нитей.

Таблица 2.2. Геометрические параметры строения ткани арт. 56307.

Параметр	Параметры строения
Линейная плотность основных нитей (T_o); текс	4
Линейная плотность уточных нитей (T_y); текс	4
Плотность ткани по основе (P_o); $H/10\text{см}$	360
Плотность ткани по утку (P_y); $H/10\text{см}$	400
Линейное заполнение ткани:	
- по основе; %	27,0
- по утку; %	30,0
Поверхностное заполнение ткани; %	48,9
Пористость ткани (R_s); %	51,1
Размеры сквозных пор:	

- по основе (a); мм	0,203
- по утку (b); мм	0,175
Площадь пор (S_n), мм ²	0,036
Диаметр нитей:	
- по основе (d_o); мм	0,075
- по утку (d_y); мм	0,075
Предельная плотность ткани	
- по основе ($P_{\text{опред}}$); $H/10\text{см}$	1333
- по утку ($P_{\text{упред}}$); $H/10\text{см}$	1333

В таблице 2.3. даны результаты расчета параметров строения ткани арт. 56307 при различных фазах строения. Анализ таблицы показывает степень изменения параметров строения ткани в зависимости от порядка фазы строения. Поэтому, конечно, актуальным является вопрос получения заданной структуры тканей. Данная структура ткани является основой получения тканей с наперед заданными свойствами.

Таблица 2.3. Геометрические параметры строения ткани в зависимости от фазы строения ткани арт. 56307.

Коэф- фициенты	Порядок фазы строения								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
K_{ho}	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
K_{hy}	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0,25	0,00
h_o , мм	0	0,019	0,038	0,057	0,075	0,094	0,113	0,131	0,150
h_y , мм	0,150	0,131	0,113	0,094	0,075	0,057	0,038	0,019	0
l_o мм	0,150	0,149	0,145	0,139	0,130	0,117	0,099	0,073	0
l_y мм	0	0,073	0,099	0,117	0,130	0,139	0,145	0,149	0,150
K_{HO}	0,540	0,537	0,522	0,501	0,468	0,422	0,356	0,263	∞
K_{HY}	∞	0,292	0,396	0,468	0,520	0,556	0,581	0,596	0,599
K_{TK}	∞	0,157	0,207	0,234	0,243	0,234	0,207	0,157	∞
$P_{Omax}^{H/10\text{см}}$	667	671	689	719	769	854	1010	1369	∞
$P_{Ymax}^{H/10\text{см}}$	∞	1369	1010	854	769	719	689	671	667
a_o , %	∞	0,3	1,2	2,5	4,1	6,3	9,0	11,5	14,3
a_y , %	11,8	9,4	7,3	5,1	3,4	2,0	0,9	0,2	∞

G г/м ²	-	32,1	31,82	31,61	31,57	31,68	31,96	32,3	-
m	0,225	0,206	0,188	0,169	0,150	0,169	0,188	0,206	0,225
$b_{то}; b_{ту},$ г/м ³	-	0,16	0,17	0,19	0,21	0,19	0,17	0,16	-
$Z_v,$ м г/мм ³	-	14,04	14,91	16,67	18,42	16,67	14,91	14,04	-

В таблице 2.4. даны результаты расчета параметров структуры ткани арт. 56005.

Таблица 2.4. Параметры строения ткани арт. 56005.

Наименование	Параметры строения
Линейная плотность основных нитей (T_o); текс	5
Линейная плотность уточных нитей (T_y); текс	5
Плотность ткани по основе (P_o); нит/10см	540
Плотность ткани по утку (P_y); нит/10см	510
Линейное заполнение ткани: - по основе; % - по утку; %	45,36 42,84
Поверхностное заполнение ткани; %	68,77
Пористость ткани (R_s); %	31,23
Размеры сквозных пор: - по основе (a); мм - по утку (b); мм	0,101 0,112
Площадь пор (S_n), мм ²	0,011
Диаметр нитей: - по основе (d_o); мм - по утку (d_y); мм	0,084 0,084
Предельная плотность ткани - по основе ($P_{опред}$); н/10см - по утку ($P_{упред}$); н/10см	1190 1190

В таблице 2.5 показаны результаты расчета параметров структуры ткани арт. 56005 в зависимости от порядка фазы строения ткани.

Таблица 2.5. Геометрические параметры строения ткани арт. 56005 в зависимости от фазы строения.

Коэф- фициенты	Порядок фазы строения								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
K_{ho}	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
K_{hy}	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0,25	0,00
h_o , мм	0	0,021	0,042	0,063	0,084	0,105	0,126	0,147	0,168
h_y , мм	0,168	0,147	0,126	0,105	0,084	0,063	0,042	0,021	0
l_o , мм	0,168	0,167	0,163	0,156	0,145	0,131	0,111	0,081	0
l_y , мм	0	0,081	0,111	0,131	0,145	0,156	0,163	0,167	0,168
K_{HO}	0,907	0,901	0,881	0,842	0,783	0,708	0,599	0,437	∞
K_{HY}	∞	0,413	0,566	0,668	0,739	0,796	0,832	0,851	0,857
K_{TK}	∞	0,372	0,499	0,563	0,579	0,563	0,499	0,372	∞
P_{Omax} , $H/10cm$	595	599	613	641	690	763	901	1234	∞
P_{Ymax} , $H/10cm$	∞	1234	901	763	690	641	613	599	595
a_o , %	∞	0,6	2,2	4,6	7,7	11,8	15,2	19,3	23,5
a_y , %	25,4	20,9	16,5	12,3	8,4	5,1	2,3	0,6	∞
G , $г/м^2$	-	59,40	58,15	57,38	57,09	57,48	57,94	59,1	-
m	0,252	0,231	0,210	0,189	0,168	0,189	0,210	0,231	0,252
$b_{to}; b_{ty}$, $г/м^3$	-	0,26	0,28	0,30	0,34	0,30	0,28	0,26	-
Z_v , $мг/мм^3$	-	22,81	24,56	26,32	29,83	26,32	24,56	22,81	-

В таблицах 2.6 – 2.9 представлены данные расчета параметров структуры двух других тканей.

Таблица 2.6. Геометрические параметры строения ткани арт. 56011М.

Наименование	Параметры строения
Линейная плотность основных нитей (T_o); текс	6,7
Линейная плотность уточных нитей (T_y); текс	6,7
Плотность нитей по основе (P_o); $H/10cm$	400
Плотность нитей по утку (P_y); $H/10cm$	400
Линейное заполнение ткани: - по основе (Z_o); %	39

- по утку (Z_y); %	39
Поверхностное заполнение ткани (Z_s); %	62,8
Пористость ткани (R_s); %	37,2
Размеры сквозных пор: - по основе (a); мм - по утку (b); мм	0,152 0,152
Диаметр нитей: - по основе (d_o); мм - по утку (d_y); мм	0,097 0,097
Предельная плотность ткани - по основе ($P_{опред}$); $H/10\text{см}$ - по утку ($P_{упред}$); $H/10\text{см}$	1031 1031

Таблица 2.7. Геометрические параметры строения ткани арт. 56011М в зависимости от фазы строения.

Коэф- фициенты	Порядок фазы строения								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
K_{ho}	0,00	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
K_{hy}	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00	0,75	0,50	0,25	0,00
h_o , мм	0	0,024	0,048	0,073	0,097	0,121	0,145	0,169	0,194
h_y , мм	0,194	0,169	0,145	0,121	0,097	0,073	0,048	0,024	0
l_o , мм	0,194	0,192	0,188	0,179	0,168	0,151	0,128	0,094	0
l_y , мм	0	0,094	0,128	0,151	0,168	0,179	0,188	0,192	0,194
K_{HO}		0,768	0,752	0,715	0,672	0,604	0,512	0,376	
K_{HY}		0,376	0,512	0,604	0,672	0,715	0,752	0,768	
P_{Omax} , $H/10\text{см}$		521	532	559	595	662	781	1064	
P_{Ymax} , $H/10\text{см}$		1064	781	662	595	559	532	521	
a_o , %	0	0,4	2	3,8	6,7	10	13,4	17,3	20,6
a_y , %	20,6	17,3	13,4	10	6,7	3,8	2	0,4	0
G , г/м^2	60,55	59,32	58,3	57,64	57,44	57,64	58,3	59,32	60,55
K_{TK}		0,289	0,385	0,432	0,452	0,432	0,385	0,289	
Z_v , м г/мм^3	15,79	17,54	19,30	21,93	24,56	21,93	19,30	17,54	15,79

Таблица 2.8. Геометрические параметры строения ткани арт. 86109.

Наименование	Параметры строения
Линейная плотность основных нитей (T_o); текс	3,3
Линейная плотность уточных нитей (T_y); текс	3,3

Плотность нитей по основе (P_o); $H/10\text{см}$	450
Плотность нитей по утку (P_y); $H/10\text{см}$	450
Линейное заполнение ткани: - по основе (Z_o); % - по утку (Z_y); %	30,6 30,6
Поверхностное заполнение ткани (Z_s); %	51,8
Пористость ткани (R_s); %	48,2
Размеры сквозных пор: - по основе (a); мм - по утку (b); мм	0,154 0,154
Диаметр нитей: - по основе (d_o); мм - по утку (d_y); мм	0,068 0,068
Предельная плотность ткани - по основе ($P_{\text{опред}}$); $H/10\text{см}$ - по утку ($P_{y\text{опред}}$); $H/10\text{см}$	1470 1470

Таблица 2.9. Геометрические параметры строения ткани арт. 86109 в зависимости от порядка фазы строения.

Коэффициенты	Порядок фазы строения								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
h_o , мм	0	0,017	0,034	0,051	0,068	0,085	0,102	0,119	0,136
h_y , мм	0,136	0,119	0,102	0,085	0,068	0,051	0,034	0,017	0
l_o , мм	0,136	0,135	0,132	0,126	0,118	0,106	0,09	0,066	0
l_y , мм	0	0,066	0,09	0,106	0,118	0,126	0,132	0,135	0,136
$P_o \text{ max}$, $H/10\text{см}$		741	759	793	849	942	1112	1519	
$P_y \text{ max}$, $H/10\text{см}$		1519	1112	942	849	793	759	741	
KN_o		0,607	0,593	0,567	0,53	0,478	0,405	0,296	
KN_y		0,296	0,405	0,478	0,53	0,567	0,593	0,607	
a_o , %	0	0,2	0,9	2	3,5	5,3	7,4	9,7	12,2
a_y , %	10	8	6	4,3	2,8	1,6	0,7	0,2	0
G , г/м ²	31,36	31,02	30,79	30,68	30,67	30,78	31	31,32	31,76
m	0,2	0,19	0,17	0,15	0,14	0,15	0,17	0,19	0,2
b_T , г/м ³	0,15	0,17	0,18	0,2	0,23	0,2	0,18	0,17	0,16
Z_v , мг/мм ³	13,48	14,55	15,89	17,59	19,78	17,65	15,99	14,69	13,65

Все расчеты этого раздела проводились с помощью программы MathCad.

В таблице 2.10 показаны результаты расчета заполнения и наполнения тканей, размеры сквозных пор и пористости.

Таблица 2.10. Показатели пористости тканей.

Линейная плотность нитей, текс		Плотность ткани, нит/дм			Показатели заполнения, %			Пористость %
основы	утка	По основе	По утку	средняя	По основе	По утку	поверхностное	
4	4	360	400	380	27	30	48,9	51,1
5	5	540	510	525	45,4	42,8	68,8	31,2
6,7	6.?	4000	400	400	39,0	39,0	62,8	38,2
3,3	3,3	450	450	450	30,6	30,6	51,8	48,2
Продолжение таблицы 2.10.								
Коэффициент наполнения			Величина пор, мм		Площадь пор, мм ²			
По основе	По утку	Ткани	По основе	По утку				
0,468	0,520	0,243	0,203	0,175	0,036			
0,783	0,739	0,579	0,101	0,112	0,011			
0,672	0,672	0,451	0,152	0,152	0,023			
0,530	0,530	0,281	0,154	0,154	0,024			

Проанализируем параметры структуры двух тканей – с максимальным и с минимальным наполнением. На рисунке 2.1. представлены графики изменения высот волн изгиба нитей основы и утка в зависимости от порядка фазы строения ткани для двух тканей.

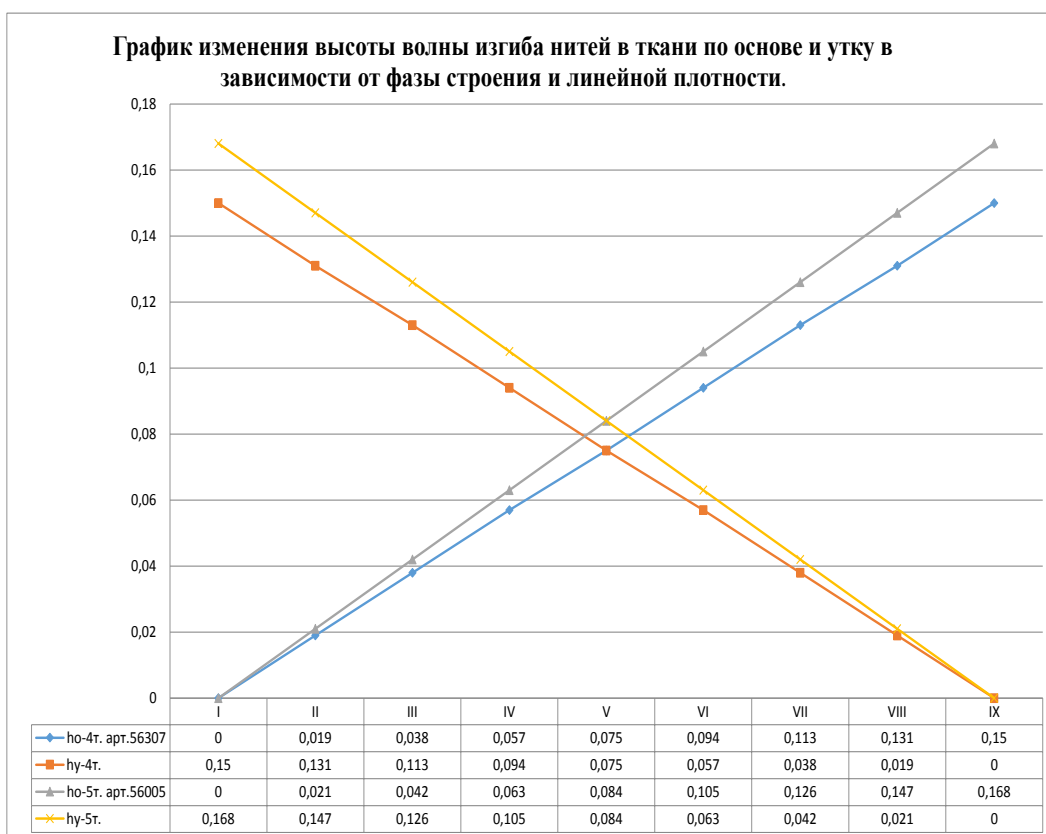


Рисунок 2.1. Графики изменения высот волн изгиба нитей в зависимости от порядка фазы строения ткани.

Анализ рисунка 2.1 показывает, что при сравнении изменения высоты волны нити в ткани, в зависимости от фазы строения ткани, с I по IX арт. 56307 (4 текс) и арт. 56005 (5 текс) мы видим, что в ткани максимальная высота волны достигает по основе в IX фазе строения, а по утку в I фазе строения ткани. У арт. 56307 высота волны изгиба нити в ткани меньше, так как линейная плотность меньше, чем у арт. 56005.

На рисунке 2.2 даны кривые изменения геометрической плотности ткани по основе и по утку в зависимости от порядка фазы строения тканей.

**График изменения геометрической плотности ткани по основе и утку
в зависимости от фазы строения и линейной плотности.**

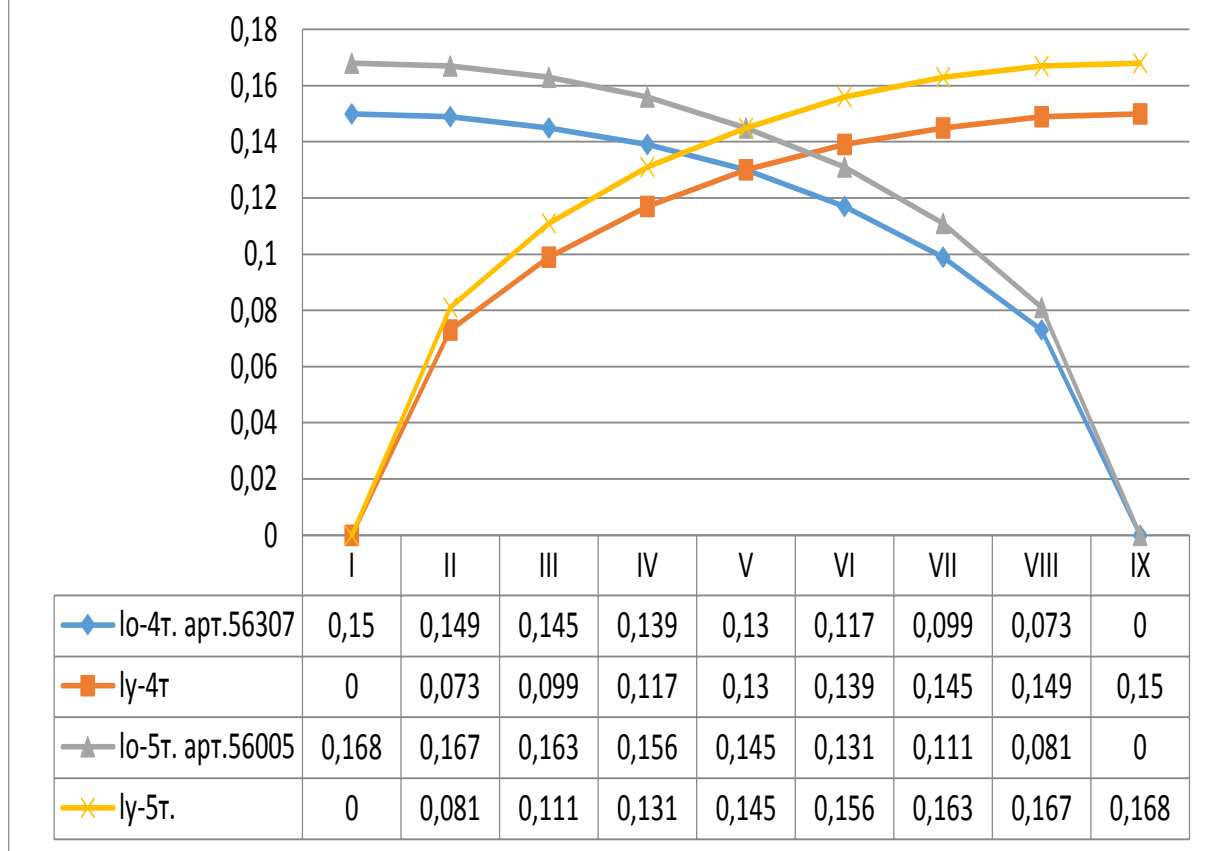


Рисунок 2.2. График изменения геометрической плотности ткани по основе и по утку в зависимости от порядка фазы строения ткани

Анализ рисунка 2.2 показывает, что при сравнении геометрической плотности ткани, в зависимости от фазы строения ткани, с I по IX арт. 56307 (4 текс) и арт. 56005 (5 текс) мы видим, что ткань максимально уплотнена по основе в IX фазе строения, а по утку в I фазе строения ткани. У арт. 56307 геометрическая плотность ткани больше, так как линейная плотность меньше, чем у арт. 56005.

На рисунке 5.3 даны кривые изменения коэффициента наполнения ткани по основе и по утку в зависимости от порядка фазы строения ткани.

**Графики изменения коэффициента наполнения ткани по основе и утку
в зависимости от фазы строения и линейной плотности.**

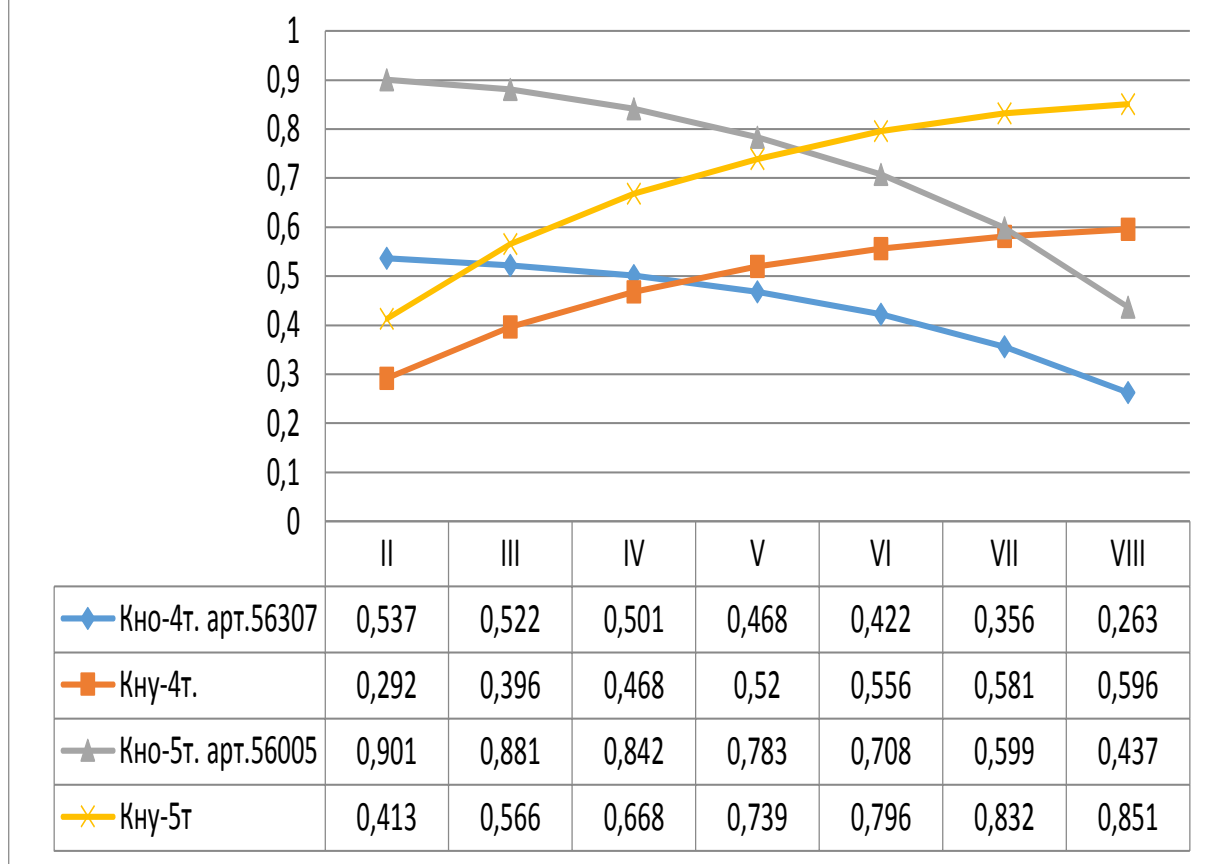


Рисунок 2.3. Графики изменения коэффициента наполнения ткани по основе и по утку в зависимости от порядка фазы строения ткани.

Анализ рисунка 2.3 показывает, что при сравнении коэффициента наполнения ткани в зависимости от фазы строения ткани со II по VIII арт. 56307 (4 текс) и арт. 56005 (5 текс) мы видим, что ткань максимально наполнена по основе во II фазе строения, а по утку в VIII фазе строения ткани. У арт. 56307 коэффициент наполнения ткани меньше, так как линейная плотность меньше, чем у арт. 56005.

На рисунке 2.4 показаны графики изменения максимальной плотности ткани по основе и по утку в зависимости от порядка фазы строения ткани.

**Графики изменения максимальной плотности ткани по основе и утку
в зависимости от фазы строения.**

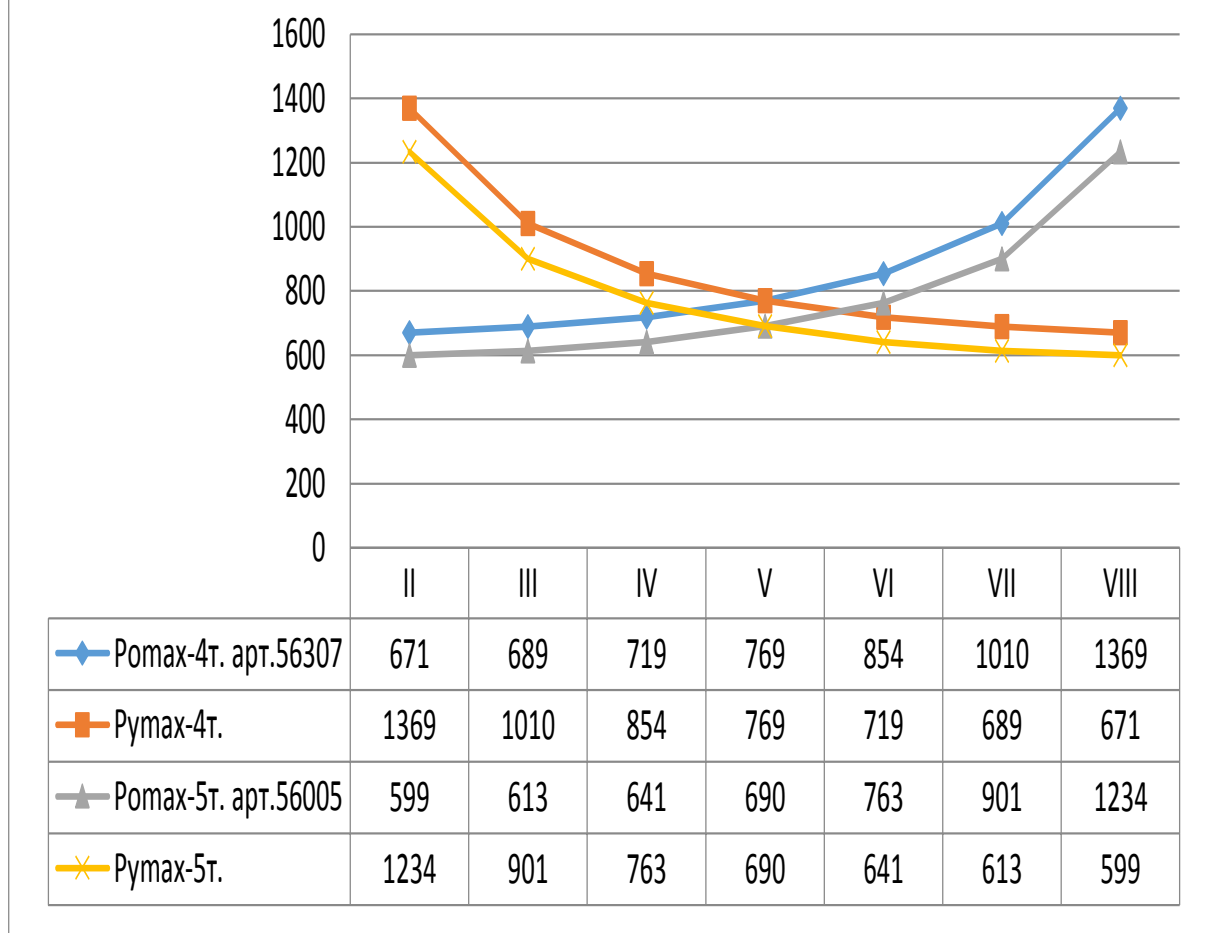


Рисунок 2.4. Графики изменения плотности ткани по основе и утку в зависимости от порядка фазы строения ткани.

Анализ рисунка 2.4 показывает, что при сравнении максимальной плотности ткани, в зависимости от фазы строения ткани, со II по VIII арт. 56307 (4 текс) и арт. 56005 (5 текс) мы видим, что ткань достигает максимальной плотности по основе в VIII фазе строения, а по утку во II фазе строения ткани. У арт. 56307 максимальная плотность ткани больше, так как линейная плотность меньше, чем у арт. 56005.

На рисунке 2.5 показаны графики изменения толщины ткани от ее порядка фазы строения.

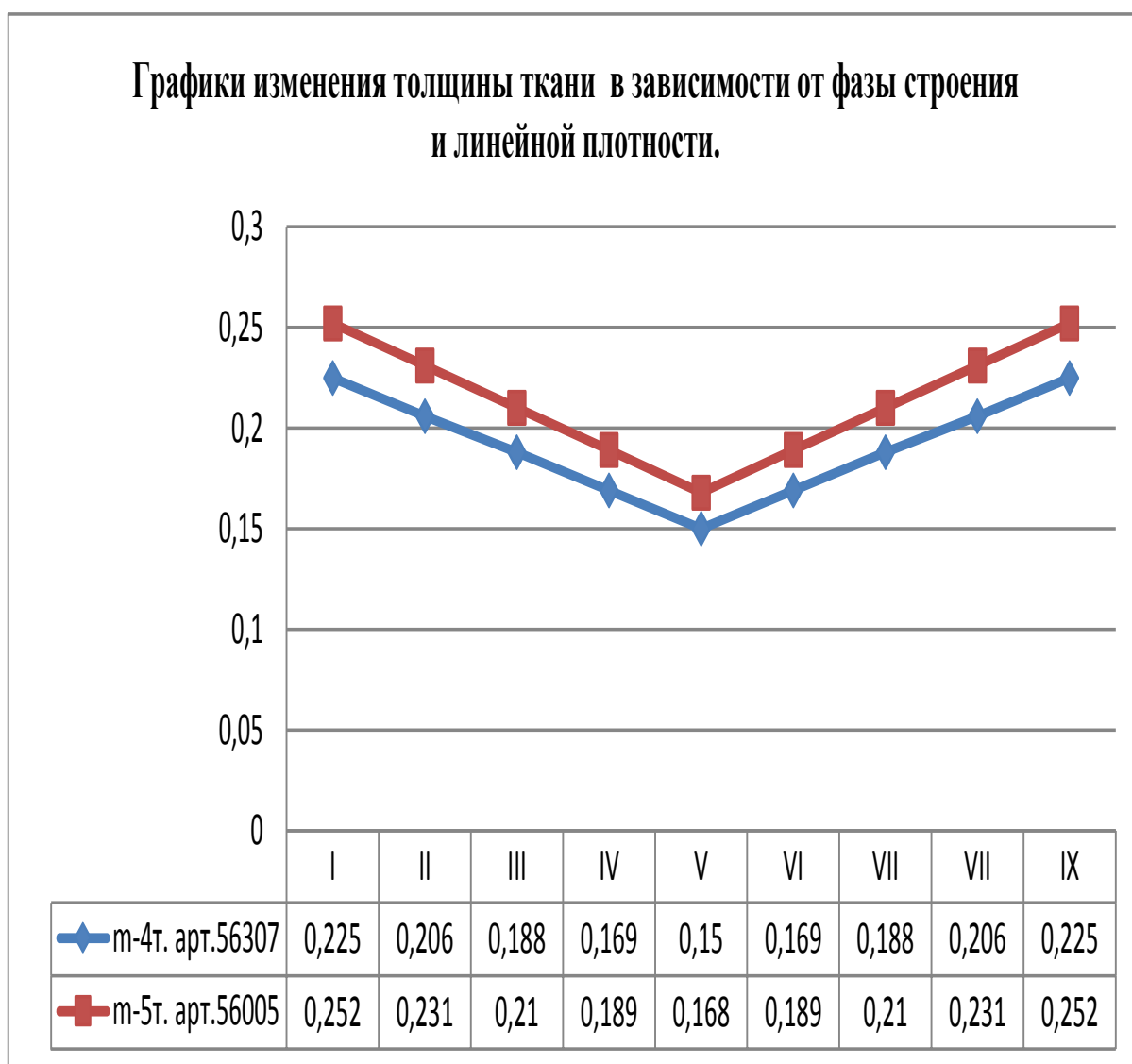


Рисунок 2.5. Графики изменения толщины ткани в зависимости от порядка фазы строения ткани.

Анализ рисунка 2.5 показывает, что при сравнении толщины ткани, в зависимости от фазы строения ткани, с I по IX арт. 56307 (4 текс) и арт. 56005 (5 текс) мы видим, что толщина ткани в I фазе больше и постепенно уменьшается до V фазы и обратно увеличивается с V фазы до IX фазы, так как нить изменяет свой диаметр в каждой фазе строения. У арт. 56307 толщина ткани меньше, так как линейная плотность меньше, чем у арт. 56005.

На рисунке 2.6 даны графики изменения объемного заполнения ткани в зависимости от фазы строения ткани.

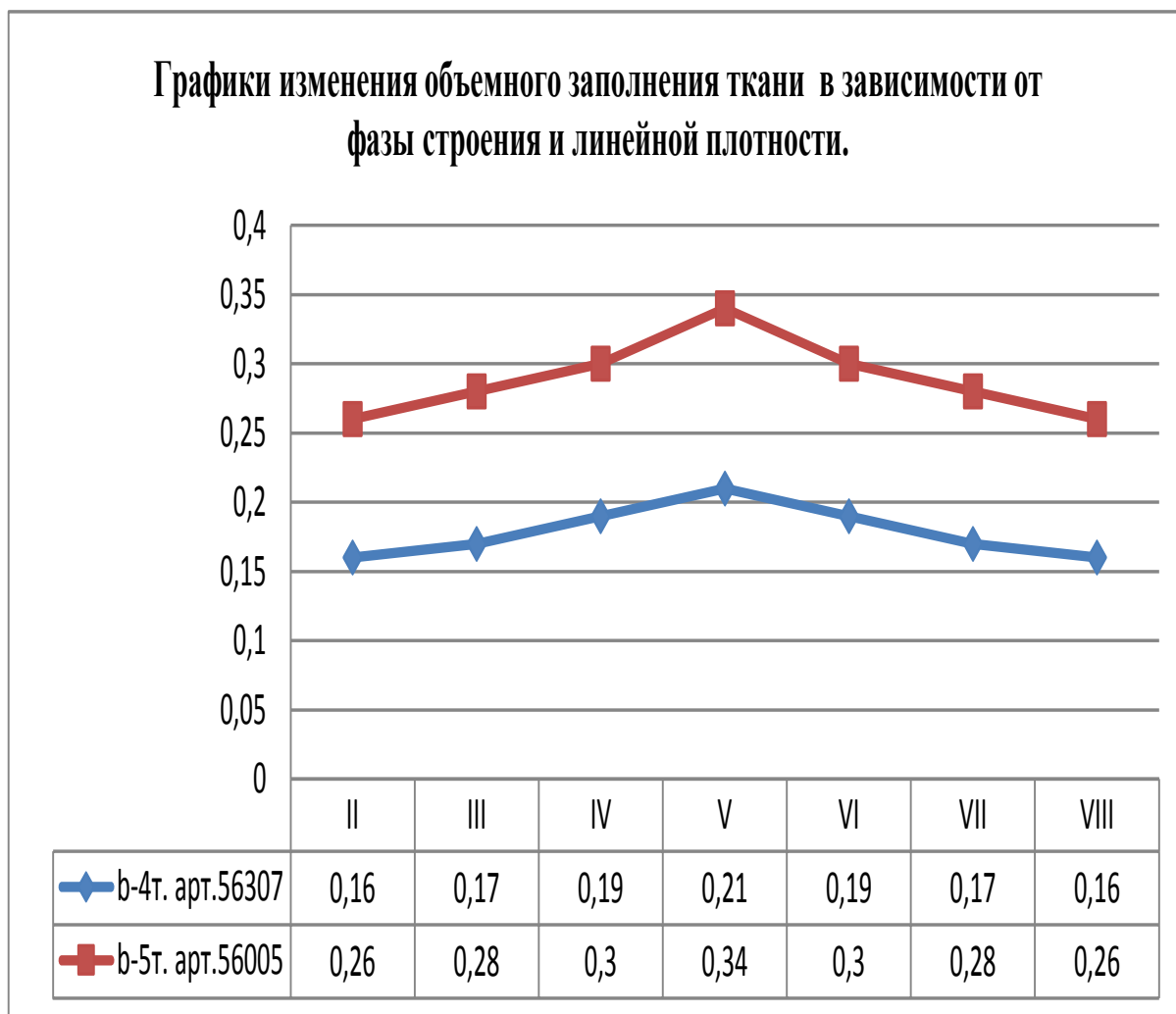


Рисунок 2.6. Графики изменения объемного заполнения ткани в зависимости от фазы строения ткани.

Анализ рисунка 2.6 показывает, что при сравнении объемного заполнения ткани, в зависимости от фазы строения ткани, со II по VIII арт. 56307 (4 текс) и арт. 56005 (5 текс) мы видим, что заполнение ткани во II фазе меньше и постепенно увеличивается до V фазы, а с V фазы обратно уменьшается до VIII фазы, так как это зависит от толщины и поверхностной плотности ткани, в каждой фазе строения. У арт. 56307 объемное заполнение ткани меньше, так как линейная плотность меньше, чем у арт. 56005.

На рисунке 2.7 показаны графики изменения уработки нитей в ткани в зависимости от порядка фазы строения ткани.

Графики изменения уработки нитей в ткани в зависимости от фазы строения и линейной плотности.

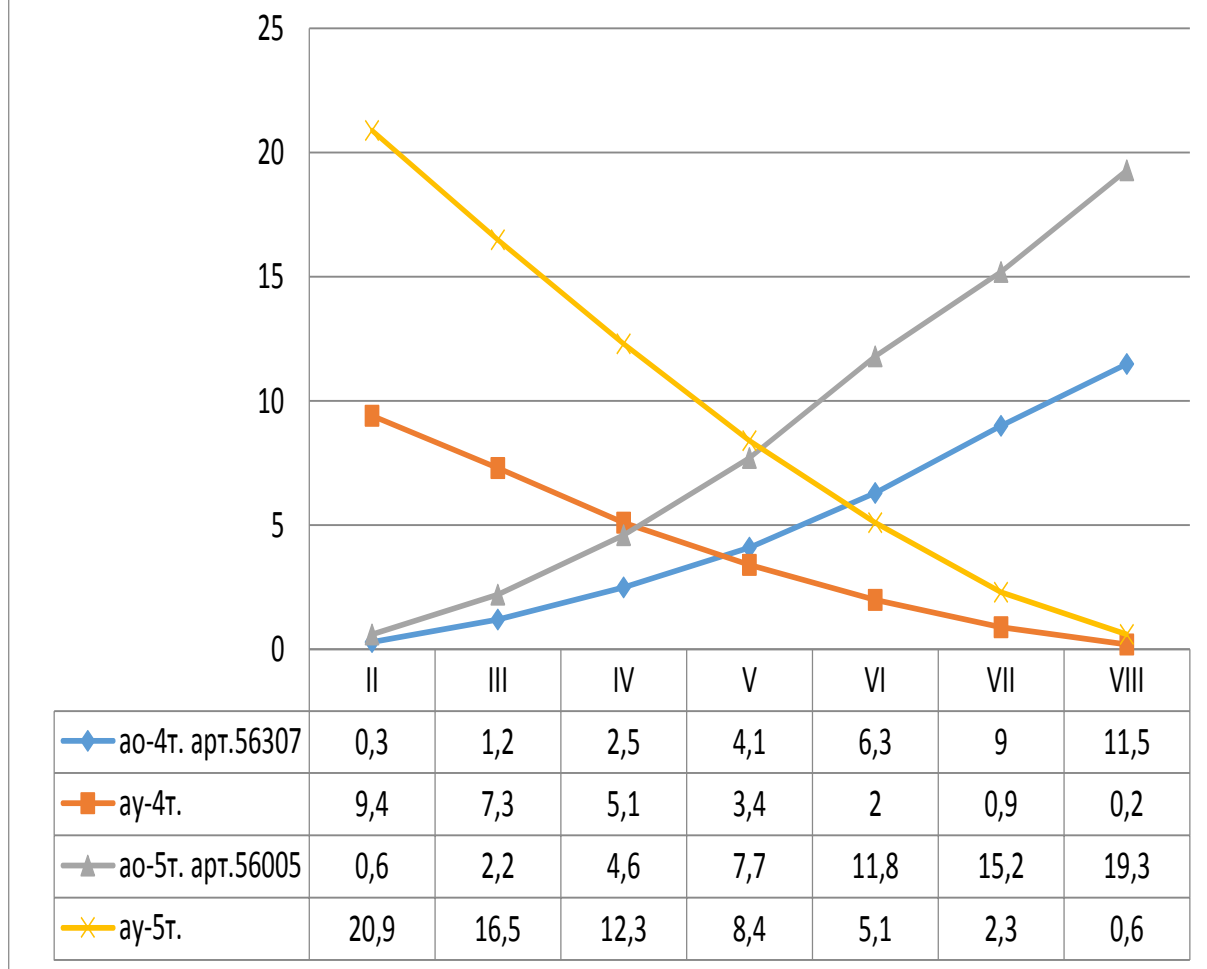


Рисунок 2.7. Графики изменения уработки нитей в ткани в зависимости от порядка фазы строения тканей.

Анализ рисунка 2.7 показывает, что при сравнении уработки ткани, в зависимости от фазы строения ткани, со II по VIII арт. 56307 (4 текс) с $P_0=360$, $P_y=400$ и арт. 56005 (5 текс) с $P_0=540$, $P_y=510$ мы видим, что у арт. 56307 уработка ниже, чем у арт. 56005.

На рисунке 2.8 показана диаграмма изменения порядка фазы строения в зависимости от порядка фазы строения.

Диаграмма изменения поверхностной плотности ткани в зависимости от фазы строения, линейной плотности и P_o и P_y .

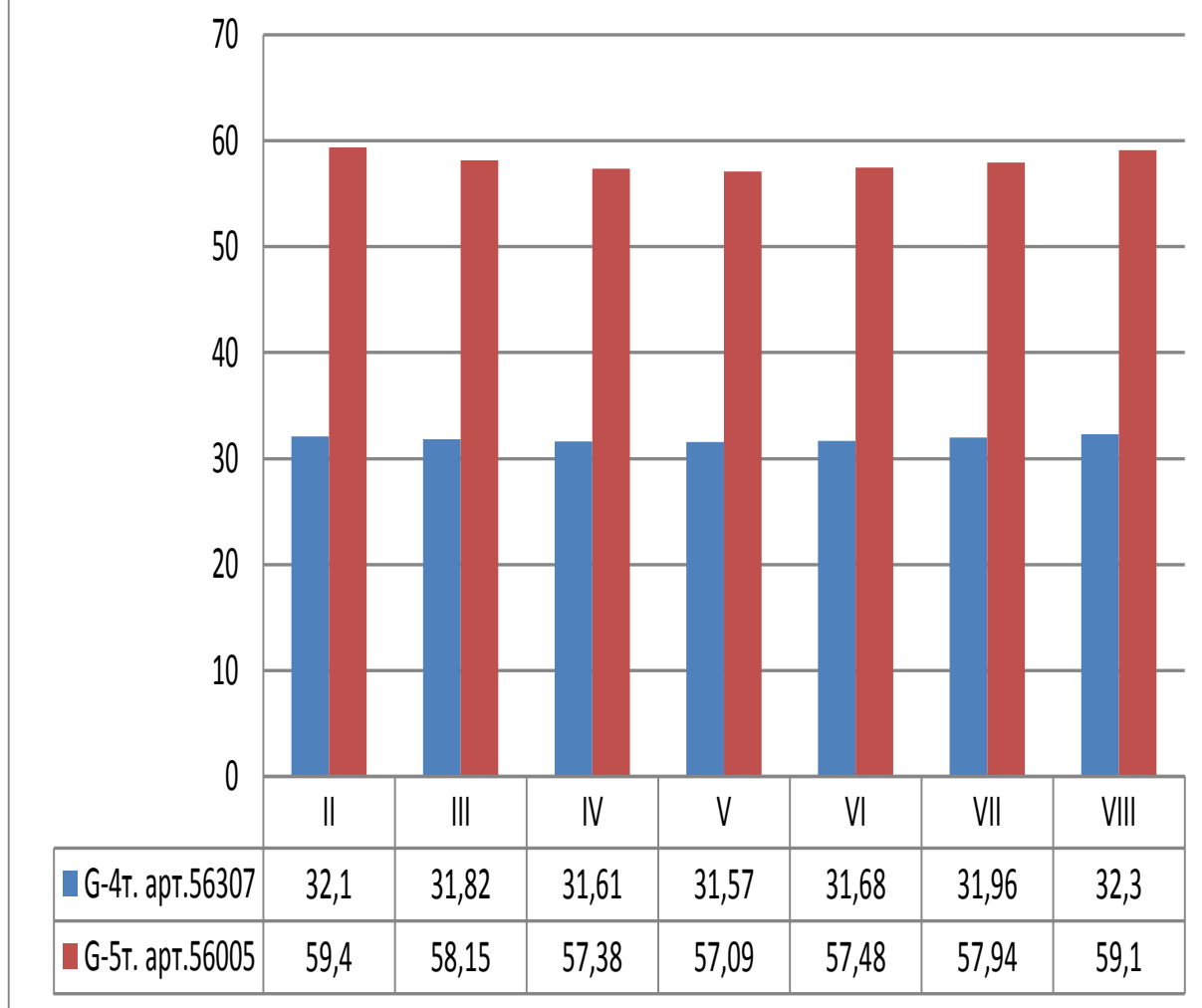


Рисунок 2.8. Диаграмма изменения поверхностной плотности ткани в зависимости от фазы строения ткани.

Анализ рисунка 2.8 показывает, что при сравнении поверхностной плотности ткани, в зависимости от фазы строения ткани, со II по VIII арт. 56307 (4 текст) с $P_o=360$, $P_y=400$ и арт. 56005 (5 текст) с $P_o=540$, $P_y=510$ мы видим, что у арт. 56307 поверхностная плотность ниже, чем у арт. 56005.

На рисунке 2.9 показана диаграмма изменения размера сквозных пор для двух исследуемых тканей.

Диаграмма изменения размера сквозных пор в ткани, в зависимости от плотности ткани и линейной плотности.

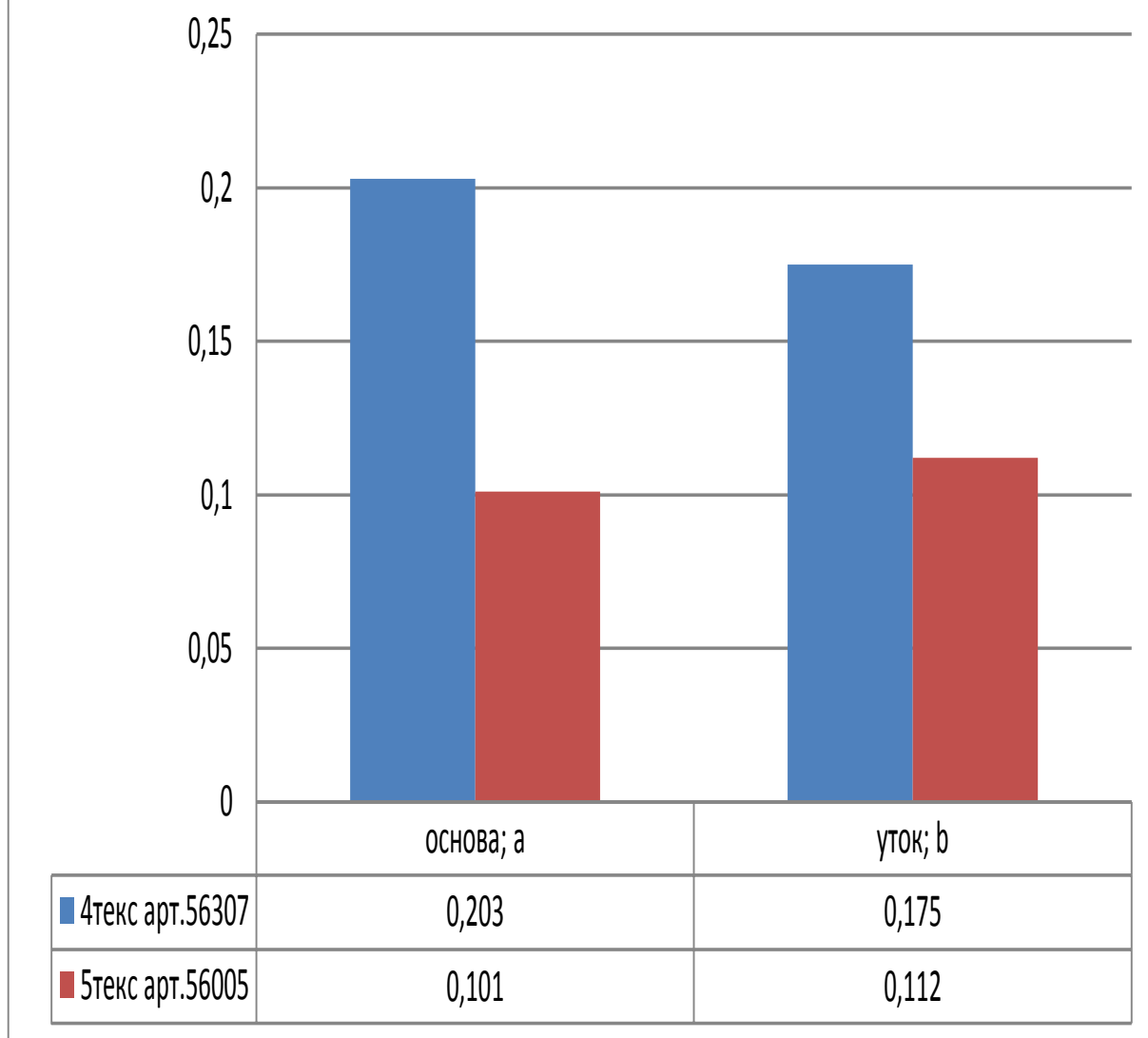


Рисунок 2.9. Диаграмма изменения размера сквозных пор для исследуемых тканей.

В данной диаграмме при сравнении изменения сквозных пор в ткани арт. 56307 (4 текст) с $P_0=360$, $P_y=400$ и арт. 56005 (5 текст) с $P_0=540$, $P_y=510$ мы видим, что у арт. 56307 в ткани величина сквозных пор больше, чем у арт. 56005.

На рисунке 2.10 дана диаграмма изменения линейного заполнения для двух исследуемых тканей.

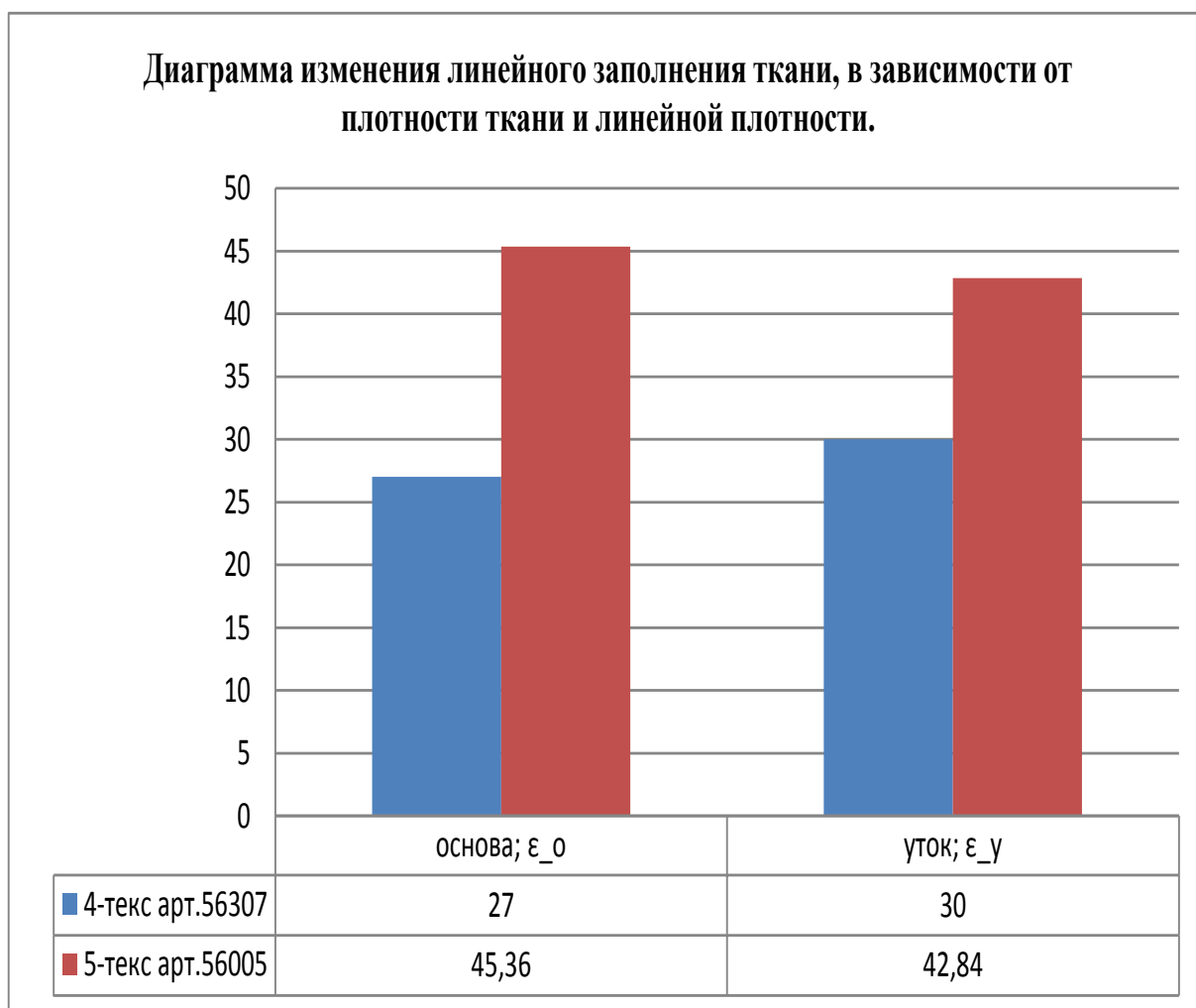


Рисунок 2.10. Диаграмма изменения линейного заполнения для исследуемых тканей.

В данной диаграмме при сравнении линейного заполнения ткани волокнистым материалом арт. 56307 (4 текст) с $P_o=360$, $P_y=400$ и арт. 56005 (5 текст) с $P_o=540$, $P_y=510$ мы видим, что в арт. 56307 ткань меньше заполнена волокнистым материалом, чем арт. 56005.

Итак, в данном разделе, нами получена статистика расчетных параметров структуры парашютных тканей, которые вырабатываются на ЗАО «Передовая текстильщица», которые могут быть полезными и положены в основу метода прогнозирования строения парашютных тканей.

На рисунке 2.11 дана блок - схема для расчета плотности ткани по основе по заданным плотности ткани по утку и поверхностному заполнению ткани.

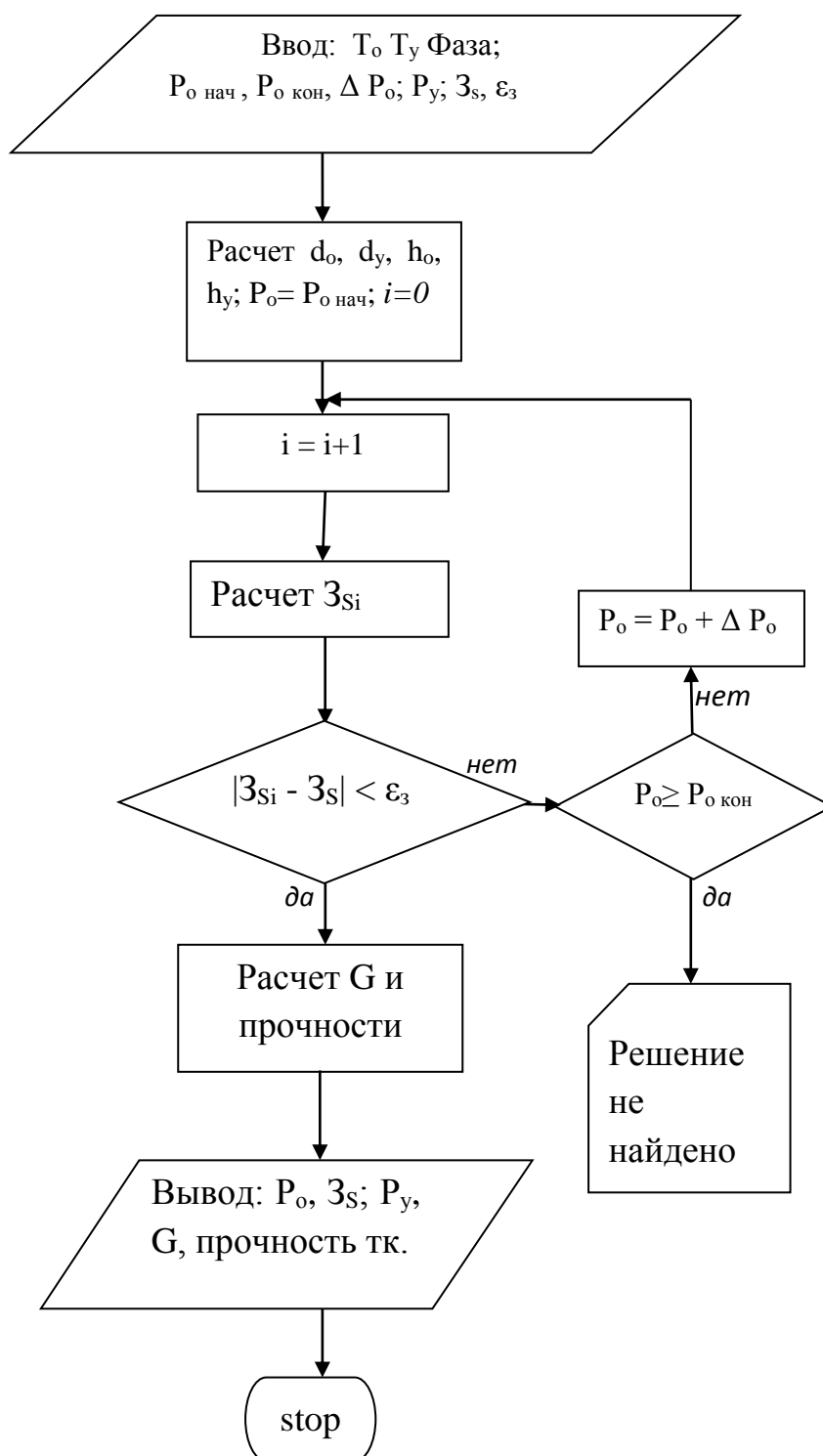


Рисунок 2.11. Блок-схема для расчета P_o при заданном P_y и Z_s .
 Обозначения: T_o, T_y, d_o, d_y – линейная плотность и диаметр нитей основы и утка; P_o, P_y – плотность ткани по основе и утку;
 Z_s – поверхностное заполнение ткани, ϵ_z – ошибка определения Z_s
 G – поверхностная плотность ткани.

2.2. Оптимизация структуры парашютной ткани малой линейной плотности

В соответствии с матрицей плана Коно-2 входными параметрами являются плотность ткани по утку и линейная плотность утка, выходными параметрами являются поверхностная плотность ткани и поверхностное заполнение. Цель расчета – определение оптимальной структуры с минимальными поверхностной плотностью и воздухопроницаемостью.

Для случая ткани с линейной плотностью основы и утка $T_o = T_y = 5$ текс данные сведены в таблицу 2.11.

Таблица 2.11. Матрица планирования эксперимента.

Факторы кодированные		Факторы в натуральных значениях	
x_1	x_2	$X_1, \text{нит/дм}$	$X_2, \text{текс}$
1	1	525	6,7
-1	1	325	6,7
1	-1	525	3,3
-1	-1	325	3,3
1	0	525	5
-1	0	325	5
0	1	425	6,7
0	-1	425	3,3
0	0	420	5

Результаты исследования для парашютной ткани, выполненные на базе исходной ткани приведены в таблице 2.12, где выходными параметрами являются поверхностная плотность ткани M_T (г/м²) и поверхностное заполнение E (%).

Таблица 2.12. Результаты экспериментальных исследований.

Факторы кодированные		$Y_1 = M,$ $г/м^2$	Y_{1R}	$Y_2 = E_s,$ %	Y_{2R}
x_1	x_2				
1	1	62,18	62,15	73,18	72,89
-1	1	48,78	48,75	62,66	63,19
1	-1	44,33	44,36	64,85	64,61
-1	-1	37,73	37,76	57,42	58,0
1	0	53,25	53,25	69,45	69,98
-1	0	43,25	43,25	62,94	61,82
0	1	55,14	55,20	67,61	67,37
0	-1	40,86	40,80	60,98	60,63
0	0	48,0	48,0	64,64	65,23

После обработки результатов эксперимента с помощью ЭВМ получены математические модели поверхностной плотности Y_1 (M_T , г/м²) и заполнения Y_2 (E , %) в зависимости от плотности ткани по утку X_1 и линейной плотности нитей утка X_2 .

Получены следующие математические модели:

$$Y_{1R} = 47,998 + 5,000X_1 + 7,197X_2 + 0,253X_1^2 + 0,003X_2^2 + 1,700X_1X_2$$

$$Y_{2R} = 65,23 + 4,077X_1 + 3,367X_2 + 0,673X_1^2 + 1,227X_2^2 + 0,773X_1X_2$$

Ввиду того, что повторные опыты не проводились, проверку значимости коэффициентов регрессии осуществляем с использованием остаточной дисперсии (дисперсии адекватности). Такая возможность указана в литературе [107].

Для параметра Y_1 имеем: дисперсия адекватности $S_a^2\{Y_1\} = 4,822 \cdot 10^{-3}$.

Дисперсии коэффициентов: $S^2\{b\} = C_i\{Y_1\}$, где C_i – дисперсионная матрица, равная для плана Коно-2:

$$C_i = \begin{vmatrix} 0,556 & 0 & 0 & - & - & 0 \\ & & & 0,033 & 0,033 & \\ 0 & 0,167 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,167 & 0 & 0 & 0 \\ - & 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0,333 & & & & & \\ - & 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0 \\ 0,333 & & & & & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,25 \end{vmatrix}$$

Расчетные и табличные значения критерия Стьюдента для коэффициентов регрессии даны в таблице 2.13:

Таблица 2.13. Значения критерия Стьюдента для Y_1 .

Значение коэффициента регрессии	Расчетное значение критерия Стьюдента t_R	Табличное значение критерия Стьюдента $t_T = [P=0,95, f=N-k-1=2]=4,303$
47,998	927,329	4,303
5,000	176,369	4,303
7,197	253,854	4,303
0,253	5,159	4,303
0,003	0,068	4,303
1,700	48,962	4,303

Коэффициент $b_{22} = 0,003$ – не значимый.

Уравнение будет иметь вид:

$$Y_{1R} = 47,998 + 5,000X_1 + 7,197X_2 + 0,253X_1^2 + 1,700X_1X_2$$

Дисперсия адекватности после пересчета равна: $S_a^2\{Y_1\} = 3,125 \cdot 10^{-3}$.

Для параметра Y_2 имеем: $S_a^2\{Y_1\} = 1,405$.

Расчетные значения критерия Стьюдента для коэффициентов регрессии даны в таблице 2.14:

Таблица 2.14. Значения критерия Стьюдента для Y_1 .

Значение коэффициента регрессии	Расчетное значение критерия Стьюдента t_R	Табличное значение критерия Стьюдента $t_T = [P=0,95, f=N-k-1=2]=4,303$
65,22	73,82	4,303
4,077	8,423	4,303
3,367	6,956	4,303
0,673	0,803	4,303
-1,227	1,463	4,303
0,773	1,303	4,303

Значимы только свободный член и линейные коэффициенты.

Уравнение будет иметь вид:

$$Y_{2R} = 65,23 + 4,077X_1 + 3,367X_2$$

Дисперсия адекватности после пересчета равна: $S_a^2\{Y_1\} = 1,823$.

Проверка адекватности моделей обычным способом не возможна ввиду отсутствия повторностей и дисперсии воспроизводимости, поэтому используем методику, принятую в эконометрике [17]. Здесь разница между выходным параметром в каждом опыте и средним значением параметра раскладывается на две (первая обусловлена моделью, вторая обусловлена неучтенными факторами). В этом случае рассчитывают факторную дисперсию:

$$S_{\text{факт}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (y_p - \bar{y})^2}{k},$$

где « k – количество коэффициентов модели, y_p – расчетные значения, \bar{y} – общее среднее значение y » [17].

Для уравнения поверхностной плотности:

факторная дисперсия:

$$S^2_{\text{факт}} = S^2_{\text{факт}} = \frac{\sum_1^N (y_p - \bar{y})^2}{k} = \frac{472,440}{5} = 94,488$$

расчетное значение критерия Фишера: $F_p = 94,488 : 3,125 \cdot 10^{-3} = 30236$;

табличное значение критерия Фишера:

$$F_T [P = 0,95; f_1 = 5; f_2 = N - k - 1 = 3] = 9,013$$

Так как $F_R > F_T$, гипотеза о значимом влиянии полученной модели на выходной параметр, поверхностную плотность, не отвергается.

Для уравнения поверхностного заполнения:

факторная дисперсия:

$$S^2_{\text{факт}} = S^2_{\text{факт}} = \frac{\sum_1^N (y_p - \bar{y})^2}{k} = \frac{176,836}{3} = 58,945$$

расчетное значение критерия Фишера: $F_p = 58,945 : 1,823 = 32,324$;

табличное значение критерия Фишера:

$$F_T [P = 0,95; f_1 = 3; f_2 = N - k - 1 = 5] = 5,409.$$

Так как $F_R > F_T$, гипотеза о значимом влиянии полученной модели на выходной параметр, поверхностное заполнение, не отвергается.

Для иллюстрации результатов построения регрессионных моделей даны графики поверхности отклика и линий равного уровня: для поверхностной плотности (рисунки 2.12 и 2.13); для поверхностного заполнения (рисунки 2.14 и 2.15).

При поиске в среде MathCad минимума функции поверхностной плотности имеем:

$$Y_{1min} = G_{min} = 37,756 \text{ г/м}^2 \text{ при } X_{opt} = [-1, -1].$$

При поиске в среде MathCad максимума функции поверхностного заполнения:

$$Y_{2max} = E_{Smax} = 72,303 \% \text{ при } X_{opt} = [1, 1].$$

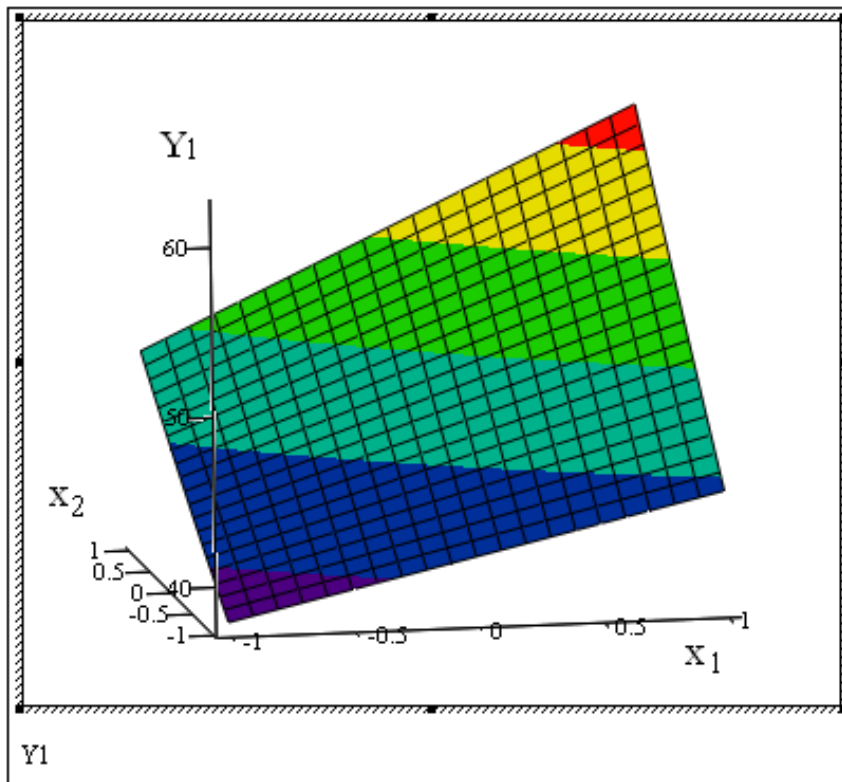


Рисунок 2.12. Вид поверхности отклика поверхностной плотности ткани.

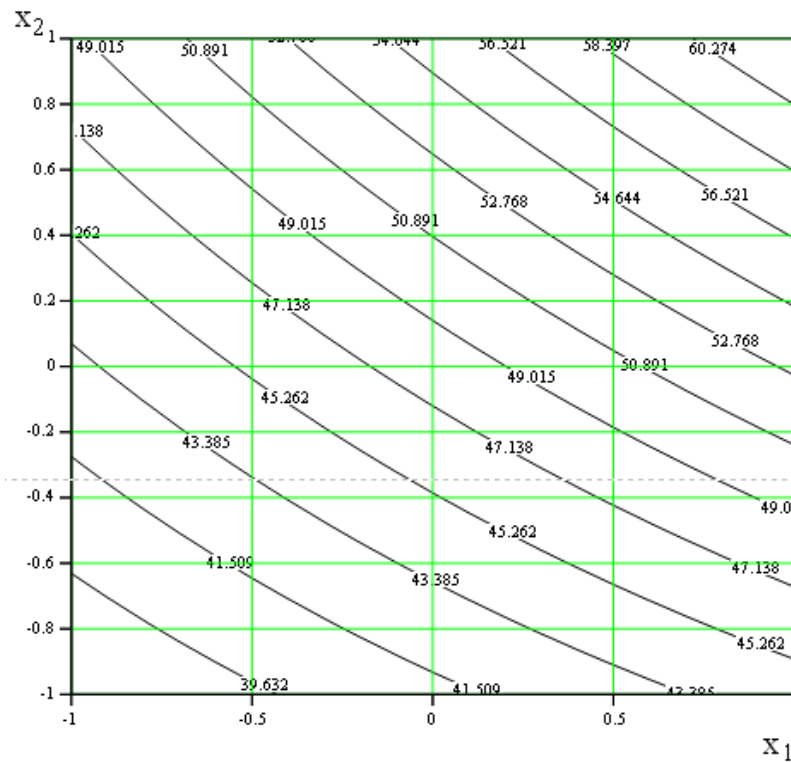


Рисунок 2.13. Линии равного уровня поверхностной плотности.

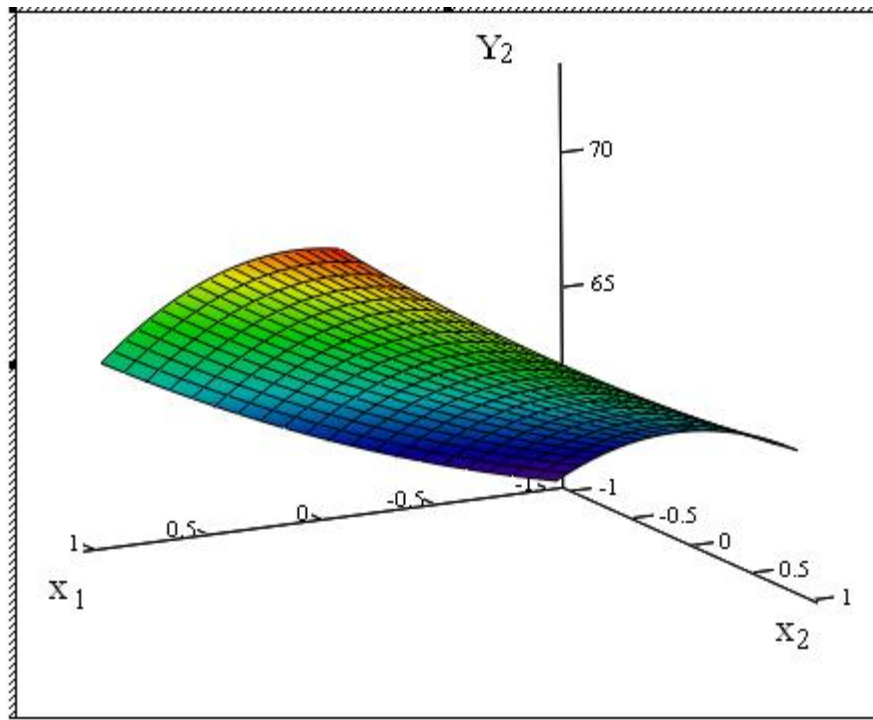


Рисунок 2.14. Вид поверхности отклика поверхностного заполнения ткани.

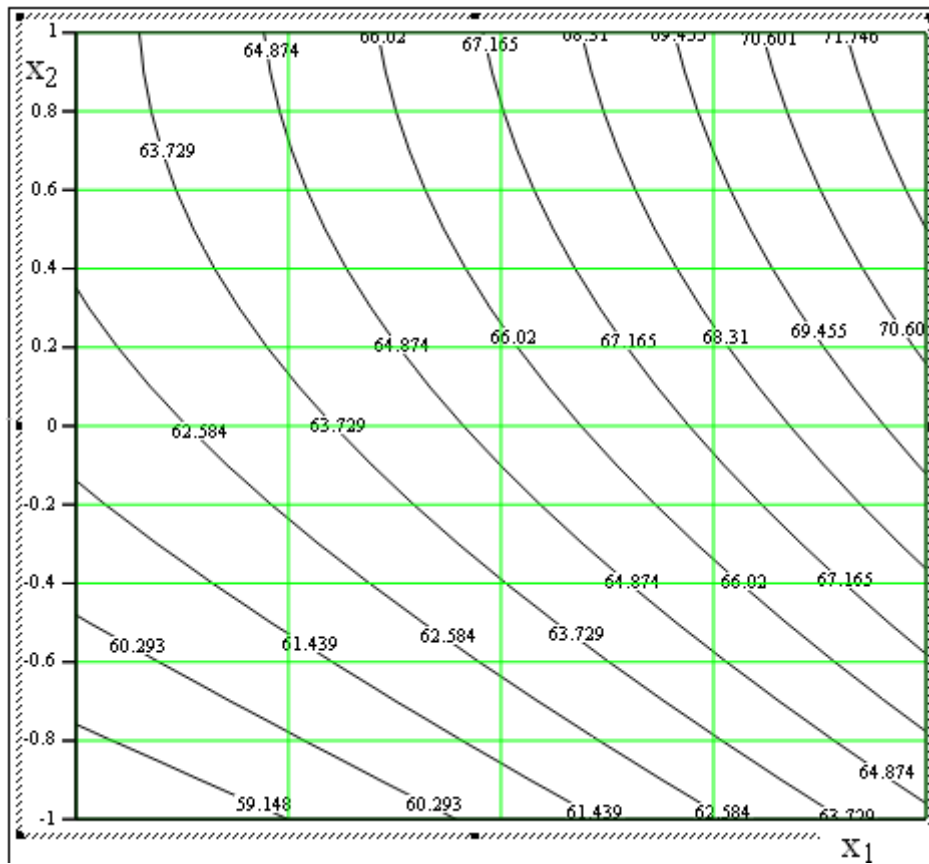


Рисунок 2.15. Линии равного уровня поверхностного заполнения.

Для получения оптимального решения с учетом двух критериев оптимизации формулируем задачу: имеется 2 выходных параметра (критерия оптимизации), которые имеют противоречивое влияние на изучаемый объект. Надо найти компромиссное решение, обеспечивающее максимум функции поверхностного заполнения при возможно меньшем значении поверхностной плотности.

Используем для многокритериальной оптимизации метод выделения главного критерия [91]. В качестве главного критерия примем поверхностную плотность. Функцию поверхностного заполнения переведем в класс ограничений. Тогда, задавая желаемую величину поверхностного заполнения, будем искать оптимальные значения X , обеспечивающие минимум поверхностной плотности. Задача решалась в среде MathCad.

Результаты оптимизационного расчета приведены в таблице 2.15, где задаются желаемые значения поверхностного заполнения E_S от 55% до 73% и приводятся полученные оптимальные решения.

Таблица 2.15. Результаты оптимизационного расчета.

E_S %	x_{1opt}	x_{2opt}	P_y н/дм	T_y , текс	M , г/м ²
55	-1	-1	325	3,30	37,76
60	-0,37	-1	388,4	3,30	39,85
65	0,86	-1	511,0	3,30	43,90
70	1	0.316	525	5,54	55,84
71	1	0,613	525	6,20	58,55
72	1	0,910	525	6,55	61,31
72,3	1	0,999	525	6,70	62,10

Результаты оптимизационного расчета показывают следующее. Если задать минимально возможное значение E_S в пределах варьирования факторов ($x_1 = -1, x_2 = -1$), то решение выдает минимальное значение P_y . На противоположной грани факторного пространства ($x_1 = 1, x_2 = 1$) – наоборот, при максимальном значении E_S получается максимальное значение M . Выбор компромиссного варианта лежит в пределах $E_S = 65 - 70$ % (таблица 2.15).

2.3. Исследование уработки нитей в парашютной ткани

Данный материал опубликован в нашей совместной с научным руководителем работе [28].

Уработка нитей в ткани является одним из параметров структуры ткани. Она влияет на поверхностную плотность ткани. Существует довольно много методов определения уработок. В процессе формирования ткани нити изгибаются. В связи с этим длина основы и утка всегда больше длины и ширины ткани. Уработка зависит от порядка фазы строения ткани. Точность определения уработки зависит от используемого метода.

Различают уработку по основе и уработку по утку (иногда ее называют усадкой). Уработка нитей выражается в процентах, ее можно определить по формуле:

$$a = \frac{L - L_1}{L} 100\% ,$$

где a – уработка в %, L – длина нити в ткани; L_1 – длина ткани [28].

Расчеты уработки должны обеспечивать результаты, близкие к экспериментальным и быть достаточно простыми и удобными в применении. Обычно уработку определяют по геометрической модели строения ткани. Простейший способ расчета длины изогнутой нити в ткани основан на определении ее длины по гипотенузе треугольника ABC (рис. 2.16). При этом стороны треугольника определяются суммой диаметров нитей и плотностями тканей (расстоянием между центрами соседних нитей), AC зависит от плотности по утку (в случае определения уработки по основе) – $AC=100/P_y$, или зависит от плотности по основе, $AC=100/P_o$ (в случае определения уработки по утку).

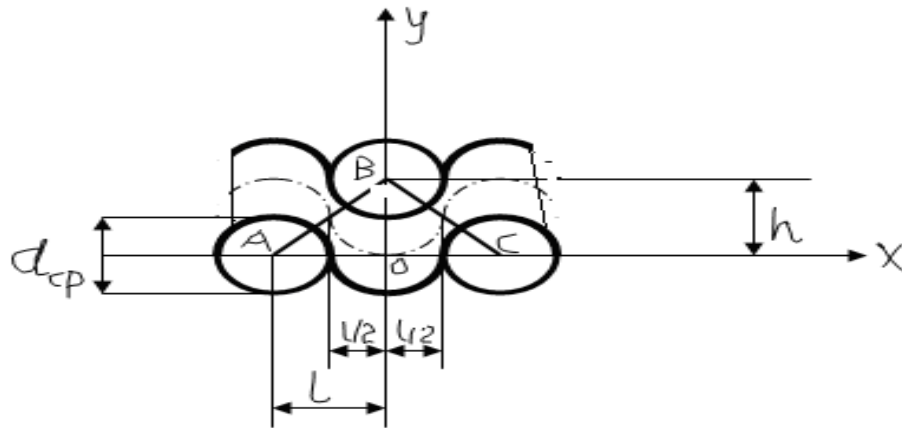


Рисунок 2.16. Геометрическая модель строения ткани полотняного переплетения.

Расстояние между центрами нитей основы и утка – катет AB зависит от фазы строения ткани. Величина уработки нити по основе определяется исходя из длины нити в ткани L (BC) и длины элемента ткани L_1 ($100/P_y$). Аналогично определяется уработка по утку. В данном случае предполагается, что нить в ткани располагается по гипотенузе треугольника ABC . В реальности нить в ткани располагается криволинейно, поэтому предлагаются различные способы учета криволинейных участков нити.

Известно достаточно много методов расчета уработки. Большинство из них основано на теории Пирса. «Параметры строения и свойства тканей рассматриваются как функции углов наклона прямолинейных отрезков нитей основы (или утка) к оси абсцисс» [28].

При этом «длина нитей основы или утка складывается в пределах раппорта из трех частей: прямолинейного отрезка и двух криволинейных участков, которые аппроксимируются либо дугой окружности, либо другой кривой второго порядка, например, эллипса. Таким образом, имеет место кусочная аппроксимация формы кривой, которую принимает нить основы и утка в ткани вследствие переплетения. Недостаток такого подхода состоит в том, что указанные методы расчета, основанные на теории Пирса, не позволяют получить общее выражение для определения фактической длины нити основы (или утка). Более того, при аппроксимации криволинейных

участков, отличных от окружности, длина нити на этих участках может быть определена только численным интегрированием, не говоря уже о том, что форма таких участков обладает определенным произволом. Например, в случае кривой в виде эллипса, надо задать параметры этой кривой – величины полуосей, эксцентриситет» [28].

На наш взгляд форма полуволены нити в раппорте лучше всего может быть описана кривой цепной линии

$$y = b + a \operatorname{ch} kx, \quad (01)$$

где a и k – параметры цепной линии.

Для данной аппроксимации длина полуволены нити (участок AC) можно рассчитать по формуле:

$$l = \int_A^B \sqrt{1 + (y'(x))^2} dx = \int_A^B \sqrt{1 + k^2 a^2 \operatorname{sh}^2 kx} dx \quad (1)$$

Данный интеграл можно определить только для частного случая ($a = k = 1$). Симметрия кривой AC и четность функции (01) не позволяет по трем точкам определить параметры кривой (01). Но функцию $\operatorname{ch} z$ можно представить в форме ряда по степеням переменной z :

$$\operatorname{ch} z = 1 + \frac{z^2}{2!} + \frac{z^4}{4!} + \dots = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{z^{2k}}{(2k)!}. \quad (2)$$

Но «при $|z| \leq 1$ основной вклад в значение функции дают первые два слагаемых. Так точное значение $\operatorname{ch} 1 = 1.543\dots$, а значение этой функции, вычисленное по двум слагаемым формулы (3) дает $\operatorname{ch} 1 = 1.5$, то есть погрешность вычисления по формуле (2) для значения аргумента $|z| = 1$ не превышает 3%. Отсюда следует, что для аппроксимации формы полуволены

нити в пределах раппорта ткани может быть выбран полином второго порядка» [28],

$$y = ax^2 + bx + c. \quad (3)$$

Для определения уработки в раппорте выбираем оси координат (рис.2.18). «Длина нити в пределах раппорта из двух кривых AC и CD , каждая из которых аппроксимируется уравнением параболы (3). Найдем параметры a , b , c для участка кривой AC из следующих уравнений» [28]:

$$\begin{aligned} y(-l/2) &= a \frac{l^2}{4} - b \frac{l}{2} + c, \\ y(0) &= c, \\ y(l/2) &= a \frac{l^2}{4} + b \frac{l}{2} + c, \end{aligned}$$

Должно выполняться условие: $y(-l/2)=y(l/2)=h/2$, $y(0) = h - d_{cp}$. Тогда можно определить $c = h - d_{cp}$. Решая систему уравнений с учетом параметра c

$$\begin{aligned} a \frac{l^2}{4} - b \frac{l}{2} &= d_{cp} - \frac{h}{2}, \\ a \frac{l^2}{4} + b \frac{l}{2} &= d_{cp} - \frac{h}{2} \end{aligned}$$

получаем

$$a = \frac{4d_{cp} - 2h}{l^2}, \quad b = 0. \quad (4)$$

Уравнение имеет вид

$$y = ax^2 + c = \frac{4d_{cp} - 2h}{l^2} x^2 + h - d_{cp}. \quad (5)$$

Использование параболы для аппроксимации позволяет нам иметь кривую непрерывной в узловых точках. Производная кривой также будет непрерывной. Рассмотрим точку C , в которой соединяются обе параболы – ABC и CDE . Парабола ABC описывается уравнением (5). Производная этого участка кривой имеет вид:

$$y' = 2ax = \frac{4d_{\text{cp}} - 2h}{l}. \quad (6)$$

Определим для участка кривой CD параметры параболы CDE для участка кривой CD из условий: $y(l/2) = y(3l/2) = h/2$, $y(l) = d_{\text{cp}}$. Получим следующую систему уравнений:

$$\begin{aligned} a \frac{l^2}{4} + b \frac{l}{2} + c &= \frac{h}{2}, \\ al^2 + bl + c &= d_{\text{cp}}, \\ a \frac{9l^2}{4} + b \frac{3l}{2} + c &= \frac{h}{2}. \end{aligned}$$

Из решения последней системы найдем

$$a = -\frac{4d_{\text{cp}} - 2h}{l}, \quad b = \frac{8d_{\text{cp}} - 4h}{l}, \quad c = 2h - 3d_{\text{cp}}.$$

Производная на данном участке кривой в точке C равна:

$$y' \left(\frac{l}{2} \right) = 2ax + b = a \frac{l}{2} + b = \frac{4d_{\text{cp}} - 2h}{l}$$

Она совпадает с выражением (6). Вторые производные в узловых точках имеют разрыв. Следовательно, данная аппроксимация формы кривой параболой не обеспечивает непрерывность в узловых точках.

Определим длину участка кривой AC

$$L_{ABC} = \int_{-1/2}^{1/2} \sqrt{1 + (y'(x))^2} dx,$$

или учитывая симметрию кривой относительно оси ординат

$$L_{ABC} = 2 \int_0^{1/2} \sqrt{1 + (y'(x))^2} dx, \quad (7)$$

Подставим уравнение (6) в уравнение (7), получим

$$L_{AC} = 2 \int_0^{1/2} \sqrt{1 + 4a^2 x^2} dx. \quad (8)$$

Далее необходимо перейти к безразмерной переменной $u=2ax$.
Значение $du = 2adx$, а интеграл (8) имеет вид

$$L_{ABC} = \frac{1}{a} \int_0^{al} \sqrt{1 + u^2} du = \frac{1}{a} I \Big|_0^{al} = \frac{1}{a} (I(al) - I(0)).$$

Вычислим интеграл

$$I = \int \sqrt{1 + u^2} du. \quad (9)$$

Положим $\sqrt{1 + u^2} = t - u$. Тогда $t^2 - 2tu = 1$, $u = \frac{t^2 - 1}{2t}$. Находим

$$du = \frac{t^2 + 1}{2t^2}, \quad t - u = \frac{t^2 + 1}{2t}. \quad (10)$$

Подставляя (9) в (10), получаем

$$I = \int \frac{(t^2 + 1)^2}{4t^3} dt = \frac{1}{4} \int \left(t + \frac{2}{t} + \frac{1}{t^3} \right) dt = \frac{t^2}{8} + \frac{1}{2} \ln|t| - \frac{1}{8t^2} = \frac{(t^2 - 1)(t^2 + 1)}{8t^2} + \frac{1}{2} \ln|t|.$$

Возвращаясь к исходной переменной u , получим

$$I = \frac{1}{2}u\sqrt{1+u^2} + \frac{1}{2}\ln(u + \sqrt{1+u^2})$$

Таким образом,

$$L_{ABC} = \frac{I(la) - I(0)}{a} = \frac{1}{2a} \left[la\sqrt{1+l^2a^2} + \ln(la + \sqrt{1+l^2a^2}) \right].$$

Учитывая значение для параметра a в формуле (5), получим выражение для всей длины всей кривой в пределах раппорта

$$L_{ABC} = l\sqrt{1 + \left(\frac{4d_{cp} - 2h}{l}\right)^2} + \frac{l^2}{4d_{cp} - 2h} \ln\left(\frac{4d_{cp} - 2h}{l} + \sqrt{1 + \left(\frac{4d_{cp} - 2h}{l}\right)^2}\right). \quad (11)$$

Тогда для вычисления длины нитей основы и утка соответственно получаем следующие выражения

$$L_{oc} = l_{ym}\sqrt{1 + \left(\frac{4d_{cp} - 2h}{l_{ym}}\right)^2} + \frac{l_{ym}^2}{4d_{cp} - 2h} \ln\left(\frac{4d_{cp} - 2h}{l_{ym}} + \sqrt{1 + \left(\frac{4d_{cp} - 2h}{l_{ym}}\right)^2}\right),$$

$$L_{ym} = l_{oc}\sqrt{1 + \left(\frac{4d_{cp} - 2h}{l_{oc}}\right)^2} + \frac{l_{oc}^2}{4d_{cp} - 2h} \ln\left(\frac{4d_{cp} - 2h}{l_{oc}} + \sqrt{1 + \left(\frac{4d_{cp} - 2h}{l_{oc}}\right)^2}\right),$$

Имея данные зависимости можно рассчитать уработку основных и уточных нитей для необходимой нам фазы строения ткани.

В таблицах 2.16 и 2.17 даны результаты расчета.

Таблица 2.16. Параметры структуры ткани для расчета уработки нитей утка.

Фаза	D_{cp}	h	L_o	L_{uf}	$A_u=(L_{uf}-L_o)/L_{uf}$
1	0,084	0,168	0,278	0,335525383	17,14%
2	0,084	0,147	0,278	0,323428095	14,05%
3	0,084	0,126	0,278	0,312378116	11,01%
4	0,084	0,105	0,278	0,302539973	8,11%
5	0,084	0,084	0,278	0,29409703	5,47%
6	0,084	0,063	0,278	0,287244294	3,22%
7	0,084	0,042	0,278	0,282174093	1,48%
8	0,084	0,021	0,278	0,279053962	0,38%
9	0,084	0	0,278	0,278	0,00%

Таблица 2.17. Параметры структуры ткани для расчета уработки нитей ОСНОВЫ.

Фаза	D_{cp}	h	L_u	L_{of}	$A_o=(L_{of}-L_u)/L_{of}$
1	0,084	0,168	0,25	0,25	0,00%
2	0,084	0,147	0,25	0,251171071	0,47%
3	0,084	0,126	0,25	0,254627387	1,82%
4	0,084	0,105	0,25	0,260213359	3,92%
5	0,084	0,084	0,25	0,267710989	6,62%
6	0,084	0,063	0,25	0,276879114	9,71%
7	0,084	0,042	0,25	0,287482624	13,04%
8	0,084	0,021	0,25	0,299308667	16,47%
9	0,084	0	0,25	0,312172728	19,92%

Используем интерполирование с помощью сплайн-функций, как один из наиболее эффективных способов.

«Математически сплайн – это многочлен $s(x)$ специального вида, принимающий в заданных узлах кривой» [28] $f(x)$ значения $s_i(x)=s(x_i)$, которое совпадает со значениями функции $f(x_i)$, и обеспечивает непрерывность в них первой и второй производной. Целесообразно использовать кубические сплайн-многочлены.

Для построения сплайн-функции $s(x)$ на отрезке $[a, b]$, на котором каким-либо образом заданы значения функции $f(x)$, введем сетку

$$a_0 = x_0 < x_1 < \dots < x_n = b$$

Обозначим значения $f_i(x)=f(x_i)$, $i=0,1,\dots,n$, функции $f(x)$ в заданных узлах x_i . На каждом из отрезков $[x_{i-1}, x_i]$, $i=1,2,\dots,n$, найдем функцию $s(x)=s_i(x)$, в виде многочлена третьей степени

$$s_i(x) = a_i + b_i(x - x_i) + \frac{c_i}{2}(x - x_i)^2 + \frac{d_i}{6}(x - x_i)^3$$

где a_i, b_i, c_i, d_i – коэффициенты многочлена, они определяются на каждом отрезке $[x_{i-1}, x_i]$ из условий интерполирования [110]: $a_i = f(x_i)$, $i = 1, 2, \dots, n$; и условий непрерывности первой и второй производных.

Условия непрерывности производных на концах отрезков дают $3n - 2$ уравнений для $3n$ неизвестных b_i, c_i, d_i . Два недостающих уравнения получают из граничных условий на концах отрезка $[a, b]$ [28].

Для нашего случая используем «естественные» граничные условия, для них на концах отрезка вторые производные равны нулю:

$$s''(a) = 0, \quad s''(b) = 0. \quad (01)$$

Тогда получаем систему уравнений для определения коэффициентов c_i

$$\begin{aligned} c_0 &= 0, \\ \Delta x_i c_{i-1} + 2(\Delta x_i + \Delta x_{i+1})c_i + \Delta x_{i+1}c_{i+1} &= 6 \left(\frac{f_{i+1} - f_i}{\Delta x_{i+1}} - \frac{f_i - f_{i-1}}{\Delta x_i} \right), \quad i = 1, 2, \dots, n-1, \\ c_n &= 0, \end{aligned}$$

где $\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$. После вычисления коэффициентов c_i определяются коэффициенты b_i и d_i с помощью явных формул:

$$d_i = \frac{c_i - c_{i-1}}{\Delta x_i}, \quad b_i = \frac{\Delta x_i c_i}{2} - \frac{\Delta x_i^2 d_i}{6} + \frac{f_i - f_{i-1}}{\Delta x_i}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Для нашего случая используем сплайн для интерполяции кривой, которая задает форму нитей на отрезке $[-l/2; l/2]$. Здесь концы заданного отрезка соответствуют точкам перегиба кривой.

При данных условиях для построения сплайн-многочлена используем только три точки, для них известны значения кривой: $A(-l/2, h/2)$, $B(0, h-d_{cp})$, $C(-l/2, h/2)$. Данные точки разбивают отрезок $[-l/2; l/2]$ на два одинаковых отрезка $[-l/2; 0]$ и $[0; l/2]$. Тогда $\Delta x_1 = \Delta x_2 = \Delta x = l/2$. Система уравнений (01) принимает следующий вид

$$\begin{aligned} c_0 &= 0, \\ 4\Delta x c_1 &+ = 6 \left(\frac{f_2 - 2f_1 + f_0}{\Delta x} \right), \\ c_n &= 0, \end{aligned}$$

Решение системы сводится к решению одного уравнения относительно коэффициента c_1

$$c_1 = \frac{6}{l^2} (2D_{cp} - h).$$

Далее находим

$$d_1 = \frac{c_1}{\Delta x} = \frac{12(2D_{cp} - h)}{l^3}, \quad b_1 = 0, \quad d_2 = -\frac{12(2D_{cp} - h)}{l^3}, \quad b_2 = 0, \quad a_1 = h - d_{cp}, \quad a_2 = \frac{h}{2}$$

Так как кривая ABC симметрична относительно оси ординат, то для расчета ее длины на промежутке $[-l/2; l/2]$ достаточно определить ее длину на отрезке $[-l/2; 0]$. Для данного отрезка справедливо:

$$s_1(x) = \frac{h}{2} + \frac{c_1}{2} x^2 + \frac{d_1}{6} x^3, \quad s_1'(x) = c_1 x + \frac{d_1}{2} x^2, \quad x \in [-\frac{l}{2}; 0].$$

На отрезке $[-l/2; 0]$ длина кривой равна:

$$L_{AB} = \int_{-l/2}^0 \sqrt{1 + (s'(x))^2} dx,$$

а на всем отрезке $[-l/2; l/2]$

$$L = 2 \int_{-l/2}^0 \sqrt{1 + \left(c_1 x + \frac{d_1 x^2}{2}\right)^2} dx.$$

Приведенный интеграл может быть вычислен только численно [83].

«Отметим, что применение сплайнов дает очень хорошие результаты при аппроксимации в случае малых расстояний Δx_i между узлами, так как погрешность аппроксимации сплайном функции $f \in C^{IV}[a, b]$, имеющей непрерывные производные на отрезке $x \in [a, b]$ до четвертого порядка включительно, имеет следующую оценку» [110]:

$$\|f(x) - s(x)\|_{C[a,b]} \leq M \cdot (\Delta x)^4,$$

где $M = \|f^{IV}(x)\|_{C[a,b]}$.

Для оценки величины погрешности нами протестировано применение сплайнов подобных задач. При тестировании использована функция $y = \sin x$, ее интервал интерполирования сплайном на отрезке $[0, \pi]$ по трем точкам $(0; 0)$, $(\pi/2; 1)$, $(\pi; 0)$. Длина отрезка $\Delta x = \pi/2 > 1$. Результаты тестирования показали, что максимальная погрешность интерполяции не превышала 4%, а длина кривой $y = \sin x$ на отрезке $[0, \pi]$ отличалась от интерполирующего сплайна на 0,4%.

Результаты вычисления значений фактической длины нити основы и утка и уработок нитей при аппроксимации кривой кубическим сплайном показаны в таблице 2.18.

Таблица 2.18. Результаты расчета уработок при аппроксимации кубическим сплайном.

Фаза	L_{ut}	$A_{os}, \%$	L_{os}	$A_{ut}, \%$
1	0.2500	0	0.3317	16,18
2	0.2508	0,31	0.3201	13,17
3	0.2531	1,21	0.3097	10,24
4	0.2568	2,66	0.3005	7,49
5	0.2620	4,56	0.2927	5,01
6	0.2683	6,84	0.2864	2,93
7	0.2759	9,38	0.2818	1,34
8	0.2845	12,11	0.2789	0,34
9	0.2939	14,95	0.2780	0

Данные таблицы свидетельствуют о небольших различиях уработок, определенных при различной аппроксимации формы кривой. О выборе оптимального метода можно говорить при сравнении расчетных и экспериментальных данных. Однако можно подтвердить вывод о том, что «при аппроксимации произвольной кривой лучшие результаты дают полиномы более высокого порядка» [28]. В нашем случае, это кубический сплайн ($l_{ан} \approx 3,820$, $l_{пар} \approx 3,853$ для исследуемого отрезка), при аппроксимации параболой $l_{сп} \approx 3,802$. Ошибка при аппроксимации параболой будет 0,86%, а при аппроксимации сплайном – 0,47%.

Выводы по главе

1. Составлена программа в среде MathCad, позволяющая оперативно реализовать требуемые в данном случае вычисления, автоматизируя расчеты геометрических параметров парашютных тканей.
2. Проведен расчет геометрических параметров, получены модели основных геометрических параметров парашютных тканей от порядка фазы строения.
3. Проведен сравнительный анализ параметров структуры тканей арт. 56307 ($T = 4$ текс) и арт. 56005 ($T = 5$ текс) по основным геометрическим параметрам: высоте волны нити в ткани, геометрической плотности, коэффициенту наполнения, максимальной плотности ткани, толщине ткани,

объемному заполнению, уработке ткани, поверхностной плотности ткани, величине сквозных пор в ткани и линейному заполнению ткани в зависимости от фаз строения ткани.

4. Проведен сравнительный анализ основных параметров структуры тканей арт. 56011 М и арт. 86109, таких как объемное заполнение и поверхностная плотность. Получен следующий результат: ткань, сформированная из нитей линейной плотности $T = 3,3$ текс имеет заметно меньшую поверхностную плотность (на 86%), но несколько большую воздухопроницаемость (на 30%) по сравнению с тканью с нитями $T = 6,7$ текс.

5. Оптимизация структуры ткани, проведенная экспериментальным путем, на основе факторного эксперимента, позволила найти плотность ткани по утку и линейную плотность уточной нити, которые позволяют получить рациональные структуры тканей с минимальной воздухопроницаемостью и минимальной поверхностной плотностью.

6. Получены модели объемного заполнения и поверхностной плотности тканей арт. 56307 и арт. 56005 в зависимости от фазы строения, которые указывают на оптимальный порядок фазы строения этих тканей. Это фаза V, при которой ткани обоих артикулов имеют минимальную воздухопроницаемость при минимальной массе квадратного метра.

7. Рекомендовать увеличить плотности ткани по утку для ткани арт. 56307 ($T = 4$ текс) до $P_y = 511$ нит/дм, что даст $E_S \geq 65\%$; для арт. 56005 ($T = 5$ текс) $P_y = 525$ нит/дм, а это позволит получить $E_S \approx 70\%$. Эти значения P_y для обоих артикулов соответствуют минимальным значениям поверхностной плотности G .

8. Расчет по полученным регрессионным моделям дает при подстановке рекомендуемых значений P_y следующие результаты:

- Для ткани арт. 56307 $E_S = 66,4\%$; $G = 47,3$ г/м²;
- Для ткани арт. 56005 $E_S = 68,9\%$; $G = 53,0$ г/м².

ГЛАВА 3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ ТКАНИ

3.1. Описание метода расчета прочности ткани

Материал данного раздела опубликован нами в статье [30].

Существуют разные методы проектирования ткани по прочности. Однако все они не учитывают деформации нитей основы и утка при их взаимодействии в ткани. Рассмотрение нитей как гибких цилиндров дает существенную ошибку результата расчета. Особенно это характерно для тканей из полиамидных нитей, у которых удлинение при деформации составляет значительную величину и в отдельных случаях достигает 30%. Поэтому проектирование ткани по прочности следует производить с учетом их деформации при взаимном воздействии друг на друга в процессе ткачества и в ткани.

В.П. Щербаковым предложена теория механики упругой нити в нелинейной постановке при рассмотрении геометрической и физической нелинейности. При этом изложены элементы вязкоупругости, реологические модели и наследственная упругость. Это позволяет учитывать удлинение нитей основы и утка в процессе их взаимодействия в ткани, обусловленного силами прибоя и заступа. Используя теорию В.П. Щербакова, изложенную в [113-115], можно проектировать ткань с заданными геометрическими параметрами (величиной высоты волны, определяющей фазу строения и толщину ткани).

Между деформацией и напряжением для жестких стержней существует линейная зависимость, и коэффициентом пропорциональности является модуль упругости Гука (E). Такую модель при анализе деформации нитей использовать не совсем корректно, так как деформация нитей имеет три составляющие: упругую, пластическую и эластическую. Поэтому связь между силой и напряжением, между деформацией и силой будем искать в

отличие от линейной, аппроксимируя экспериментальные данные, приведенные в таблице 3.1.

Для проведения расчетов необходимо ввести исходные данные, в частности установить зависимость между деформацией ε и напряжением σ .

Проводим эксперимент на разрывной машине FP-100/1 Результаты измерений заносим в таблицу 3.1.

Таблица 3.1. Экспериментальные данные.

ε (x)	0,008	0,036	0,080	0,120	0,170	0,200
y	0,040	0,134	0,255	0,353	0,468	0,533

Базируясь на характере расположения точек и используя известную методику, предложенную в частности в [113], искомую кривую ищем в классе степенных функций, то есть $\sigma = E\varepsilon^m$. Для нахождения коэффициентов E и m удобно использовать метод наименьших квадратов, суть которого заключается в минимизации расхождения между расчетными и экспериментальными значениями, то есть

$$\sum_{i=1}^n (\sigma_{i3} - E \times \varepsilon_i^m)$$

Аппроксимация проводилась с использованием среды Mathcad, в результате были найдены постоянные степенной функции. В частности, для полиамидной нити линейной плотности $T = 4$ текс, имеющей прочность 237,1 Гс и относительное удлинение при разрыве $\varepsilon_p = 0,2$, получены значения: $E = 1,949$; $m = 0,805$.

После того, как зависимость между ε и σ установлена, ее можно трансформировать на элемент ткани, в котором происходит деформация основных и уточных нитей под воздействием сил взаимного давления друг на друга.

Однако отношение расчетной разрывной нагрузки, приходящейся на одну нить в ткани, к разрывной нагрузке нити, не заработанной в ткань, может колебаться от 0,8 до 1,5 в зависимости от строения ткани, равномерности нитей и других факторов. Исследования Б.П. Позднякова и

Н.Г. Новикова показали, что увеличение разрывной нагрузки на одну нить в ткани является следствием повышения силы трения между волокнами, происходящего благодаря их сжатию в местах переплетения нитей, а наоборот чрезмерный рост плотности, приводящей к большей изогнутости нитей, снижает разрывную нагрузку.

Моделирование прочности ткани описано в работах проф. В.П. Щербакова [113-115].

В расчете прочности ткани принимается упрощенная геометрическая модель элементарной ячейки ткани (рис. 3.1). Плавно изогнутые оси нитей в этой модели заменяются прямыми линиями с точками перегибов в местах перекрытий основных и уточных нитей.

Длина структурного элемента вдоль основы (ось x_1) обозначена через t_{01} , вдоль утка (ось x_2) - t_{02} . Индекс 0 означает недеформированное состояние, индекс 1 относится к величинам, соответствующим нити основы, 2 - нити утка.

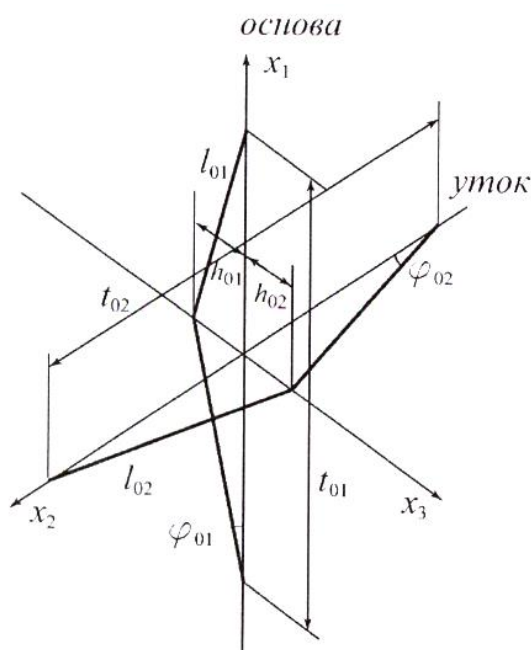


Рисунок 3.1. Геометрическая модель структурного элемента.

Расстояние между нейтральной линией структуры и осью нити в точке перегиба в направлении толщины имеет обозначение h_{01} и h_{02} .

С учетом линейной плотности T_i и объемной массы нити ρ получается следующее выражение для расчета натяжения нити T_{fi} :

$$T_{fi} = E_i \varepsilon_{fi}^m \frac{T_i}{\rho} \quad (3.1)$$

Предполагаем, что расстояния между нитью основы и нитью утка на линии их контакта сохраняются постоянными при условии постоянных поперечных размеров нитей:

$$h_1 + h_2 = h_{01} + h_{02} \quad (3.2)$$

На ткацком станке действует растягивающая сила f_i . Если в ткань на определенном участке, где действует эта сила, заработано n_i нитей, то на конце одной нити по оси x_i действует сила $F_i = f_i/n_i$.

На рисунке 3.2 показаны эти силы и показаны нити в структурном элементе до деформирования (пунктиром) и результате деформирования – сплошными линиями.

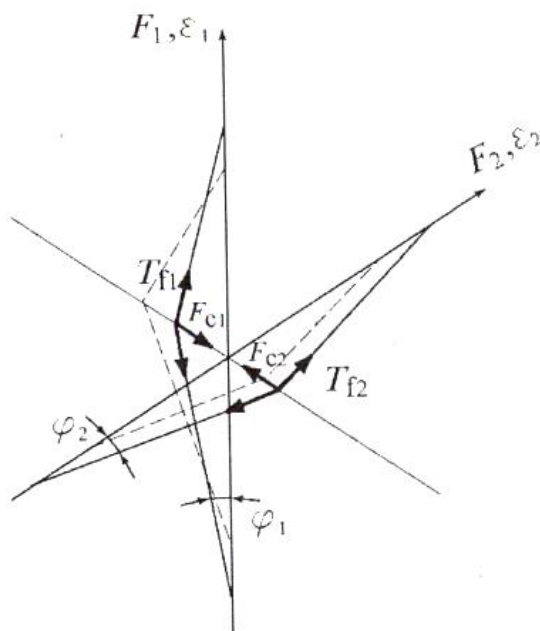


Рисунок 3.2. Геометрическая модель деформированного элемента.

При растяжении по осям нити имеют натяжение T_{fi} ,

$$F_i = T_{fi} \cos \varphi_i, \quad (3.3)$$

где φ_i – угол между осью нити и нейтральной линией структуры, который определяется из выражения:

$$\varphi_i = \arctg \left[\frac{2h_i}{(1 + \varepsilon_i) \cdot t_{0i}} \right] \quad (3.4)$$

Деформация ткани ε_i связана с деформацией нити ε_{fi} следующим выражением:

$$\varepsilon_{fi} = \frac{l_i}{l_{0i}} - 1 = \frac{\frac{t_{0i}}{2} \sqrt{\left(\frac{2h_i}{t_{0i}}\right)^2 + (1 + \varepsilon_i)^2}}{l_{0i}} - 1, \quad (3.5)$$

где l_{0i} – длина нити в недеформированном состоянии;

l_i – длина нити в результате деформирования (рис. 4.1).

На рисунке 3.2 показаны силы F_{c1} и F_{c2} , которые действуют в зоне контакта основной и уточной нитей и которые являются результирующими распределенных в структурном элементе сил.

Из (3.2) имеем $h_2 = h_{01} + h_{02} - h_1$, с учетом этого, а также (3.1) и (3.5) эти силы определяются следующими выражениями:

$$F_{c1} = \left(E_1 \varepsilon_{f1}^{m_1} \frac{T_1}{\rho} \right) \cdot \frac{4h_1 / t_{01}}{\sqrt{\left(\frac{2h_1}{t_{01}}\right)^2 + (1 + \varepsilon_1)^2}} \quad (3.6)$$

$$F_{c2} = \left(E_1 \varepsilon_{f2}^{m_2} \frac{T_2}{\rho} \right) \cdot \frac{4(h_{01} + h_{02} - h_1) / t_{02}}{\sqrt{\left(\frac{2h_{01} + h_{02} - h_1}{t_{02}}\right)^2 + (1 + \varepsilon_2)^2}} \quad (3.7)$$

Согласно закону Ньютона:

$$F_{c1} = F_{c2} \quad (3.8)$$

Подставив (3.6) и (3.7) в (3.8) получаем математическую модель, которая совместно с (3.5), рассчитывающей после подстановки соответствующих индексов функции ε_{f1} и ε_{f2} . Эта модель связывает влияющие параметры в структурном элементе ткани. В результате решения

данной системы уравнений находим необходимые для дальнейших расчетов значения h_{01} , ε_{01} , ε_{f2} . Причем следует иметь в виду, что при решении системы (3.5) – (3.8) необходимо учесть разрывное удлинение нити, в частности для расчета прочности полоски вдоль основы принять $\varepsilon_{f1} = \varepsilon_{разр}$.

Для расчета прочности полоски ткани в расчете на одну нить F_o используем (3.3) с подстановкой (3.4). Затем, по величине плотности ткани по основе определяем количество нитей основы n_o в стандартной полоске ткани и находим прочность полоски:

$$F_{тк.о} = F_o \cdot n_o.$$

Все дальнейшие расчеты проведены с помощью программы, составленной в Mathcad.

3.2. Влияние порядка фазы строения ткани на ее прочностные показатели

Расчет проведен для ткани арт. 56307, в этом случае: линейная плотность утка и основы $T_o = T_y = 4$ текс; плотность ткани по основе $P_o = 360$ н/дм и утку $P_y = 380$ н/дм. По результатам испытаний прочность нити 237,1 Гс, разрывное удлинение $\varepsilon_p = 0,2$.

Расчет проведен по программе в среде Mathcad. В программе задавали соответствующие каждой фазе значения половины высоты волны $h_o/2$ и $h_y/2$. Значения, соответствующие крайним порядкам фазы I и IX, в расчет не включали в связи с трудностью практической выработки таких тканей.

Результаты приведены в таблице 3.1, где даны расчетные значения прочности полоски в направлении вдоль основы $F_{орасч}$ и вдоль утка $F_{урасч}$ в зависимости от фазы строения.

Таблица 3.2. Зависимость прочности полоски ткани в зависимости от фазы строения при $T_o = T_y = 4$ текс.

Параметры	Порядок фазы строения ткани								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
h_o , мм	0	0,019	0,038	0,057	0,075	0,094	0,113	0,131	0,150
h_y , мм	0,150	0,131	0,113	0,094	0,075	0,057	0,038	0,019	0
$h_o/2$	0	0,0095	0,019	0,028	0,038	0,047	0,056	0,0655	0,075
$h_y/2$	0,075	0,0655	0,056	0,047	0,038	0,028	0,019	0,0095	0
$F_{орасч}$, Н	--	426,17	425,45	424,31	423,70	422,78	422,46	422,25	--
$F_{урасч}$, Н	--	408,97	417,77	424,57	429,93	433,92	436,35	437,89	--

Графики зависимости расчетной прочности полоски ткани вдоль основы от фазы строения для ткани при линейной плотности утка и основы $T_o = T_y = 4$ текс изображены на рисунках 3.3 (для прочности полоски ткани вдоль основы) и 3.4 (для прочности полоски ткани вдоль утка).

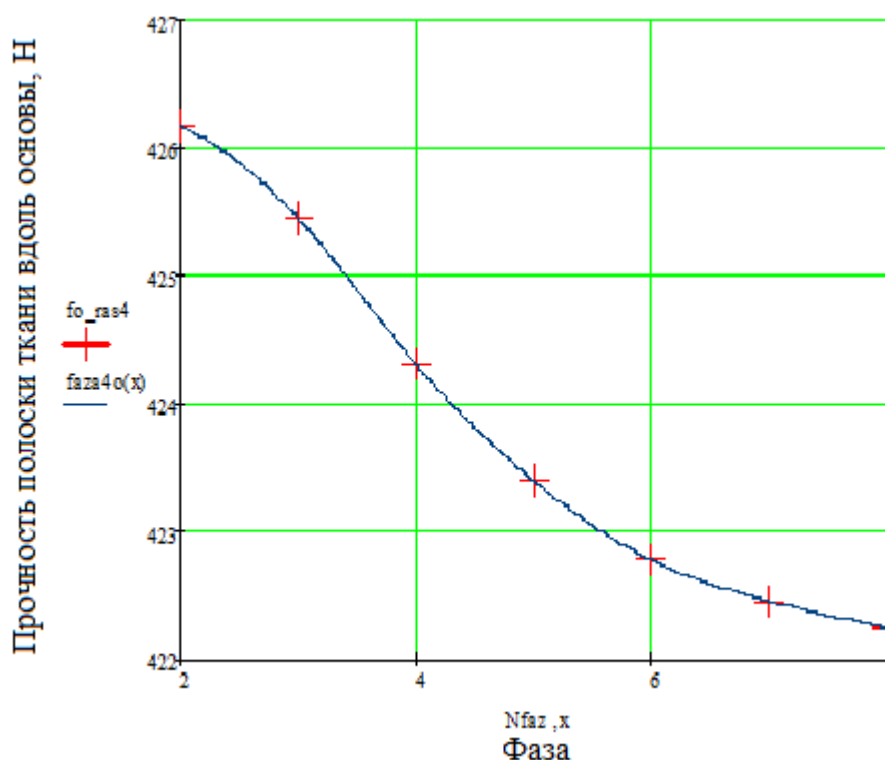


Рисунок 3.3. График зависимости прочности полоски ткани вдоль основы от фазы строения ($T_o = T_y = 4$ текс).

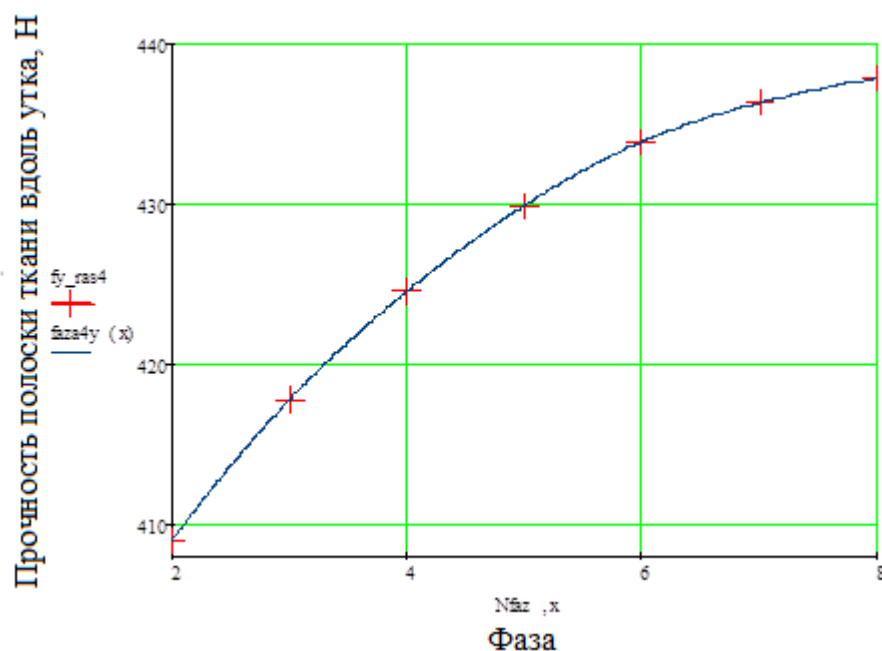


Рисунок 3.4. График зависимости прочности полоски ткани вдоль утка от фазы строения ($T_o = T_y = 4$ текс).

Также по программе в среде Mathcad проведен расчет для ткани арт. 56005, то есть для случая: $T_o = T_y = 5$ текс; $P_o = 540$ н/дм, $P_y = 510$ н/дм; прочность нити 260,3 Гс, разрывное удлинение $\epsilon_p = 0,26$. Прочность полоски в направлении вдоль основы $F_{орасч}$ и вдоль утка $F_{урасч}$ в зависимости от фазы строения приведена в табл. 3.3.

Таблица 3.3. Зависимость прочности полоски ткани в зависимости от фазы строения ($T_o = T_y = 5$ текс).

Параметры	Порядок фазы строения								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
h_o , мм	0	0,021	0,042	0,063	0,084	0,105	0,126	0,147	0,168
h_y , мм	0,168	0,147	0,126	0,105	0,084	0,063	0,042	0,021	0
$h_o/2$, мм	0	0,0105	0,021	0,0315	0,042	0,0525	0,063	0,0735	0,084
$d_y/2$, мм	0,084	0,0735	0,063	0,0525	0,042	0,0315	0,021	0,0105	0
$F_{о.расч}$, Н	--	688,64	686,12	682,64	678,89	675,76	673,63	672,85	--
$F_{у.расч}$, Н	--	517,19	539,38	560,28	578,69	594,12	605,35	612,40	--

График зависимости расчетной прочности полоски ткани вдоль основы $F_{о.расч}$ от фазы строения для ткани с пряжей $T_o = T_y = 5$ текс изображен на

рисунке 3.5. График зависимости расчетной прочности полоски ткани вдоль утка $F_{y,расч}$ для того же случая изображен на рисунке 3.6.

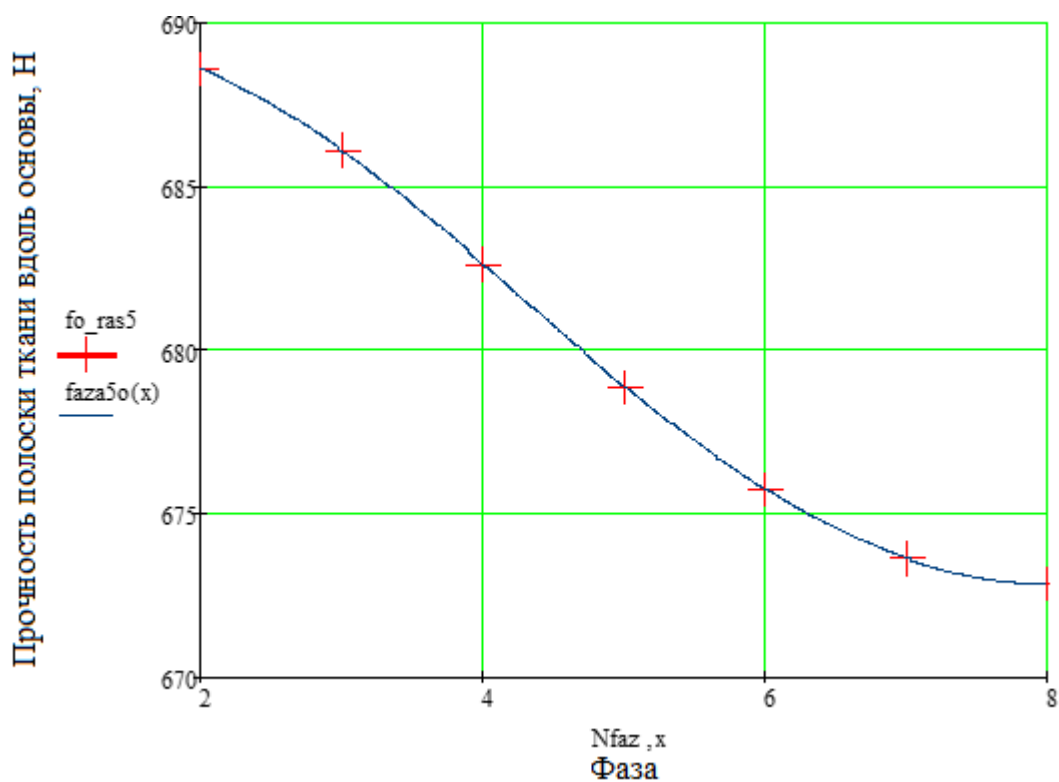


Рисунок 3.5. График зависимости прочности полоски ткани вдоль основы от фазы строения ($T_o = T_y = 5$ текс).

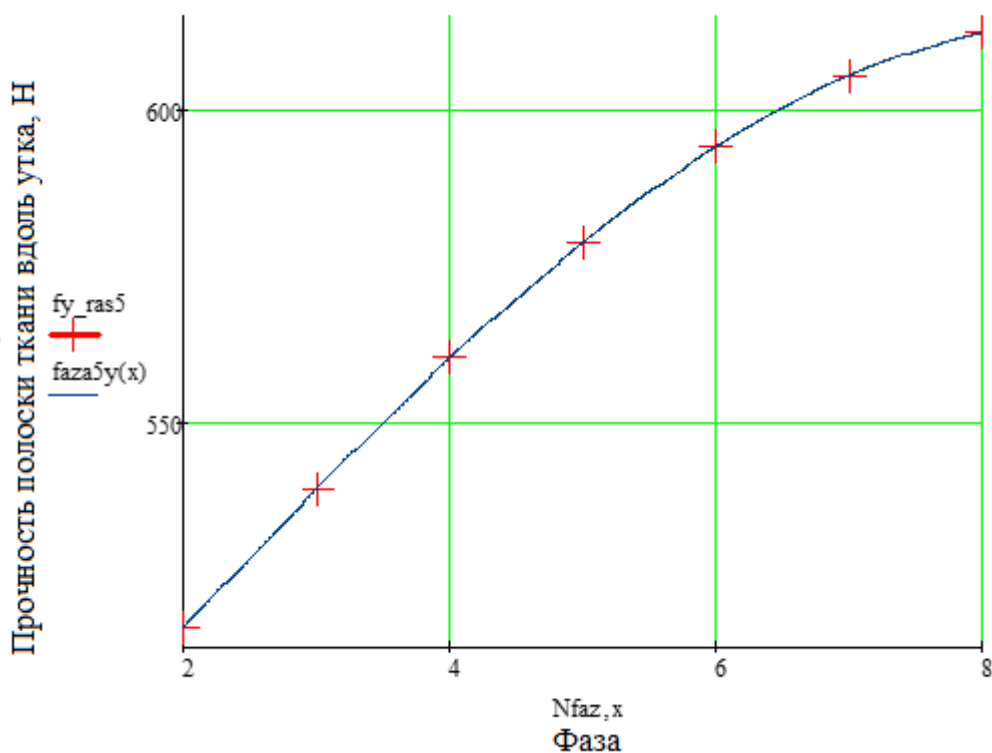


Рисунок 3.6. График зависимости прочности полоски ткани вдоль утка от фазы строения ($T_o = T_y = 5$ текс).

По результатам проведенного исследования можно сделать такие выводы. При изменении порядка фазы строения ткани от II до VIII происходят следующие изменения расчетной прочности полоски ткани: прочность полоски ткани арт. 56307 вдоль основы $F_{o,расч}$ уменьшается от 426,1 Н до 422,2 Н, или на 0,9%, а для ткани арт. 56005 уменьшение $F_{o,расч}$ наблюдается от 688,6 Н до 672,8 Н, т.е. на 2,3 %.

Прочность полоски ткани арт. 56307 вдоль утка $F_{y,расч}$ увеличивается от 409,0 Н до 437,9 Н, или на 7,1%, а для ткани арт. 56005 увеличение $F_{y,расч}$ наблюдается от 517,2 Н до 612,4 Н, т.е. на 18,4 %.

Можно заметить, что изменение структуры ткани от фазы II до фазы VIII, приводит к уменьшению прочности полоски вдоль основы, причем для ткани арт. 56005 ($T_o = T_y = 5$ текс, $P_o = 540$ н/дм, $P_y = 510$ н/дм) это уменьшение больше.

То же изменение структуры ткани от фазы II до фазы VIII приводит к увеличению прочности полоски вдоль утка, причем в большей степени для ткани арт. 56005: на 18,4 %, тогда как для ткани арт. 56307 увеличение прочности $F_{y,расч}$ только 7,1%. Эти результаты можно объяснить большей прочностью нитей и большей плотностью ткани по основе и утку в ткани арт. 56005.

В целом можно сказать, что для ткани с линейной плотностью нитей $T = 4$ текс и сравнительно небольшой плотностью ткани по основе и утку изменение порядка фаз строения влияет на прочность ткани в меньшей степени, чем для ткани с линейной плотностью нитей $T = 5$ текс и с большей плотностью ткани по основе и утку. Кроме того, изменение прочности полоски ткани вдоль утка сильнее зависит от фаз строения, чем прочность вдоль основы.

Для поиска оптимальной структуры тканей построены графики $F_{o,расч}$ и $F_{y,расч}$ в одних осях координат: для ткани арт. 56307 на рисунке 3.7, а для ткани арт. 56005 на рисунке 3.8. Нетрудно видеть, что для ткани арт. 56307 (рис. 3.7) равенство прочности ткани по обоим направлениям имеет место

при IV фазе. А для ткани арт. 56005 (рис. 3.8) равенства прочностей не имеется, что может быть из-за неоптимального соотношения плотности ткани по основе и утку. Прочность полосы по утку лежит ниже прочности по основе, и для выравнивания этих значений следует увеличить P_y до $P_y=550-570$ н/дм. Расчет в точке $P_y=570$ н/дм при фазе VIII и прочих равных условиях показал значение прочности полосы по утку, равную $F_{y,расч}=682$ Н.

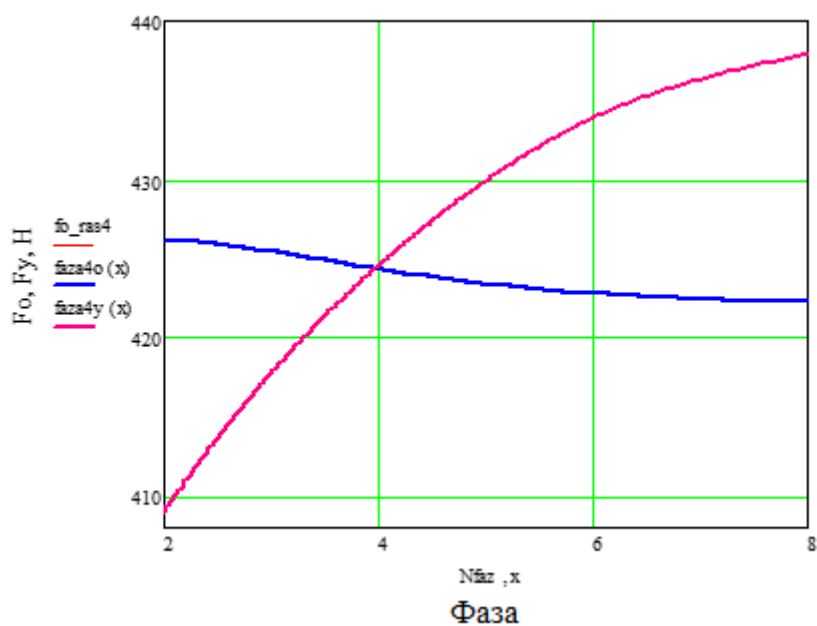


Рисунок 3.7. Поиск оптимальной фазы для ткани арт. 56307.

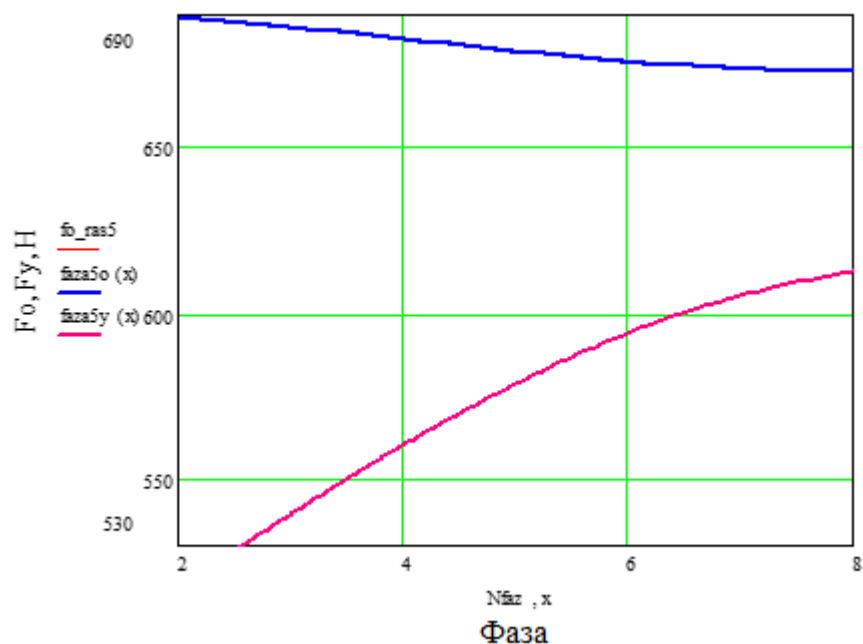


Рисунок 3.8. Поиск оптимальной фазы для ткани арт. 56005.

Выводы по главе

1. Использованный в работе метод расчета позволил рассчитать прочность тканей арт. 56307 и арт. 56005 с учетом порядка фаз строения.
2. Получены графики изменения прочности полоски тканей по основе и по утку для указанных артикулов в зависимости от порядка фаз строения.
3. Расчетные значения прочности ткани незначительно отличаются от экспериментальных значений.
4. Проведенные расчеты позволили рекомендовать порядок фазы строения ткани арт. 56307, позволяющий получить равнопрочную ткань по основе и утку. Для ткани арт. 56005 рекомендовано увеличение плотности по утку, позволяющее получить равнопрочную ткань по основе и утку.

ГЛАВА 4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПАРАШЮТНЫХ ТКАНЕЙ.

4.1. Анализ пороков парашютной ткани

Вопросы, связанные с пороками парашютных тканей опубликованы нами в работе [26].

Качество материала — это степень соответствия его свойств, предъявляемым к ним требованиям, и возможность его использования.

Внешние пороки возникают на различных этапах подготовки нитей к ткачеству, в ходе технологических процессов. Для парашютных тканей необходимо добиваться устранения всех пороков в связи с ответственными конструкциями, в которых применяются эти ткани.

Количество пороков определяется нормативными документами.

Отметим основные виды пороков суровой парашютной ткани и способы их устранения:

- забоина, для устранения необходимо отрегулировать основной регулятор, выставить опушку ткани, отрегулировать розыск раз;

- разбитый край, для устранения необходимо протереть или заменить лапки нитеуловителя, зачистить углы, отрегулировать величину раскрытия нитеуловителя, отрегулировать величину раскрытия, отрегулировать зазор, отрегулировать положение нитеуловителя по вертикали, при наличии нитей заполнить все зубья, при отсутствии нитей убрать лишние зубья по ТУ;

- подплетина, для устранения необходимо отрегулировать чистоту зева, надеть недостающие ламели, оставлять концы нитей после вязки узла не более 4-5 мм, улучшить качество сырья, не допускать попадания на основу и в зев пуха и концов нитей;

- близна, для устранения необходимо отрегулировать основонаблюдатель, заменить изношенные ламели, надвязать нить основы;

- недосека, для устранения необходимо устранить неисправность ткацкого станка, заменить изношенные накладки, удалить посторонние предметы, не допускать попадания, смазать червячную пару, следить за смазкой деталей;

- загрязнение и масляные пятна, для устранения необходимо выровнять зев при заступе, соблюдать уровень заливки масла (до 2/3 глазка), соблюдать норму смазки и марку масла, устранить вращение разделительной шайбы путем замены уплотнительного резинового кольца, отрегулировать работу раскрывателя, заменить изношенные втулки прочистить и протереть загрязненные места;

- неровный бой, для устранения необходимо наладить товарный или основной регулятор;

- слеты и затаски утка, для устранения необходимо увеличить удельную плотность намотки на уточной паковке, наладить нитеуловитель;

- пролеты, для устранения необходимо повернуть упор на 60-90° и закрепить его, заменить губку или оттянуть место контакта нижней губки, заменить возвратчик утка, заменить подъемник, заменить пружину прокладчика, заменить изношенные детали, неправильная регулировка тормозного устройства;

- рассечки ткани, для устранения необходимо пропаять места стыковки берда или зубья берда, заменить бердо;

- раздвижка нитей, для устранения необходимо обеспечить необходимое трение нитей о направляющие;

- концы, для устранения необходимо протереть или заменить лапки нитеуловителя, зачистить углы, отрегулировать величину раскрывания нитеуловителя, отрегулировать величину раскрывания, отрегулировать зазор, отрегулировать положение нитеуловителя по вертикали, при наличии нитей заполнить все зубья, при отсутствии нитей убрать лишние зубья;

- поднырки, для устранения необходимо заменить галева, заменить или натянуть цепь, установить правильный заступ, правильно обработать и

зачистить зуб направляющей гребенки батана или заменить его, не допускать попадание пуха и концов нитей, отрегулировать установку рам по высоте.

4.2. Сравнительный анализ видов брака со станков СТБ-2-220 и DORNIER AWS

Ниже в таблице 4.1 мы привели сравнительный анализ пороков суровой ткани, двух артикулов, арт. 56307 и 56011. Ткань была выработана на станках СТБ-2-220 (бесчелночный ткацкий станок) и DORNIER AWS (пневматический ткацкий станок). Расчет порока в суровой ткани был произведен в соответствии от выработанной ткани за месяц на ЗАО «Передовая текстильщица». Материал изложен в нашей статье [26].

Таблица 4.1. Сравнительный анализ пороков суровой ткани.

Наименование Артикул	DORNIER AWS				СТБ-2-220			
	56011		56307		56011		56307	
Выработано метров за месяц	3200		2800		2096,0		1588,0	
Порок в метрах и процентах	м	%	м	%	м	%	м	%
1. Забоина	-	-	-	-	10,50	0,5	22,54	1,42
2. Разбитый край	-	-	-	-	2,20	0,1	3,18	0,2
3. Натяжка	112,2	3,5	22,4	0,8	9,38	0,45	17,47	1,1
4. Подплетина	-	-	-	-	19,88	0,95	21,76	1,37
5. <u>Неподработка</u>	-	-	-	-	9,17	0,44	39,38	2,48
6. Отсечки	-	-	-	-	-	-	3,81	0,24
7. <u>Недосека</u>	-	-	40,6	1,45	5,12	0,24	38,11	2,4
8. Пролет	-	-	-	-	-	-	0,64	0,04
9. Грязь, разработка, ореолы	-	-	-	-	3,0	0,14	2,86	0,18
10. Недолеты	-	-	-	-	0,5	0,02	4,61	0,29
11. Раздвижка	-	-	40,6	1,45	2,5	0,12	0,79	0,05
12. Помеха	-	-	-	-	-	-	0,48	0,03
13. Концы	-	-	-	-	5,0	0,24	-	-

На рисунках 4.1 и 4.2 представлены сравнительные диаграммы видов брака двух артикулов, с одного типа станков.

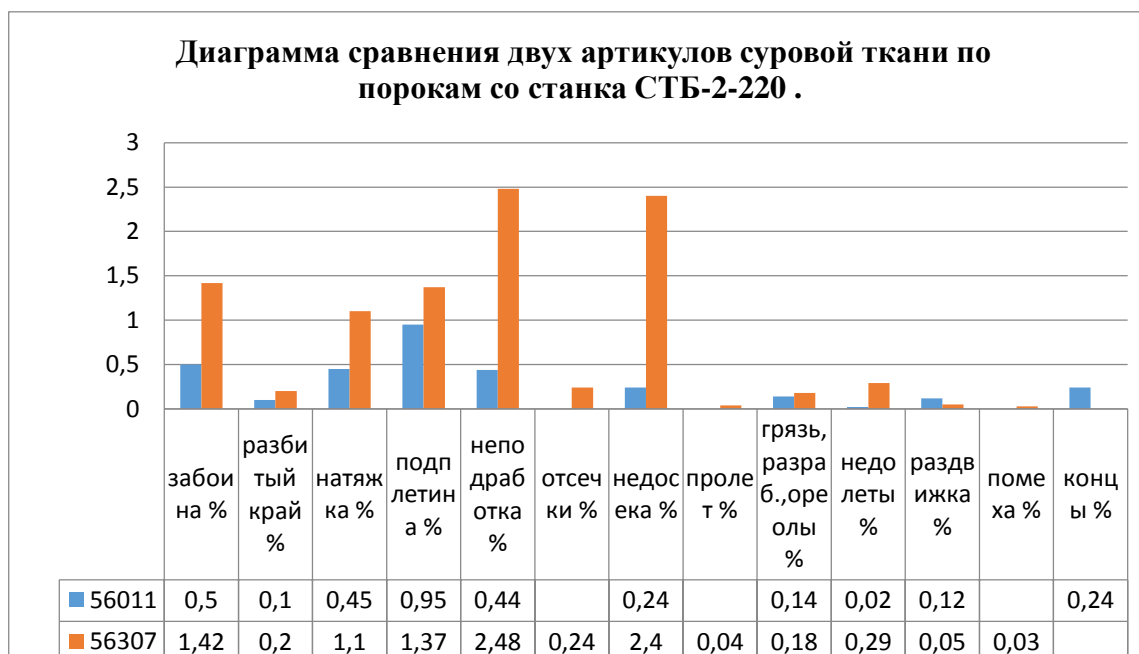


Рисунок 4.1. Диаграмма пороков суровых тканей, выработанных на ткацком станке СТБ

Анализ диаграммы показывает, что в суровой ткани арт. 56307 больше пороков, чем в ткани арт. 56011. Ткани выработаны на станке СТБ.



Рисунок 4.2. Диаграмма пороков суровых тканей, выработанных на ткацком станке DORNIER AWS.

Анализ рисунка 4.2 свидетельствует о том, что количество пороков больше для ткани арт.56011. Ткани вырабатывались на станке DORNIER AWS.

На рисунках 4.3 и 4.4 показаны сравнительные диаграммы видов брака с разных типов станков, но одинаковых артикулов.

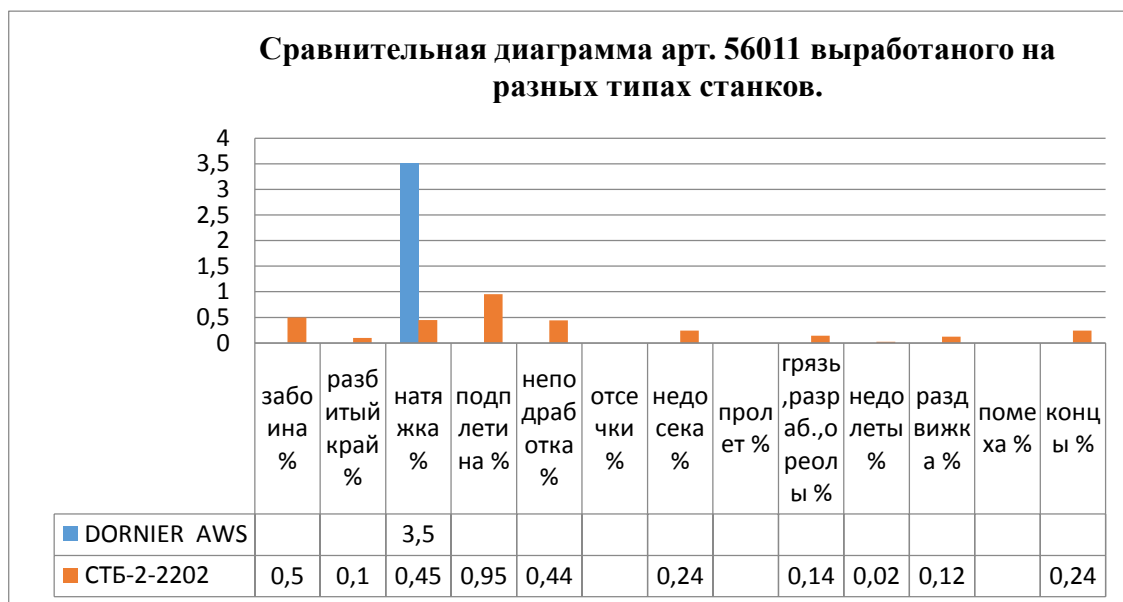


Рисунок 4.3. Сравнительная диаграмма брака суровой ткани арт. 56011.

Анализ данной диаграммы показывает большее количество пороков ткани, выработанной на станке СТБ.

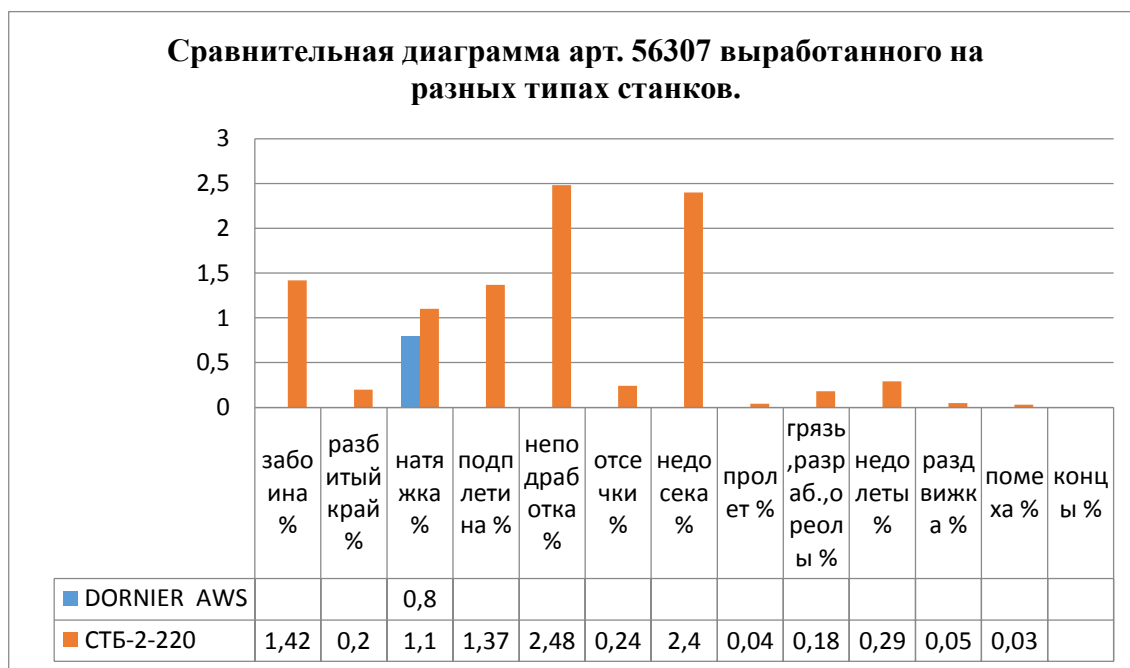


Рисунок 4.4. Сравнительная диаграмма брака суровой ткани арт. 56307.

Анализ данной диаграммы свидетельствует о том, что при выработке ткани арт. 56307 на ткацком станке СТБ она имеет большее количество пороков.

Анализ данных таблиц и рисунков говорит о том, что наилучшие результаты с точки зрения качества тканей достигаются при изготовлении парашютных тканей на зарубежных (немецких) пневматических ткацких станках. Это естественно, так как их стоимость в 3-4 раза превышает стоимость отечественного ткацкого станка СТБ. Отсутствие практически в России машиностроительных заводов обостряет ситуацию с выпуском отечественных парашютных тканей.

В таблицах 4.2 – 4.3 представлены данные по сравнительному анализу видов брака по станкам и артикулам и выявление дефектных станков СТБ-2-220. Данные взяты с ЗАО «Передовая текстильщица», где проводилась экспериментальная часть данного исследования. На рисунках 4.5 – 4.6 показаны соответствующие диаграммы. Приведены данные за 2016 год. Данные получены в производственных условиях при промышленном выпуске парашютных тканей, что является, на наш взгляд, важным. Это позволяет делать объективные выводы по распределению пороков. В дальнейшем приведенная статистика может быть использована при прогнозировании качества парашютных тканей.

Таблица 4.2. Анализ пороков суровой ткани арт. 56307.

Пороки	901 ст. Январь, %	808 ст. Февраль, %	805 ст. Март, %	904 ст. Апрель, %	832ст. Май, %	801ст. Июнь, %
Забойна	0,15	1,42	0,44	0,9	2,26	0,49
Разбитый край	0,26	0,2	0,12	0,27	0,1	0,1
Натяжка	0,89	1,1	0,16		0,9	1,53
Подплетина	0,2	1,37	0,38	0,29	0,29	0,55
Неподрabотки	0,29	2,48	0,43	0,27	0,25	0,78
Отсечки	0,06	0,24			0,76	0,23
Недосека		2,4	0,78	0,08	2,45	0,18
Пролет		0,04	0,02			
Грязь, разработка, ореолы		0,18	0,17	0,02	0,37	1,19
Недолеты		0,29		0,07	0,85	0,07
Раздвижка		0,05	0,13	0,09	0,46	0,11
Помеха		0,03				0,08
Тянет край			1,42	0,1	0,06	0,68
Слеты концы				0,07		0,41
Смешение сырья			0,37	0,04		0,08
Итого пороков	1,85	9,8	4,02	1,71	9,44	7,11

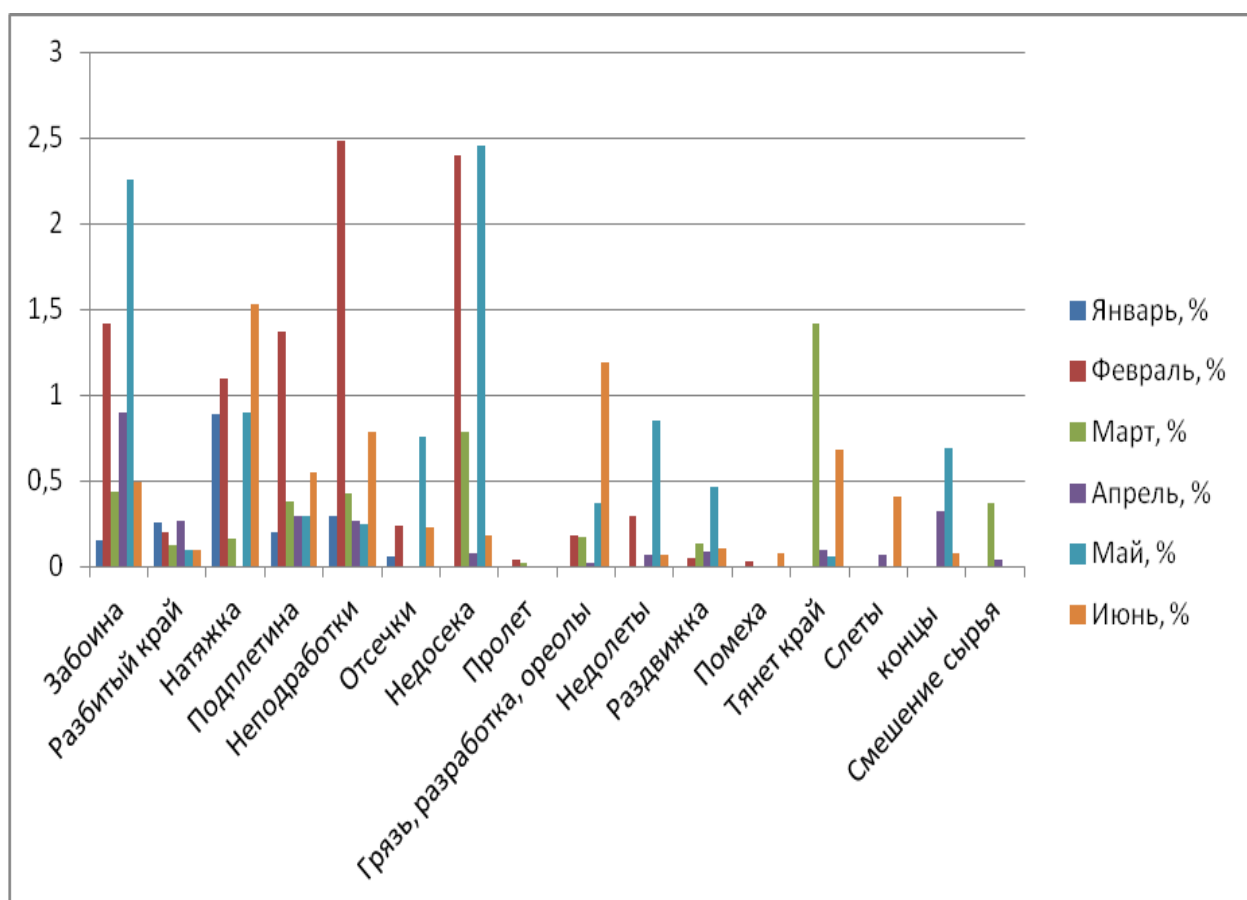


Рисунок 4.5. Анализ пороков суровой ткани арт. 56307.

Таблица 4.3. Анализ пороков суровой ткани арт. 56307.

Пороки	905 ст. Январь, %	804 ст. Февраль, %	809 ст. Март, %	915 ст. Апрель, %	824ст. Май, %	811ст. Июнь, %
Забойна	0,11	0,09		0,1	0,08	0,03
Разбитый край	0,12	0,2	0,12			0,1
Натяжка	0,6	1,6	0,16		0,05	1,55
Подплетина	0,2	1,17	0,38	0,1	0,29	0,55
Неподработки	0,2	1,1				
Отсечки	0,06	0,24			0,2	0,2
Недосека			0,1	0,08	1,0	0,1
Пролет			0,02			
Грязь, разработка, ореолы	0,16	0,18	0,17	0,02	0,37	2,0
Недолеты		0,29			0,4	
Раздвижка		0,05	0,13	0,09	0,46	0,1
Помеха	0,16	0,03				0,08
Тянет край		0,09	1,42		0,06	
Слеты						0,41
концы	0,1				0,2	0,08
Смещение сырья	0,02					
Итого порока	1,73	4,99	2,5	0,39	2,93	5,2

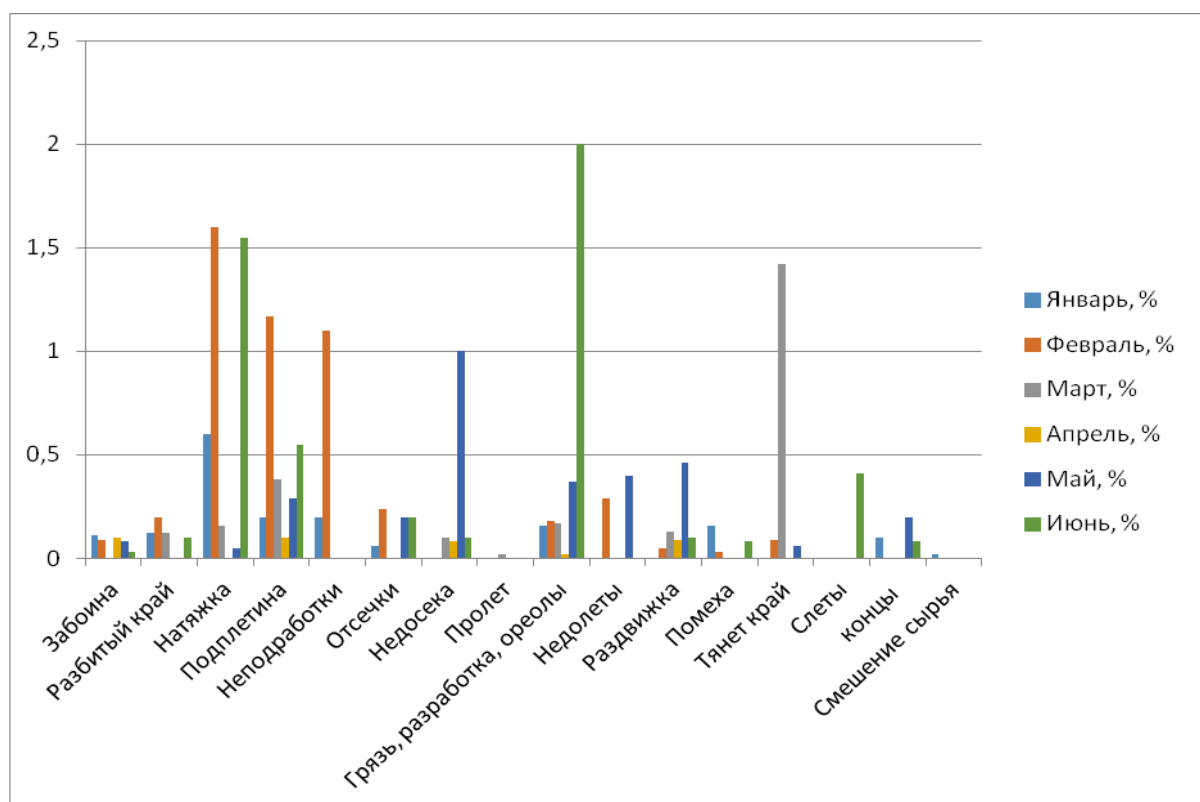


Рисунок 4.6. Анализ пороков суровой ткани арт. 56011.

На рисунках 4.7 – 4.8 представлены диаграммы по выявлению ткацких станков, на которых изготавливаются ткани с наибольшим количеством пороков.



Рисунок 4.7. Диаграммы пороков ткани арт. 56307.

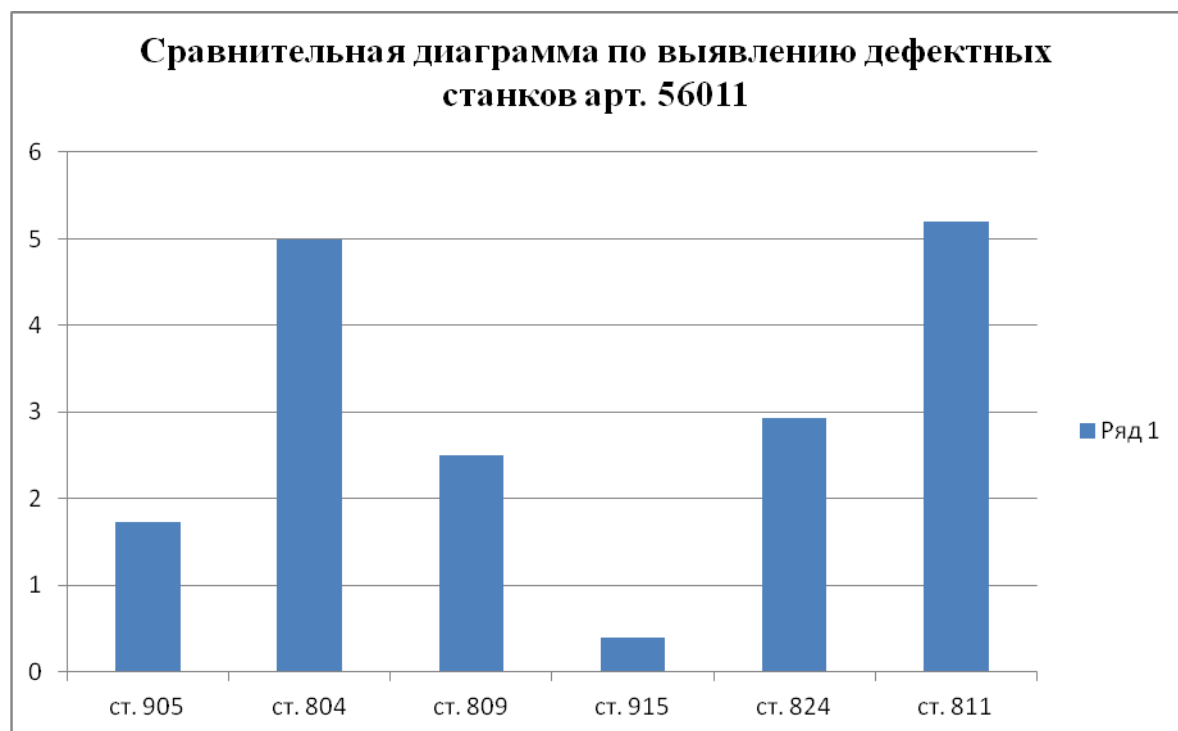


Рисунок 4.8. Диаграммы пороков ткани арт. 56011.

Анализ таблиц и диаграмм показывает, что для ткани арт. 56307, выработанной на станках СТБ-2-220, станок № 808 является более проблематичным станком, а станок № 904 более рентабельным. Для ткани арт. 56011, выработанной на станке СТБ-2-220, станок № 811 является более проблематичным станком, а станок № 915 более рентабельным.

4.3. Оптимизация технологических параметров выработки ткани

В работе проведена оптимизация технологических параметров выработки ткани арт. 56307 на станке СТБ на основе экспериментального исследования с использованием плана Коно-2. Эта матрица экономична, часто встречается при исследованиях в ткачестве. Эксперимент проводился в ткацком производстве ЗАО «Передовая текстильщица». Материал этого раздела опубликован нами в работе [31].

В качестве варьируемых факторов выбраны заправочное натяжение X_1 и величина заступа X_2 , критериями оптимизации являются обрывность Y_1 (обр/м) и брак ткани Y_2 (%).

Рабочая матрица планирования дана в таблице 4.4.

Таблица 4.4. Рабочая матрица планирования эксперимента.

Факторы кодированные		Факторы в натуральных значениях		Y_1		Y_2	
x_1	x_2	X_1	X_2	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 1	Опыт 2
1	1	18	9	0.30	0.51	0.0001	0.0002
-1	1	15	9	0.6	0.39	0.0100	0.0140
1	-1	18	8	0.39	0.62	0.0140	0.0120
-1	-1	15	8	1.76	1.46	0.0130	0.0170
1	0	18	8.5	0.22	0.42	0.0140	0.0100
-1	0	15	8.5	1.36	1.66	0.0149	0.0131
0	1	16.5	9	0.59	0.40	0.0130	0.0090
0	-1	16.5	8	0.72	0.50	0.0125	0.0079
0	0	16.5	8.5	0.95	0.67	0.0085	0.0129

Расширенная матрица с рассчитанными значениями строчных значений средних и дисперсий выходного параметра Y_1 (обрывность) дана в таблице 4.5.

Таблица 4.5. Рабочая матрица планирования эксперимента.

x_0	x_1	x_2	x_1^2	x_2^2	$x_1 x_2$	\bar{Y}_1	$S_f^2\{Y_1\}$
1	1	1	1	1	1	0.405	0.022
1	-1	1	1	1	-1	0.495	0.022
1	1	-1	1	1	-1	0.505	0.026
1	-1	-1	1	1	1	1.610	0.045
1	1	0	1	0	0	0.320	0.020
1	-1	0	1	0	0	1.510	0.045
1	0	1	0	1	0	0.495	0.018
1	0	-1	0	1	0	0.610	0.024
1	0	0	0	0	0	0.810	0.039

Все последующие расчеты проведены в среде Mathcad. Обработка экспериментальных данных проведена по стандартной методике, которая изложена в работах проф. Севостьянова А.Г. [91]

При проверке однородности дисперсий использован критерий Кочрена: дисперсия воспроизводимости $S^2\{Y_1\} = 0,029$; дисперсия воспроизводимости для средних значений $S^2\{\bar{Y}_1\} = 0,015$;

Получена следующая регрессионная модель для обрывности нитей основы:

$$Y_1 = 0,767 - 0,397x_1 - 0,222x_2 + 0,169x_1^2 - 0,193x_2^2 + 0,254x_1x_2$$

После проверки адекватности модели по критерию Фишера и значимости коэффициентов регрессии модели приняли окончательный вид

$$Y_1 = 0,767 - 0,397x_1 - 0,222x_2 - 0,193x_2^2 + 0,254x_1x_2$$

На рисунке 4.9 представлен график линий равного уровня функции обрывности Y_1 .

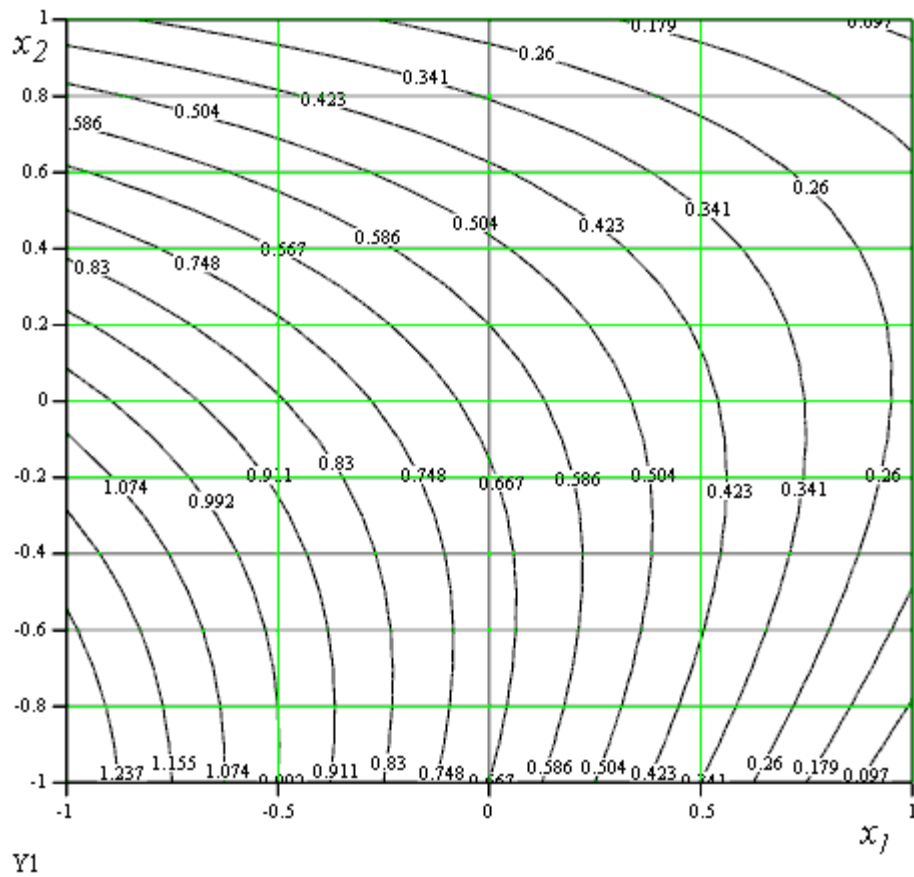


Рисунок 4.9. Линии равного уровня Y_1 .

Анализ рисунка показал, что минимум Y_1 находится в двух зонах: у точки $X=[1,1]$ и у точки $X=[1,-1]$. Поиск оптимального решения численными методами в среде Mathcad позволил определить оптимальный вариант: $X=[1,1]$, $Y_{1min} = 0,08$.

В таблице 4.6 дана рабочая матрица для второго критерия оптимизации.

Таблица 4.6. Рабочая матрица планирования.

x_0	x_1	x_2	x_1^2	x_2^2	$x_1 x_2$	\bar{Y}_2	$S^2_{j\{Y_2\}}$
1	1	1	1	1	1	0.0001	0.0002
1	-1	1	1	1	-1	0.0100	0.0140
1	1	-1	1	1	-1	0.0140	0.0120
1	-1	-1	1	1	1	0.0130	0.0170
1	1	0	1	0	0	0.0140	0.0100
1	-1	0	1	0	0	0.0149	0.0131
1	0	1	0	1	0	0.0130	0.0090
1	0	-1	0	1	0	0.0125	0.0079
1	0	0	0	0	0	0.0085	0.0129

Расчеты дали следующие результаты: дисперсия воспроизводимости $S^2\{Y_2\} = 6,209 \cdot 10^{-6}$; дисперсия воспроизводимости для средних значений $S^2\{\bar{Y}_2\} = 3,105 \cdot 10^{-6}$.

Математическая модель имеет следующий вид:

$$Y_2 = 0,012 - 2,642 \cdot 10^{-3} x_1 - 2,508 \cdot 10^{-3} x_2 + 3,917 \cdot 10^{-4} x_1^2 - 2,008 \cdot 10^{-3} x_2^2 - 2,463 \cdot 10^{-3} x_1 x_2.$$

После проверки модели на адекватность и значимости коэффициентов регрессии она не изменилась.

На рисунке 4.10 представлен график линий равного уровня функции количества брака.

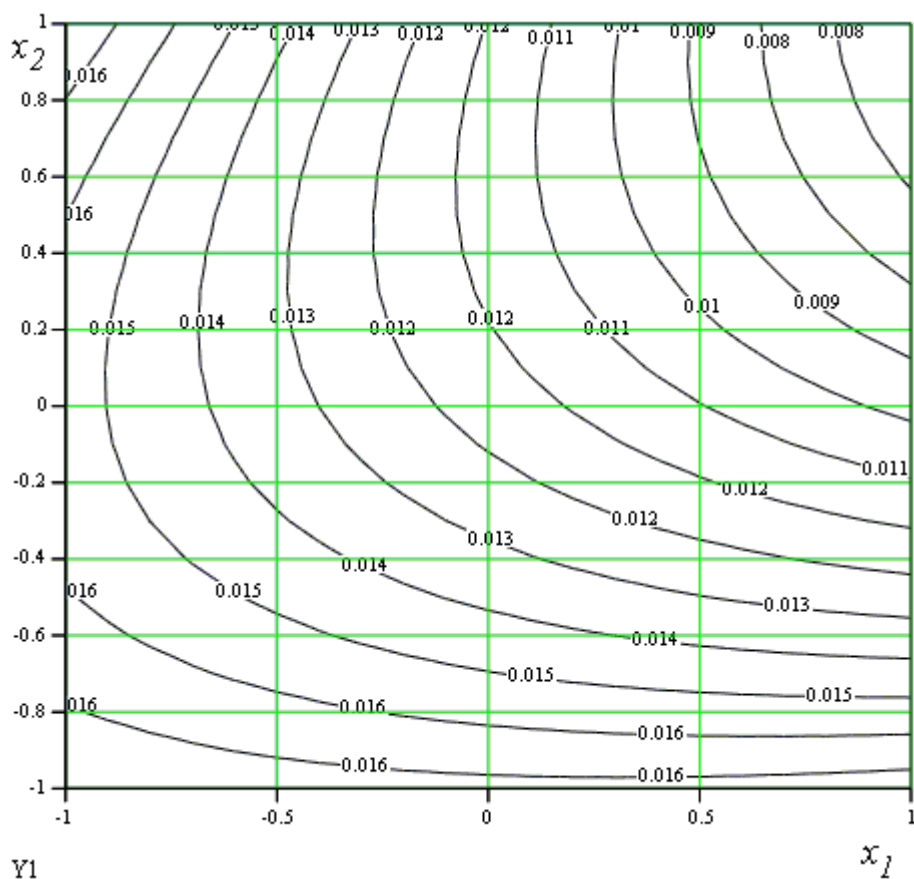


Рисунок 4.10. Линии равного уровня Y_2 .

Анализ рисунка позволил найти оптимальный вариант, минимальному количеству брака будет соответствовать $X = [1, 1]$. Это минимальное значение равно 0,007.

Решение компромиссной задачи позволило определить оптимальные параметры изготовления ткани:

- в кодированных величинах – [1,1];
- в натуральных величинах –
заправочное натяжение $X_1 = 18$ сН;
величина заступа $X_2 = 9$ мм.

При установке оптимальных технологических параметров выходные параметры (критерии оптимизации) будут иметь следующие значения:

- обрывность $Y_{1min} = 0,08$ обр/м ткани;
- количество брака $Y_{2min} = 0,007$ %.

4.4. Анализ видов отделки парашютных тканей и её влияние на изменение физико-механических свойств

Материал этого раздела опубликован в нашей статье [29].

Полиамидные нити в настоящее время используются в качестве основного сырья для производства парашютных тканей.

Внедрение предлагаемых нами методов прогнозирования деформационных свойств полиамидных тканей на практике становится возможным благодаря применению численных методов расчета.

Безусловно, на свойства полиамидных тканей оказывают влияние температурные воздействия, влажность, погодные условия, уровни и длительности механических воздействий.

На предприятиях сегодня используются технологии выработки и отделки тканей, которые позволяют получать показатель воздухопроницаемости от $50 \text{ дм}^3/\text{м}^2\text{с}$. до $1500 \text{ дм}^3/\text{м}^2\text{с}$. Ткани могут выпускаться в цветной гамме по желанию заказчика. Ткань имеет противожигаемую пропитку.

В настоящее время для изготовления куполов парашютов используются ткани различной воздухопроницаемости.

С ткацкой фабрики в отделочное производство ткани поступают в суровом виде. При выработке на станках куски суровой ткани длиной от 90

до 120 м поступает на склад суровья в виде рулона. Это является наиболее удобной паковкой, так как она обеспечивает лучшую сохранность ткани при транспортировке, отсутствие замятости и заломов, меньшую загрязняемость и потертость. Куски должны иметь максимальную длину, в противном случае увеличивается выход лоскута (весового и мерного), а также другие производственные потери.

Партию поступающих суровых тканей сопровождает документ-фактура, в котором указываются наименование ткацкого предприятия, артикул ткани, номера кусков, их метраж, сортность, основные дефекты и общий метраж партии.

Перед подачей в производство ткань подвергают качественной разбраковке в ОТК (Отдел Технического Контроля) в соответствии с действующими инструкциями на разбраковку суровых тканей. Устанавливают соответствие фактической сортности, указанной на ярлыке. На основании данных разбраковки производится назначение ткани в производство.

В настоящее время получают распространение большие паковки тканей, в частности ролики большого диаметра, содержащие до 5000 м ткани. Это позволяет уменьшить число транспортных операций снижает запасы незавершенного производства на переходах, уменьшает количество занятых транспортных средств. Отделка парашютной ткани подразделяется на несколько этапов это: отварка парашютной ткани, термостабилизация парашютной ткани, крашение парашютной ткани, каландрирование парашютной ткани, противожигаемая пропитка парашютной ткани. Следовательно, в зависимости от видов отделки ткани, соответственно и будет маркироваться ткань в соответствии с ГОСТом:

П – пропитанная противожигаемой пропиткой.

КП – каландрированная, пропитанная противожигаемой пропиткой.

КрП- крашенная, пропитанная противожигаемой пропиткой.

КрКП- крашенная, каландрированная, пропитанная противожигаемой пропиткой.

И первый этап в отделочном производстве – это отварка ткани.

Отварка ткани из химических волокон это одна из основных задач отделочного производства. С помощью отварки освобождаются от веществ, которые были нанесены для повышения эффективности предшествующих технологических процессов. К ним относятся средства - замасливатели (главным образом жирные эмульсии). Отваривание тканей из полиамидных нитей, обладающих термопластичными свойствами, обуславливающими образование необратимых деформаций, осуществляют на оборудовании, позволяющем вести обработку тканей в расплавленном состоянии. Ткани из полиамидных нитей при отварке необходимо обрабатывать при минимальном натяжении, чтобы обеспечить сохранение объёмности и условий для свободной релаксации. Следующий этап в отделке парашютной ткани является термостабилизация.

Целью термостабилизации является придание ткани оптимальных потребительских свойств, главным образом, стабильности линейных размеров и формы, повышение допустимой температуры глажения, уменьшение усадки, заломов, пиллинга. Режим отварки см. табл. 4.7.

Термостабилизация – это тепловая обработка тканей под натяжением для придания ей потребительских свойств. Используется горячий воздух при температуре 185 ° – 190 °С. При подаче пара температура стабилизации снижается до 127 °С. Тепловая обработка горячим воздухом проводится в течение 20-40 с, насыщенным паром 10-60 мин. Однако следует иметь в виду, что заметное увеличение продолжительности обработки в процессе термостабилизации ткани приводит к ухудшению её качества: ткань теряет прочность, приобретает коричневую окраску, становится хрупкой. Поэтому важно провести процесс тепловой обработки в установленное технологическим режимом время. Термостабилизация ткани проведённая под натяжением приводит к её удлинению в результате проявления в

условиях высокой температуры термопластичных свойств волокон. Такая ткань сохраняет потенциальную способность к значительной усадке при влажно-тепловых обработках и не может, следовательно, считаться хорошо фиксированной. Процесс термостабилизации сопровождается неизбежной усадкой ткани.

Крашение ткани – это процесс нанесения на текстильный материал красящих веществ (красителей) для придания ему окраски определенного цвета, причем текстильный материал не только изменяет цвет, но прочно удерживает краситель благодаря действию различных сил, взаимодействующих между красителем и волокном. Для обеспечения повышенных требований к прочности окрасок тканей из капрона, которые в процессе эксплуатации подвергаются мокрым обработкам, рекомендуется применять следующие красители: дисперсные светопрочные – при крашении в светлые тона; дисперсные активные – при крашении в средние тона; дисперсные диозотирующие и в некоторых случаях компоненты, образующие краситель на волокне (азоцеты), - при крашении в темные тона. Во всех случаях во избежание возникновения неустраняемых заломов перед крашением ткани необходимо термостабилизировать, а крашение осуществлять расплавленным полотном на красильно-роликовых машинах или плюсовках с последующей фиксацией красителя на волокне, в аппаратах с навоём под давлением и другими способами. Режим крашения см. табл. 4.7.

Каландрирование - является важной операцией заключительной отделки тканей, позволяющей улучшить внешнее оформление и повысить потребительские свойства тканей. Целью процесса каландрирования является разглаживание поверхности обрабатываемой ткани, её уплотнение, в нашем случае для снижения воздуха в соответствии с ГОСТом, а также получение некоторых специфических эффектов – таких, как матовый и глянцевый блеск. Любая отделка ткани на каландрах с получением желаемого эффекта достигается однократным или двукратным пропуском ткани через жало валов машины, находящихся под большим давлением. Каландрировать

можно полотна разной ширины. Узлы, утолщения нитей и складки полотна не производят вмятин на поверхности вала. Исходная жёсткость и улучшая устойчивость к температуре, приводя к большему уплотнению ткани и, тем самым, в зависимости от встречного вала, к более интенсивным эффектам: во многих случаях применения – к большим скоростям. Скорость ткани плавно регулируется в пределах 10-60 м/мин. При работе на каландре следует постоянно следить за поверхностью эластичного вала машины, повреждение которого может явиться причиной брака. И так каландрирование является как мы и сказали выше достаточно важной цепочкой в отделке ткани. Режим каландрирования см. табл. 4.7.

Противоожигаемая пропитка. Некоторые капроновые ткани, используемые в парашютной системе, подвергают противоожигаемой отделке на сушильно-ширильных машинах. Текстильные материалы используются для изготовления спецодежды, некоторых видов детской и туристической одежды, драпировок и обивки салонов в транспорте, ну и конечно же в парашютостроении. Пропитку осуществляют динамическим способом под избыточным давлением, прогоняя эмульсию насквозь через массу текстильного материала. Отжим – динамическим способом, а сушку – бесконтактным способом. Изобретение обеспечивает расширение ассортиментных возможностей процесса, повышение качества пропитки, уменьшение расхода электрической и тепловой энергии и упрощение технологического процесса.

На парашютную ткань наносится огнезащитная пропитка, эффект огнестойкости должен быть устойчив. Процесс горения можно разделить на несколько стадий:

- нагревание текстильного материала,
- низкотемпературный пиролиз,
- воспламенение,
- горение или тление.

Процесс горения может сопровождаться выделением дыма, токсичных газов и плавление.

Все методы придания огнезащитных свойств основаны на введении в волокнистый материал антипиренов, которые позволяют видоизменить, замедлить или вообще исключить отдельные стадии горения. Задачей предлагаемого способа пропитки является устранение недостатков, а именно – расширение диапазона пропитываемых материалов и изделий, повышение качества пропитки, уменьшение расхода электрической и тепловой энергии и упрощение технологического процесса.

Поставленная задача достигается тем, что в способе обработки синтетических и искусственных текстильных материалов парашютов для придания им огнеустойчивости их пропитку водной эмульсией, содержащей парафин, стеарин, аммиак и керосин осуществляют динамическим способом под избыточным давлением, прогоняя эмульсию насквозь через массу текстильного материала, отжимают динамическим способом и сушат - бесконтактным способом. Пропитку ведут в течение 30-50 минут при температуре 60-80°C, отжим в течение 2-4-х минут и сушку в течение 30-75 минут при температуре 90-110°C.

Ткани в зависимости от своего назначения должны иметь необходимые физико-механические свойства. К физико-механическим свойствам парашютной ткани относятся такие показатели как: разрывная нагрузка, разрывное удлинение, проверка противоожоговой пропитки, воздухопроницаемость [19].

Режимы отделки парашютных тканей даны в таблице 4.7.

Таблица 4.7. Режимы отделки парашютной ткани
арт. 56307 из полиамидных нитей.

Ткань 56307. Вид обработки – отварка, Оборудование – линия для отварки ф. «Мецера»									
№ п/п	Наименование операции	Оборудование	Объем ванны, л	Температура, °С	Рецептура			Примечание	
					Наименование химического материала	Количество химических материалов, кг	Концентрация, г/л		
1	Отварка	Замочная коробка + отварочная ванна	20000	60±5	Рукоген	30	1,5		
					РЕ	20	1,0		
					Комплекс ообр. Сода кальц.	30	1,5		
<p>Скорость – 34±1 м/мин Температура контролируется по прибору, вмонтированному в машину ±2,0°С Давление на отжимных валах – 1,0 бар Давление контролируется по прибору, вмонтированному в машину ±0,1 бар Отжим – 65%</p>									
2	Промывка	I промывная коробка		40-45	Вода мягкая			Слабый поток	
									Давление на отжимных валах – 1,0 бар
	Промывка	II промывная коробка		25-30	Вода мягкая			Слабый поток	
Давление на отжимных валах – 0,5 - 1,0 бар, Отжим – 65 %									
Ткани 56307, 56307 Кр. Вид обработки – термостабилизация, Оборудование – сушильно-ширильно-стабилизационная машина ф. «Элитекс» №1									
1	Сушка	СШСМ № 1		170	Руко-Стат АРФ	0,5	5,0		
	(ткань сырая из тележки)	Плюсовка в окупку	100,0	20-30	вода				
<p>Опережение – 0% (допустимое отклонение ±1%), Температура в зонах контролируется по приборам, вмонтированным в машину ±2,0°С . Давление в жале валов на плюсовке- 0,2 МПа Давление контролируется по прибору, вмонтированному в машину – ±0,05 МПа . Скорость - 29±1м/мин. Ширина готовой ткани – 56307 - 95±3 см; 56307Кр - 93±2см;</p>									
Ткань 56307. Вид обработки – сушка под пропитку. Оборудование – сушильно-ширильно-стабилизационная машина ф. «Элитекс» №1									

1	Сушка	СШСМ № 1		120-130	-	-	-	
	Промывка	Плюсовка в Окунку	100,0	20-30	вода			
<p>Опережение – 0% (допустимое отклонение $\pm 1\%$) Температура по зонам контролируется по приборам, вмонтированным в машину $\pm 2,0^\circ\text{C}$ Давление в жале валов на плюсовке - 0,2 МПа Давление выставляется по прибору, вмонтированному в машину – $\pm 0,05$ МПа Скорость – 24 ± 1 м/мин Скорость контролируется по прибору, вмонтированному в машину ± 1 м/мин Ширина готовой ткани – 56307П - 95 ± 3 см; 56307КрП - 93 ± 2 см; 56307КП, КрКП - 92 ± 2 см</p>								
<p>Ткань 56307 Кр.КП., 56307 КП Вид обработки – крашение. Оборудование – Джиггер ф. «Ханаяма»</p>								
1.	Крашение	джиггер	300,0	45-95	Фиолент Краситель по рецепту	0,6л	2,0	Краситель заливается с двух сторон на 1-ом и 2-ом ходах
2.	Промывка Спуск	джиггер	500,0	40-45	Вода жесткая			
3.	Мыловка Спуск	джиггер	300,0	40-45	Фиолент СМС 100%	0,6л 0,6л	2,0 2,0	
4.	Промывка Выкатка Спуск	джиггер	500,0	холод	Вода жесткая			
<p>Опережение – 0% (допустимое отклонение $\pm 1\%$) Температура в зонах контролируется по приборам, вмонтированным в машину $\pm 2,0^\circ\text{C}$ Давление в жале валов на плюсовке- 0,2 МПа Давление контролируется по прибору, вмонтированному в машину – $\pm 0,05$ МПа Скорость - 29 ± 1 м/мин Ширина готовой ткани; 56307КрП - 93 ± 2 см; 56307 КрКП - 92 ± 2 см</p>								
<p>Ткань - артикул 56307КП, КрКП из полиамидных нитей. Вид обработки - каландрирование Оборудование - Каландр ф. «Рамиш»</p>								
Наименование операции	Оборудование	Условия обработки						
		Способ заправки ткани	Скорость	Температура	Примечание			
Каландрирование	Каландр ф.Рамиш	1. Через одно жало без фрикции 2. Давление в жале валов- 190 н/мм^2	11 ± 1 м/мин	Температура верхнего вала 175°C	Ширина ткани на выходе 92 ± 2 см			
<p>Ткани - артикул 56307 П из полиамидных нитей. Вид обработки – пропитка</p>								

противоожигаемая. Оборудование – сушильно-ширильно-стабилизационная машина ф.«Элитекс» № 1							
№ п/п	Наименование операций	Оборудование	Объем ванны, л	Температура, °С	Рецептура		
					Наименование химических материалов	Концентрация, г/л	
	Пропитка	Плюсовка в окунку	100,0	65-70	парафин стеарин керосин нашатырный спирт	70 20 100 20	
	Сушка	СШСМ № 1		110-120			
<p>Опережение – 0% (допустимое отклонение ±1%) Температура в зонах контролируется по приборам, вмонтированным в машину – ±2,0°С Давление в жале валов на плюсовке – 0,2 МПа Давление контролируется по прибору, вмонтированному в машину – ±0,05 МПа Скорость - 29±1 м/мин Степень отжима – 50%(±10) Ширина готовой ткани – 56307П - 95±3 см; 56307КрП - 93±2см; 56307КП, КрКП - 92±2см</p>							

Выводы по главе

1. По приведенным экспериментальным данным можно сделать вывод, что более рентабельным с точки зрения выработки парашютных тканей артикулов 56307 и 56011 является станок DORNIER AWS.

2. При анализе выработки тканей артикулов 56307 и 56011 на станках СТБ-2-220, можно видеть, что имеется существенный разброс по количеству брака на разных станках. Это говорит о том, что при поддержании станков типа СТБ-2-220 в должном техническом состоянии и своевременной коррекции наладки станков, использование этих станков отечественного производства может обеспечить выработку качественных парашютных тканей разных артикулов.

3. Нами разработаны оптимальные технологические параметры изготовления парашютной ткани на бесчелночных ткацких станках СТБ – учетом наличия брака в ткани: заправочное натяжение основных нитей – 18 сН, величина заступа – 9 мм.

4. Установка оптимальных технологических параметров обеспечит выпуск парашютных тканей с обрывностью нитей основы, не превышающей 0,08 обр/м, процент брака при этом не будет превышать 0,007 %.

5. Парашютные ткани выпускаются с индексами: П – пропитанная противожигаемой пропиткой; КП – каландрированная, пропитанная противожигаемой пропиткой; КрП- крашенная, пропитанная противожигаемой пропиткой; КрКП- крашенная, каландрированная, пропитанная противожигаемой пропиткой.

6. Предложены технологические режимы основных операций в отделке парашютных тканей арт. 56307: отварки, термостабилизации, крашения, каландрирования, противожигаемой пропитки.

ГЛАВА 5. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПАРАШЮТНОЙ ТКАНИ

5.1. Гигроскопические свойства ткани

Показателями гигроскопических свойств тканей являются: влажность, гигроскопичность, влагоотдачу, капиллярность и водопоглощаемость.

Эти показатели используют при оценке качества влаговпитывающих изделий, например, полотенец, салфеток и т.п., при общей оценке гигиенических свойств бельевых и одежных тканей, для расчета кондиционной поверхностной плотности тканей, определения эффективности водоотталкивающих обработок и т.д.

Зависят гигроскопические свойства главным образом от вида волокнистого материала, из которого изготовлена ткань. Наилучшие показатели гигроскопических свойств наблюдаются у тканей из натуральных волокон, особенно льна, шерсти и хлопка. Ткани из химических волокон имеют невысокую способность поглощать водяные пары и воду, и гигроскопические свойства их невысоки. Поэтому в изделиях из синтетических волокон в жаркую погоду многие испытывают, неудобства из-за обильного выделения пота, который практически не поглощается тканью. По тем же причинам ткани из синтетических волокон обычно не используются для изготовления нательного и постельного белья. Структура пряжи и ткани оказывает косвенное влияние на гигроскопические свойства. Структура может способствовать или препятствовать доступу влаги к волокнам, составляющим ткань, обеспечивать механический захват частиц воды или быстрое их удаление при контакте материала с жидкостью. В частности, ткани рыхлой структуры или ворсованные при разовом погружении в воду намокают сильнее, чем плотные ткани с гладкой поверхностью. Под влажностью понимают процентное отношение массы воды в материале к массе абсолютно сухого материала. Фактическая

влажность — это влажность материала в данный момент. Ее определяют по ГОСТ 3816 — 61 путем высушивания пробы ткани в кондиционном аппарате или сушильном шкафу до постоянно сухой массы. Высушивание в кондиционном аппарате проводят при температуре 105 — 110°C и прекращают, когда разница между двумя последующими взвешиваниями пробы не будет превышать 0,1 г. Кондиционная (нормированная) влажность — это условно установленная влажность, которая используется при расчете кондиционной массы материала. Значение кондиционной влажности нормируется в стандартах только для шерстяных и полушерстяных (смешанных) тканей.

Для измерения гигроскопичности тканей ГОСТ 3816 — 61 от каждого образца вырезают три полоски размерами 50 x 200 мм. Каждую полоску помещают в бюксу и ставят на 4 ч в эксикатор, в котором предварительно устанавливается относительная влажность воздуха 100%. Затем бюксы вынимают, взвешивают и ставят в сушильный шкаф, где пробные полоски высушиваются. Гигроскопичность можно рассчитать по формуле:

$$H = \frac{(m_B - m_C)}{m_C} \cdot 100\%,$$

где m_B — масса увлажненной элементарной пробы, г; m_C — масса элементарной пробы после высушивания до постоянной массы, г.

Влажность (Wф) в процентах вычисляют по формуле:

$$Wф = (m_B - m_C) / m_C \cdot 100\% ,$$

где m_B - масса пробы до высушивания; m_C - масса пробы после высушивания.

Влагоотдача характеризует способность материала, выдержанного длительное время при относительной влажности воздуха 100%, отдавать влагу при нулевой относительной влажности воздуха. Для измерения

влагоотдачи ГОСТ 3816 — 81 пробы тканей подготавливают и увлажняют при относительной влажности воздуха 100% так же, как и при определении гигроскопичности. Затем бюксы с пробами помещают на 4 ч в эксикатор с нулевой относительной влажностью и после этого высушивают до постоянной массы.

Влагоотдачу вычисляют по формуле:

$$B_o = [(m_B - m_{СК}) / (m_B - m_C)] \cdot 100\%,$$

где m_B - масса элементарной пробы после выдерживания в эксикаторе, г; $m_{СК}$ - масса элементарной пробы, после выдерживания в эксикаторе с серной кислотой, г; m_C - масса элементарной пробы после высушивания до постоянной массы, г.

Капиллярность, согласно ГОСТ 3816 — 61, определяется высотой, на которую поднимается раствор эозина (2:1000) по вертикально расположенной полоске ткани шириной 50 мм за 1 ч. Из образца ткани вырезают вдоль основы полоску размерами 50x300 мм, которую одним концом укрепляют в вертикальном штативе, а другой конец опускают в сосуд с раствором эозина (желтоватая жидкость). Через 1 ч измеряют расстояние, на которое поднимается раствор (считая от первоначального уровня жидкости). По капиллярности оценивают также намокаемость тканей.

Водопоглощаемость характеризуется отношением массы воды в материале после замачивания к массе абсолютно сухого материала.

Водопоглощения пропитанных тканей (ГОСТ 3816 — 61) из каждого образца вырезают по всей ширине полоски длиной 60 мм. Из каждой полоски (ближе к середине) выкраивают пробу — квадрат размерами 40x40 мм. Пробу укрепляют на специальной игольчатой рамочке и опускают в стакан с дистиллированной водой при температуре $20 \pm 1^\circ\text{C}$. По истечении 60 мин. рамочку вынимают и встряхивают пять раз для удаления излишней влаги с поверхности проб. Затем пробы снимают пинцетом, вырезают внутренние квадраты размерами 30x30 мм, помещают их в бюксы, взвешивают и высушивают до постоянно сухой массы. После охлаждения в эксикаторе над

хлористым кальцием определяют массу высушенных проб. Рассчитывают водопоглощаемость по формуле:

$$B_n = \frac{m_g - m_c}{m_c} 100,$$

где m_B - масса влажной пробы, m_c - начальная масса элементарной пробы, г.

Водопоглощаемость тканей определяют аналогичным методом, правда, несколько измененным (ГОСТ 9009 — 70). Из образца вырезают три полоски массой 200 — 300 мг, взвешивают их и помещают на 1 ч в стакан с дистиллированной водой, температура должна быть $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Затем пробы вынимают, с помощью фильтровальной бумаги удаляют с их поверхности воду и взвешивают. По результатам взвешивания проб до замачивания и после него подсчитывают величину водопоглощаемости ткани.

5.2. Общая характеристика ткани арт. 56307

Техническая ткань артикул 56307 вырабатываемая на ткацких станках марки СТБ-2-220 и DORNIER AWS с воздухопроницаемостью от 250-900 $\text{дм}^3/\text{м}^2\text{с}$, выработанная в основе и утке из капроновых комплексных нитей линейной плотности 4 текс, с числом филаментарных нитей $f = 10$, с круткой основных и уточных нитей, равной соответственно 200 ± 20 кр/м, при этом плотности основных и уточных нитей соответственно равна 37 ± 2 н/см. Ткань изготавливается полотняным переплетением, результаты технического расчета ткани следующие: наименование ткани - техническая капроновая; назначение ткани – парашютная; ширина заправки ткани по берду - 99,33 см; ширина суровой ткани - 97 ± 2 см; используемое сырье – полиамидная нить, 200 кр/м; линейная плотность нитей основы и утка – 4 текс; плотность ткани по основе – 360 нит/дм; плотность ткани по утку – 400 нит/дм; число нитей основы фона – 3434, кромок – 100: количество

зубьев берда в фоне – 1732, в кромке – 56; число ремизок для нитей фона – 4, для кромок – 2: проборка нитей – рядовая. В таблице 5.1. представлены экспериментальные данные свойств ткани.

Таблица 5.1. Физико-механические свойства ткани.

Артикул	Ширина, см	Поверхностная плотность, г/м ²	Разрывная нагрузка, Н		Разрывное удлинение, %		Воздухопроницаемость дм ³ /м ² с	
			По основе	По утку	По основе	По утку	Минимальное	Максимальное
Значение по ТУ								
56307КП	92±2,0	35,0	343	343	15,0	17,0	250,0	600,0
Фактические значения								
56307КП	93,7	31,4	370	380	23,0	23,5	470	570
	94,0	33,5	392	360	24,0	28,0	540	576
	93,9	33,4	362	356	29,0	29,5	470	550
Значение по ТУ								
56307 КрКП	92±2,0	36,5	343	343	15,0	17,0	250,0	600,0
Фактические значения								
56307 КрКП	92,0	34,6	360	368	27,0	27,5	520	590
	91,3	34,0	372	364	29,0	25,5	526	570
	91,5	34,2	362	382	26,0	25,0	506	576
Значение по ТУ								
56307 КрП	93±2,0	35,0	353	353	16,0	18,0	450,0	800,0
Фактические значения								
56307 КрП	91,1	31,8	361	366	27,0	28,0	512	624
	92,3	34,1	361	374	27,0	32,0	630	736
	91,0	32,7	363	362	28,0	29,0	618	680
Значение по ТУ								
56307 П	95±3,0	35,0	353	353	16,0	18,0	450,0	900,0
Фактические значения								
56307П	95,5	33,7	408	374	32,0	33,5	630	720
	94,5	32,1	380	388	29,0	26,5	558	660
	94,9	33,7	408	386	29,5	28,5	654	700
Нет значений по ТУ, фактические значения								
56307Сур	95,5	33,1	450	444	27,0	29,0	950	1130
56307Отв Стаб	94,8	31,8	413	389	24,0	25,0	850	900
56307 Кр	95,0	32,1	426	416	22,5	22,0	810	876

На рисунках 5.1 – 5.4 представлены сравнительные диаграммы свойств ткани арт.56307 при различной отделке.

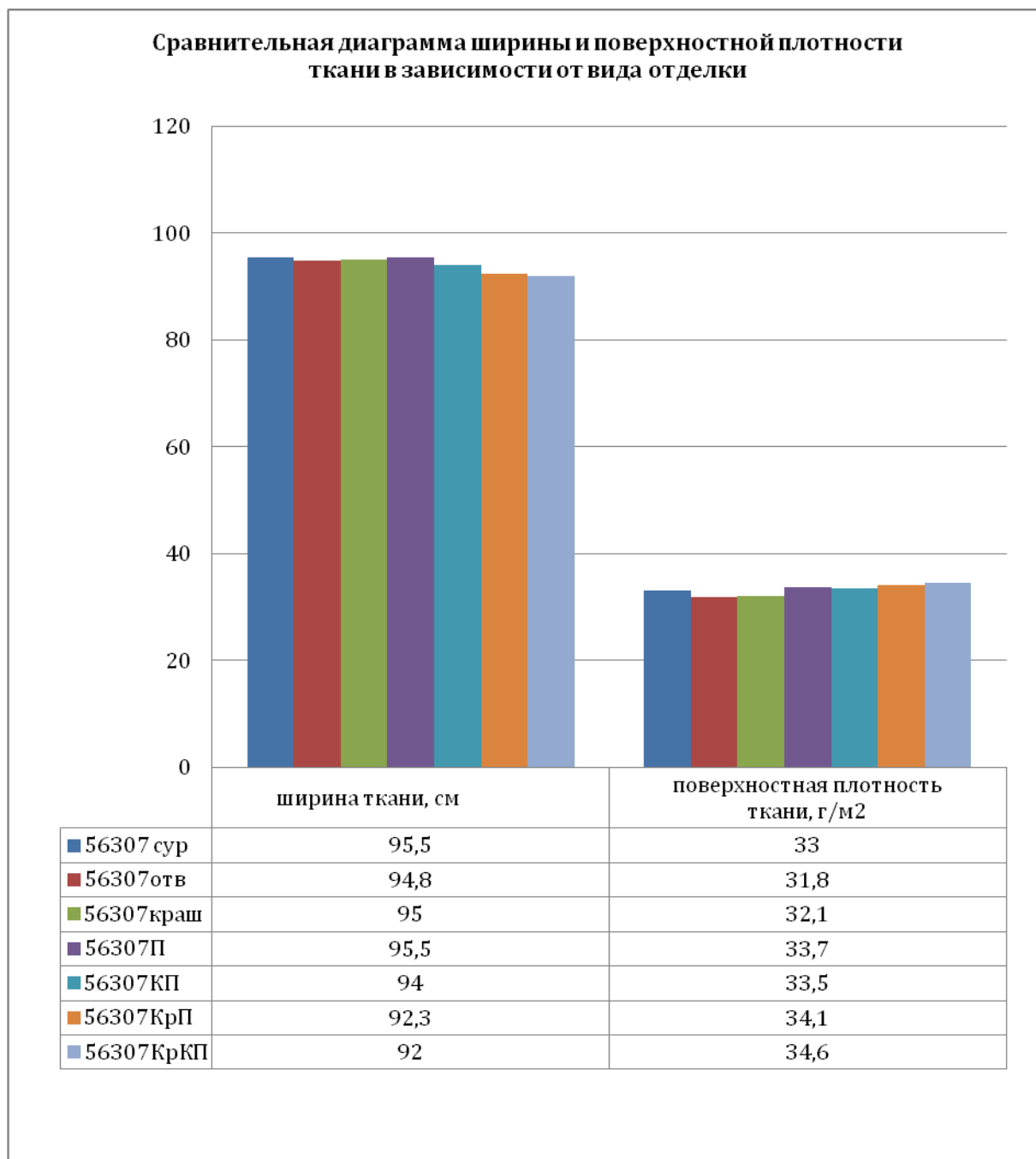


Рисунок 5.1. Сравнительные диаграммы ширины и поверхностной плотности ткани в зависимости от вида отделки.

Анализ диаграмм показывает, что ширина ткани на каждом этапе отделки разная, это зависит от заданной ширины в режиме отделки ткани (в соответствии с ГОСТ), а отличие поверхностной плотности ткани зависит от фактической ширины и веса ткани.

Сравнительная диаграмма разрывных нагрузок ткани в зависимости от вида отделки

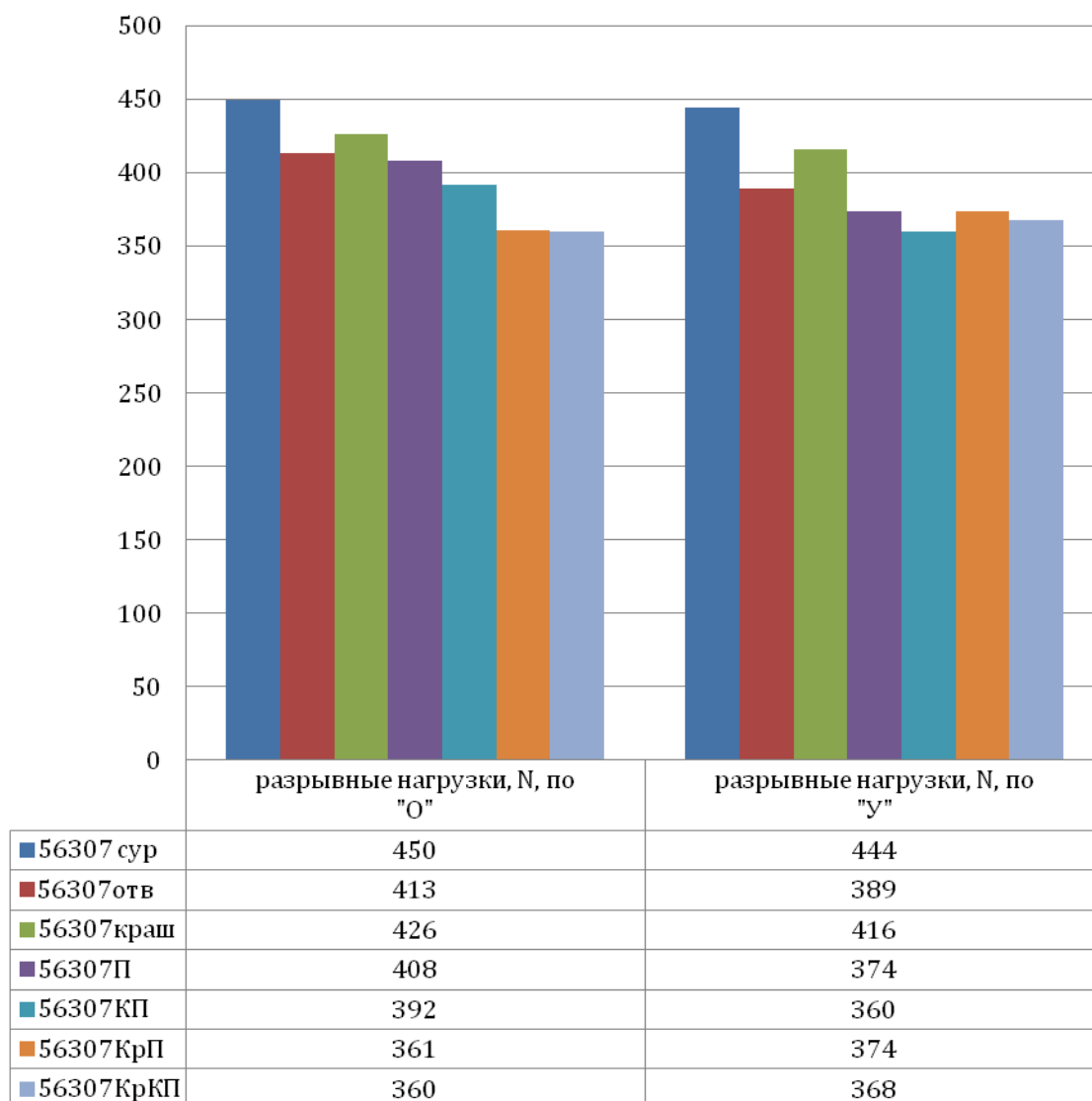


Рисунок 5.2. Сравнительная диаграмма разрывных нагрузок ткани в зависимости от вида отделки.

Анализ диаграммы показывает, что разрывные нагрузки ткани на каждом этапе отделки разные, это зависит от потери прочности нити от вида отделки и от плотности ткани.

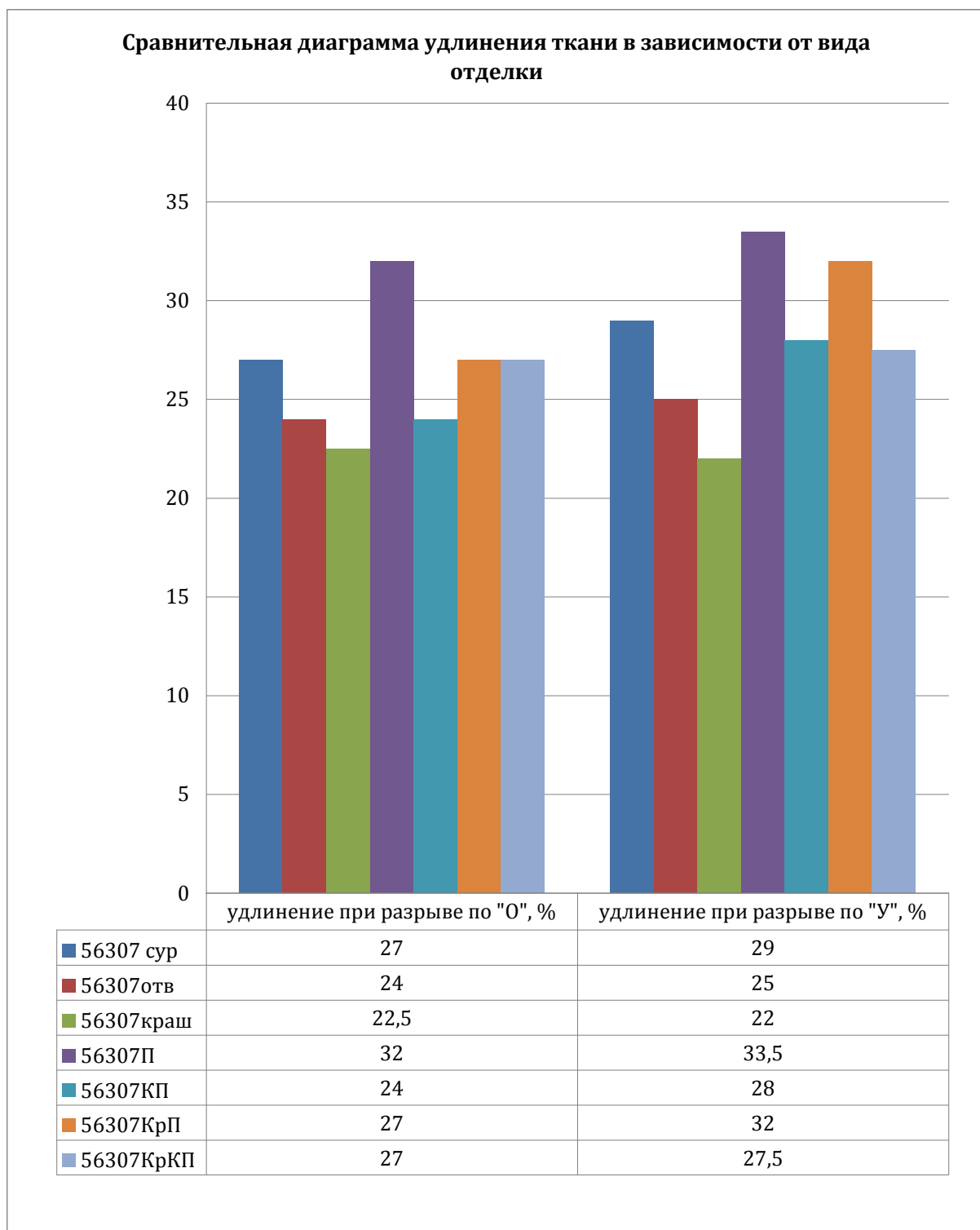


Рисунок 5.3. Сравнительная диаграмма разрывного удлинения ткани в зависимости от вида отделки.

Анализ диаграммы показывает, что удлинение ткани при разрыве на каждом этапе отделки разные, это зависит от свойства нити растягиваться после отделки ткани.

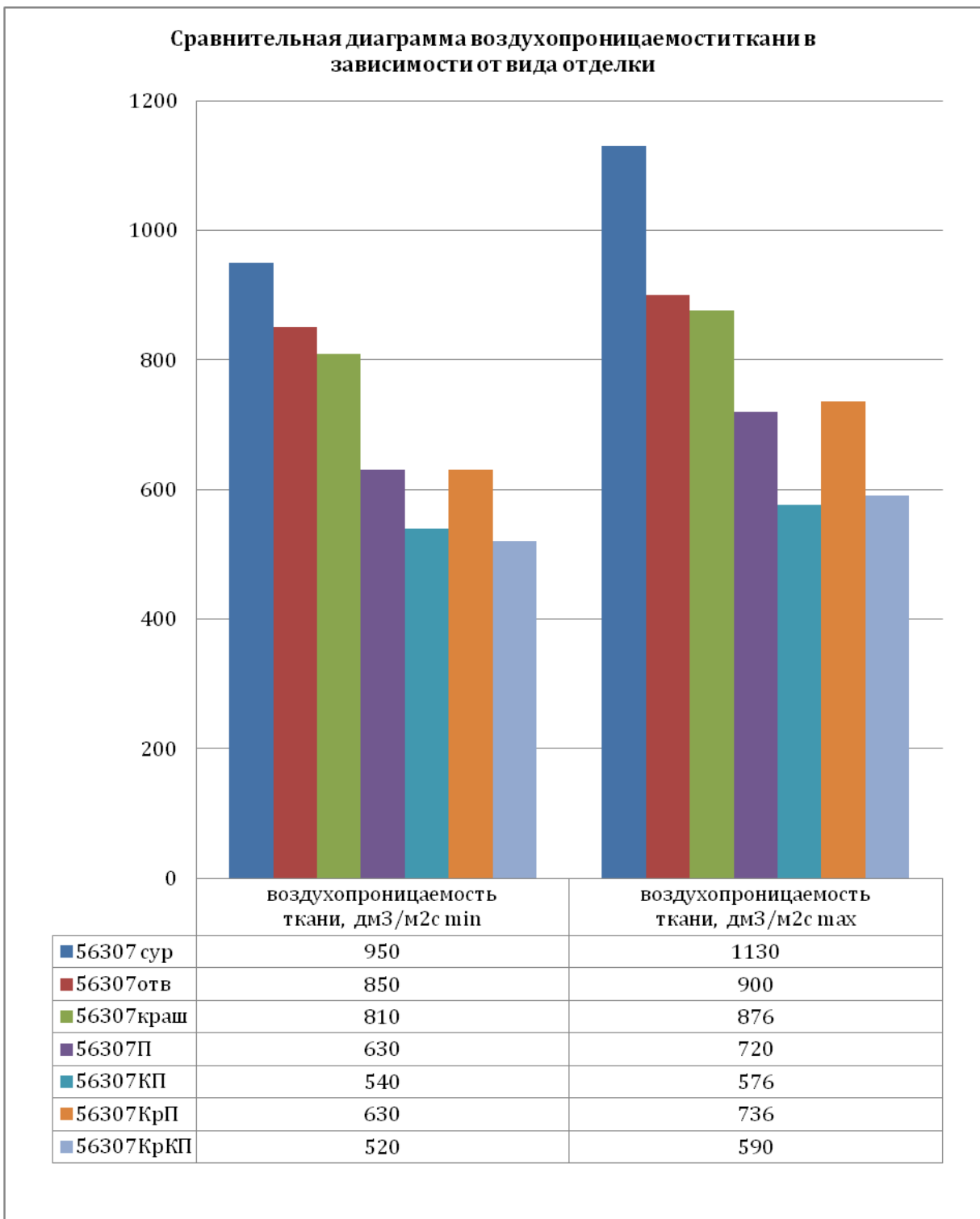


Рисунок 5.4. Сравнительная диаграмма воздухопроницаемости ткани в зависимости от вида отделки.

Анализ диаграммы показывает, что воздухопроницаемость ткани везде разная это зависит от заданного режима отделки данной ткани (в соответствии с ГОСТ).

5.3 Общая характеристика ткани арт. 56005

Техническая ткань артикул 56005 вырабатываемая на ткацких станках марки СТБ-2-220 и DORNIER AWS с воздухопроницаемостью до $200 \text{ дм}^3/\text{м}^2\text{с}$, выработанная в основе и утке из капроновых комплексных нитей линейной плотности 5 текс, с числом филаментарных нитей $f = 12$, с круткой основных и уточных нитей, равной соответственно $200 \pm 20 \text{ кр/м}$, при этом плотности основных = 540 н/см и уточных = 510 н/см . Ткань имеет переплетение саржа $\frac{1}{2}$. Результаты технического расчета ткани следующие: наименование ткани – техническая капроновая; назначение ткани – парашютная; ширина заправки ткани по берду – $99,44 \text{ см}$; ширина суровой ткани – $94,5 \pm 2 \text{ см}$; используемое сырье – полиамидная нить, 200 кр/м ; линейная плотность нитей основы и утка – 5 текс; плотность ткани по основе – 540 нит/дм ; плотность ткани по утку – 510 нит/дм ; число нитей основы фона – 5202, кромок – 112; количество зубьев берда в фоне – 1734, в кромке – 56; число ремизок для нитей фона – 3, для кромок – 2; проборка нитей – рядовая. В таблице 5.2 представлены экспериментальные данные свойств ткани.

На рисунках 5.5-5.8 представлены диаграммы свойств ткани арт.56005 при различной отделке.

Анализ рис. 5.5 показывает, что ширина ткани на каждом этапе отделки разная, это зависит от заданной ширины в режиме отделки ткани (в соответствии с ГОСТ), а отличие поверхностной плотности ткани зависит от фактической ширины и веса ткани.

Анализ рисунка 5.6 показывает, что разрывная нагрузка ткани на каждом этапе отделки разные, это зависит от потери прочности нити от вида отделки и от плотности ткани.

Анализ рисунка 5.7 показывает, разрывное удлинение ткани при разрыве на каждом этапе отделки разные, это зависит от свойства нити растягиваться после отделки ткани.

Анализ рис.5.8 показывает, что воздухопроницаемость ткани везде разная это зависит от заданного режима отделки данной ткани (в соответствии с ГОСТ).

Таблица 5.2. Физико-механические свойства ткани.

Артикул	Ширина, см	Поверхностная плотность, г/м ²	Разрывная нагрузка, Н		Разрывное удлинение, %		Воздухопроницаемость дм ³ /м ² с	
			По основе	По утку	По основе	По утку	Минимальное	Максимальное
Значение по ТУ								
56005 КП	88±2,0	68,0	539	373	22,0	22,0	-	50
Фактические значения								
56005КП	89,4	59,5	736	630	35,0	34,5	-	45,1
	90,0	60,0	789	678	34,0	39,0	-	44,7
	89,7	60,9	756	632	35,0	36,0	-	46
Значение по ТУ								
56005 КрКП	88±2,0	68,0	539	373	22,0	22,0	-	50
Фактические значения								
56005 КрКП	87,8	59,0	754	662	34,0	37,5	-	48,5
	88,5	59,3	700	618	27,0	38,0	-	39
	88	61,5	740	680	31,0	40,0	-	46
Значение по ТУ								
56005 КрП	90,5±2,0	68,0	577	481	25,0	25,0	60	200
Фактические значения								
56005 КрП	91,5	65,0	778	654	33,5	33,5	97	121
	92,0	64,4	771	660	34,0	35,5	108	123
	92,3	62,5	764	610	31,5	32,0	102	128
Значение по ТУ								
56005 П	90,5±2,0	63,0	577	481	25,0	25,0	70	200
Фактические значения								
56005П	91,0	61,1	756	648	35,5	37,5	97	105
	91,4	59,4	756	636	34,0	36,0	102	137
	90,8	61,1	754	684	33,5	40,5	117	143
Нет значений по ТУ, фактические значения								
56005 Суп	95,1	57,7	660	628	32,0	31,5	166	179
56005Отв Стаб	94,6	57,2	660	684	31,5	30,5	152	163
56005 Кр	94,1	60,8	684	514	34,5	27,5	126	145

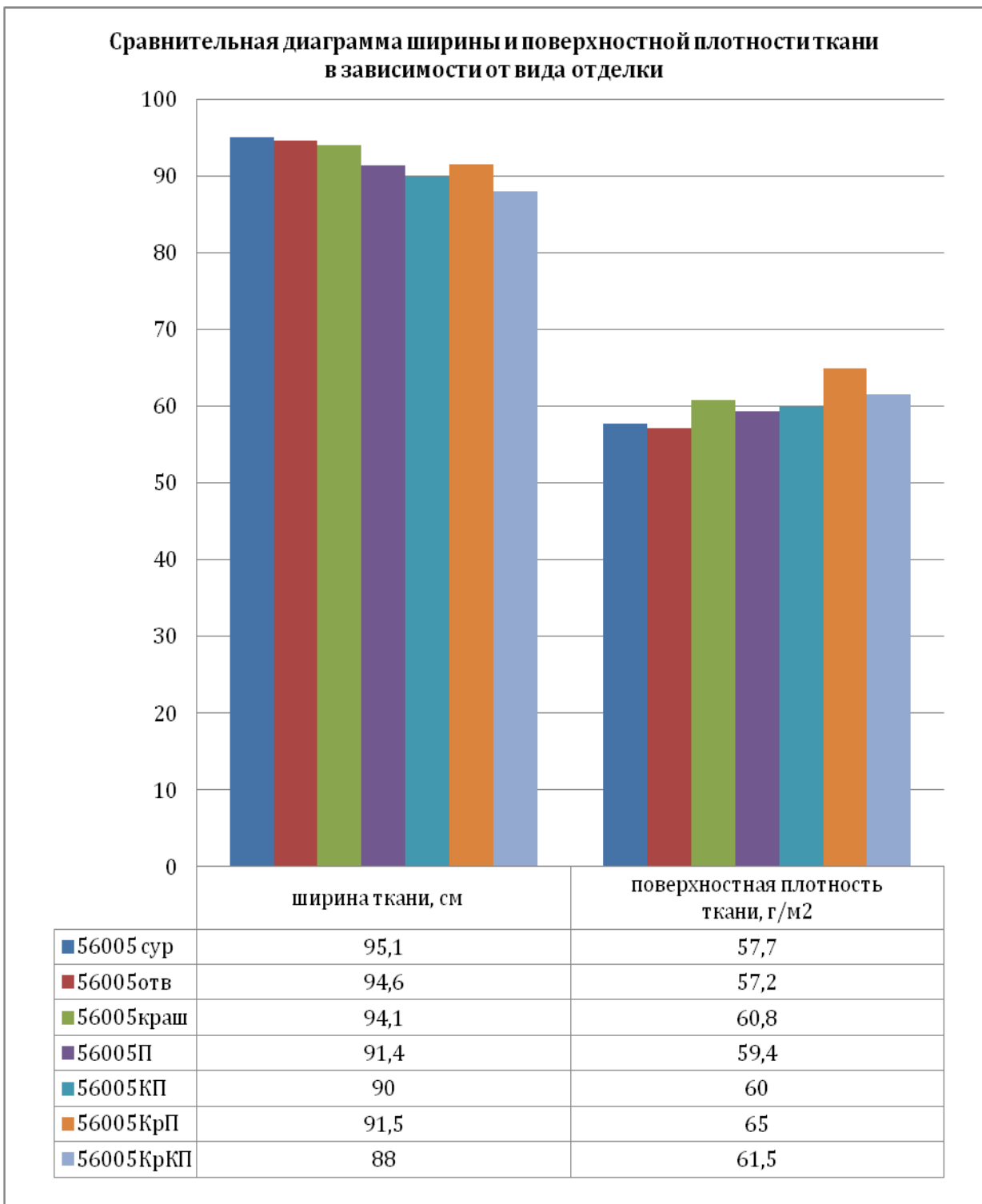


Рисунок 5.5. Сравнительные диаграммы ширины и поверхностной плотности ткани при различной отделке.

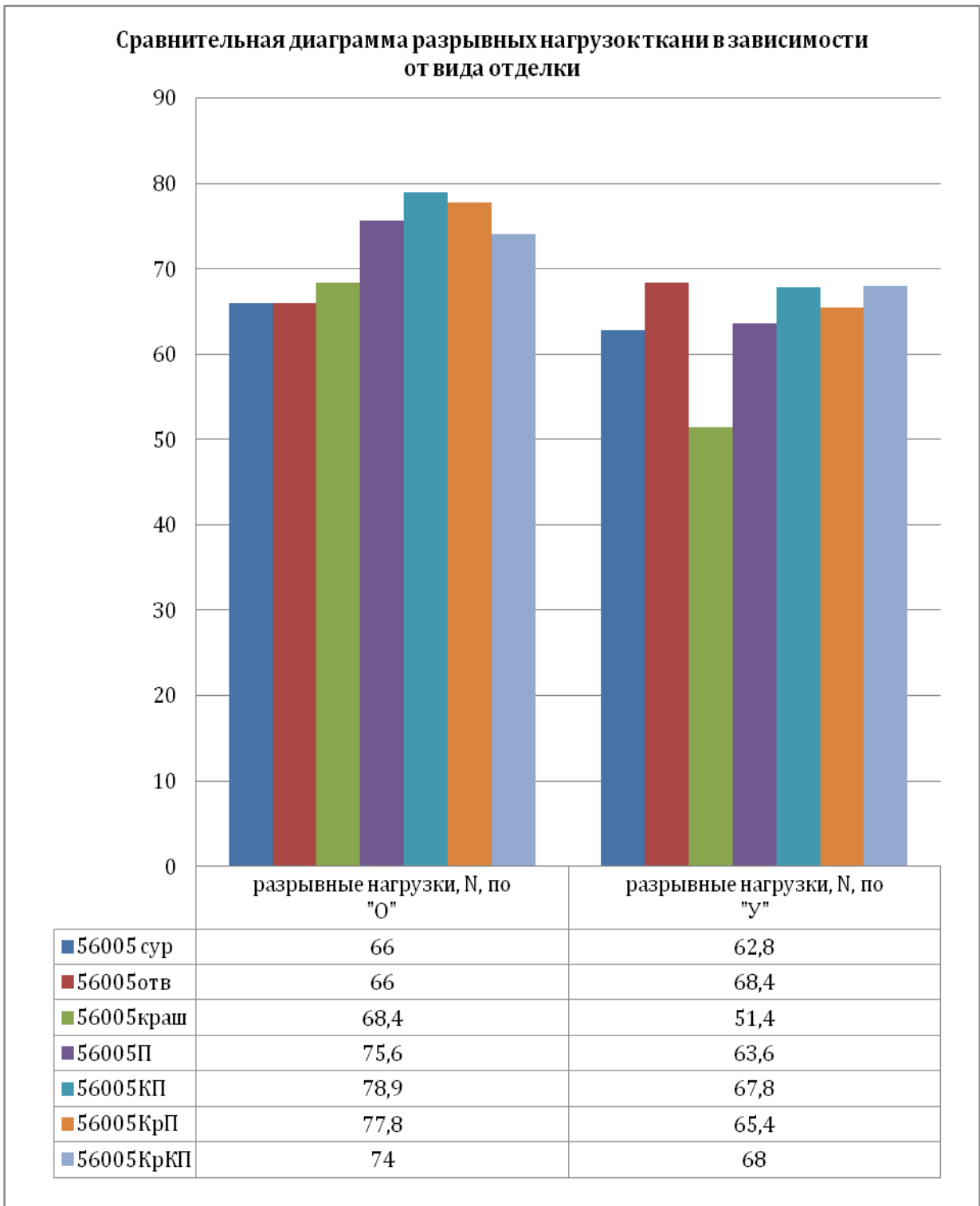


Рисунок 5.6. Сравнительные диаграммы разрывной нагрузки поломок ткани в зависимости от вида отделки.

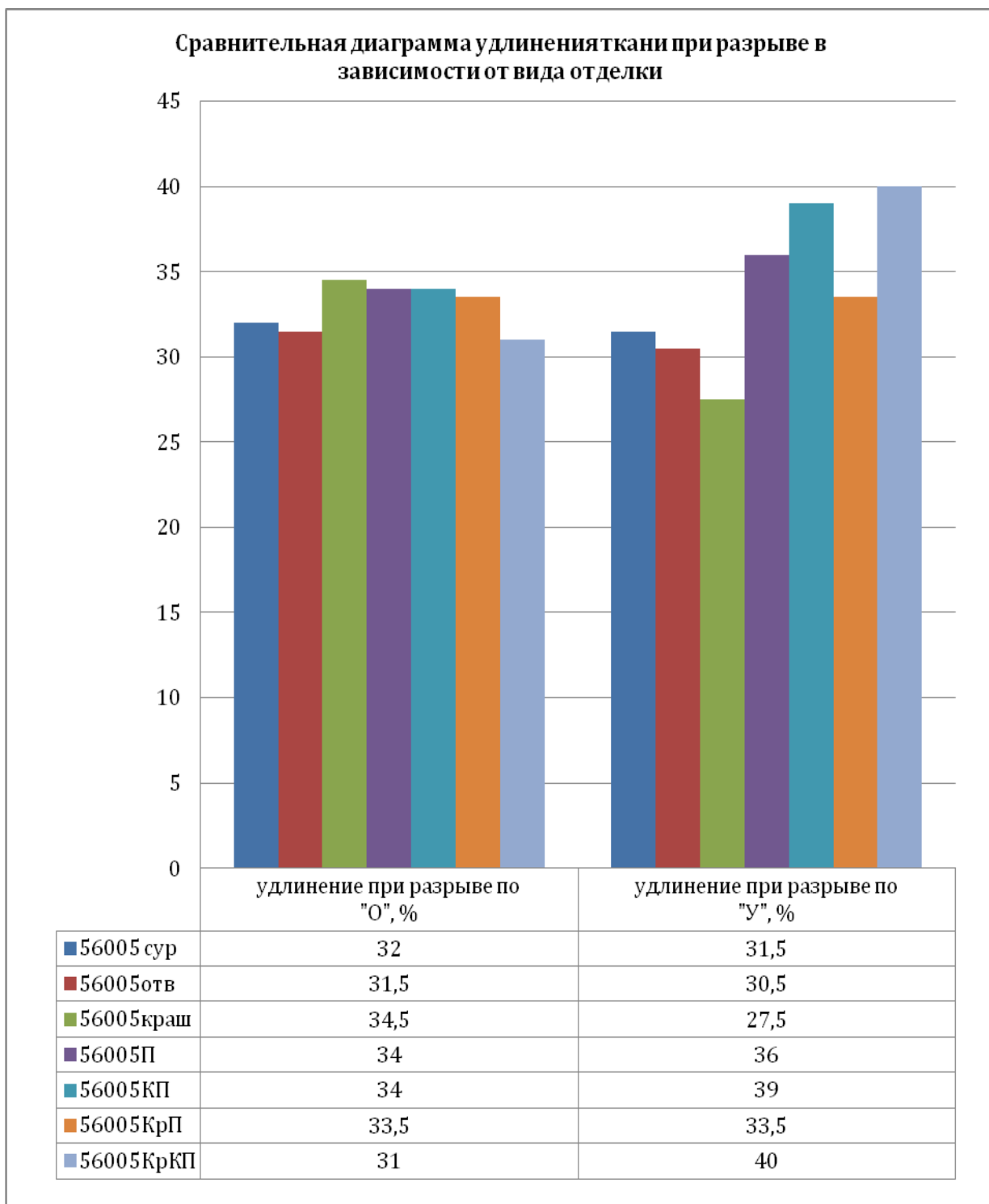


Рисунок 5.7. Сравнительные диаграммы разрывного удлинения полосок ткани в зависимости от вида отделки.

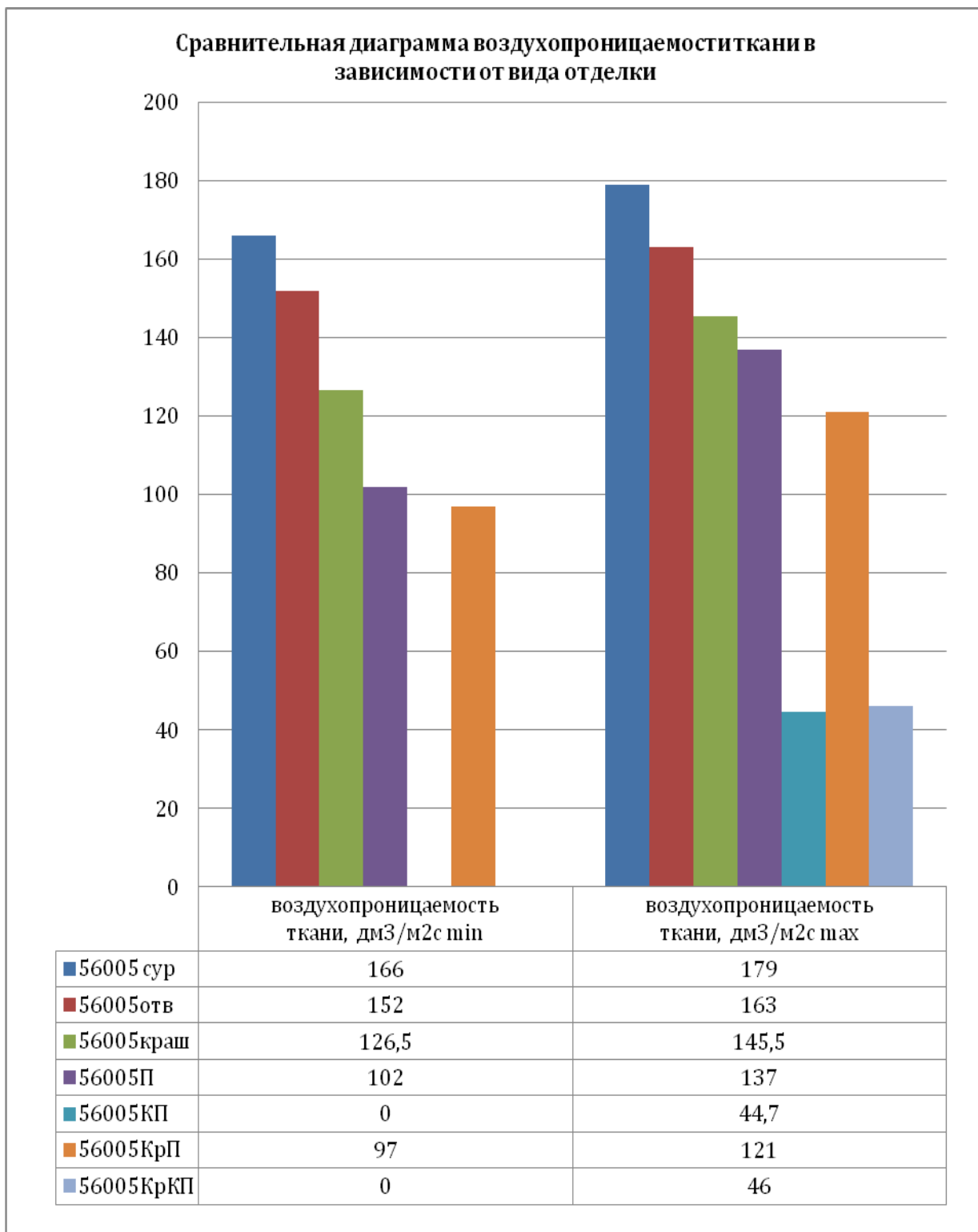


Рисунок 5.8. Сравнительные диаграммы воздухопроницаемости ткани при различных видах отделки.

5.4. Исследования воздухопроницаемости и физико-механических свойств ткани в зависимости от воздействия на ткань влаги и температуры

В таблице 5.3 представлены результаты обработки экспериментальных данных полуцикловых характеристик и воздухопроницаемости для ткани арт. 56005П. Образец выдерживался в воде 25 минут при температуре 70°C.

Таблица 5.3. Экспериментальные данные свойств ткани арт. 56005П.

Состояние ткани	Разрывная нагрузка полоски ткани по основе и по утку, Н	Разрывное удлинение полоски ткани по основе и по утку, %	Потеря прочностных показателей, %	Воздухопроницаемость. (дм ³ /м ² с).
Исходный образец	539,5	25,77		62,9
	532,0	38,63		
Образец в мокром состоянии	525,8	29,59	2,9	60,7
	403,9	38,02	24,1	

Гигроскопичность – 6,2%.

На рисунке 5.9 дана диаграмма изменения физико-механических свойств ткани арт. 56005П в зависимости ее состояния.

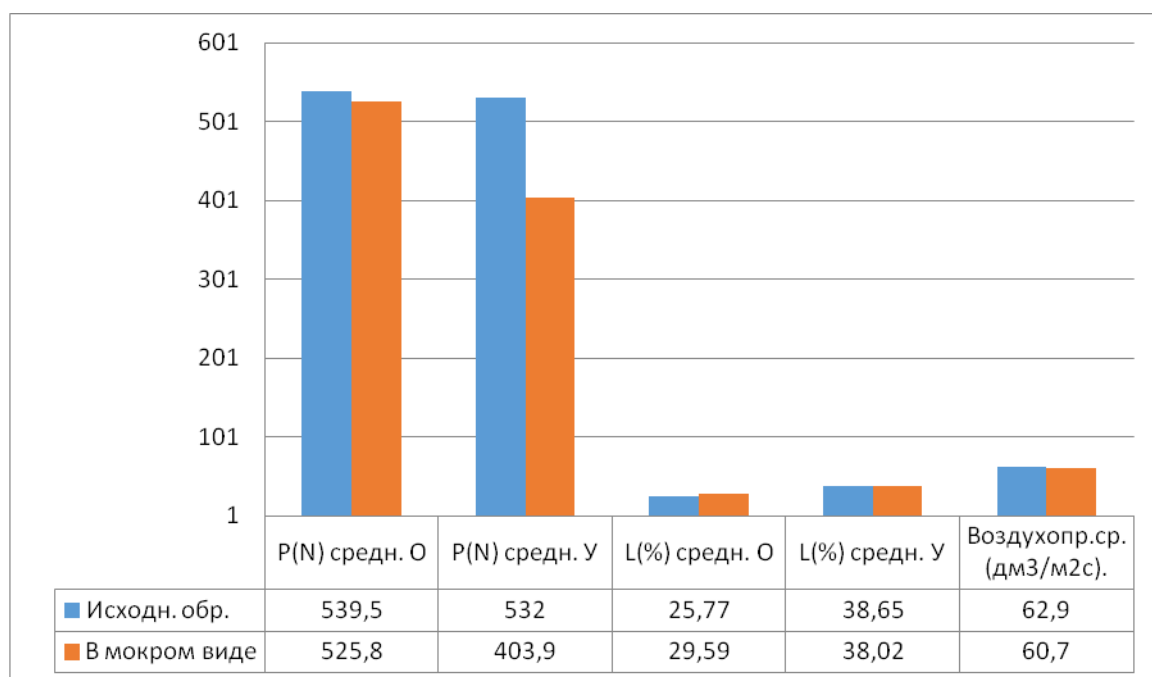


Рисунок 5.9. Диаграмма изменения физико-механических свойств в зависимости от её состояния.

Анализ диаграммы показывает, что в мокром виде испытуемый образец ткани имеет физико-механические показатели ниже в отличие от исходного образца. Следовательно, в мокром состоянии ткань теряет свои прочностные показатели.

В таблице 5.4 представлены результаты обработки экспериментальных данных полуцикловых характеристик и воздухопроницаемости для ткани арт. 56011П.

Таблица 5.4. Экспериментальные данные свойств ткани арт. 56011П.

Состояние ткани	Разрывная нагрузка полоски ткани по основе и по утку, Н	Разрывное удлинение полоски ткани по основе и по утку, %	Потеря прочностных показателей, %	Воздухопроницаемость. (дм ³ /м ² с).
Исходный образец	716 562	30,9 26,4		119,2
Образец в мокром состоянии	672 565	27,4 28,0	6,1 Нет потери	127,6

Гигроскопичность – 6,8%.

На рисунке 5.10 дана диаграмма изменения физико-механических свойств ткани арт. 56011П в зависимости ее состояния.

Анализ данных показывает, что в мокром виде испытуемый образец ткани имеет более низкие физико-механические показатели: разрывные нагрузки, сохранение прочности и нулевую воздухопроницаемость в отличие от исходного образца и образца после термообработки, далее образец прошел этап термообработки при 70°С - 25 мин и приобрел более высокие физико-механические свойства: возросли разрывные нагрузки, повысилась прочность ткани и воздухопроницаемость в отличие от исходного образца и образца в мокром виде.

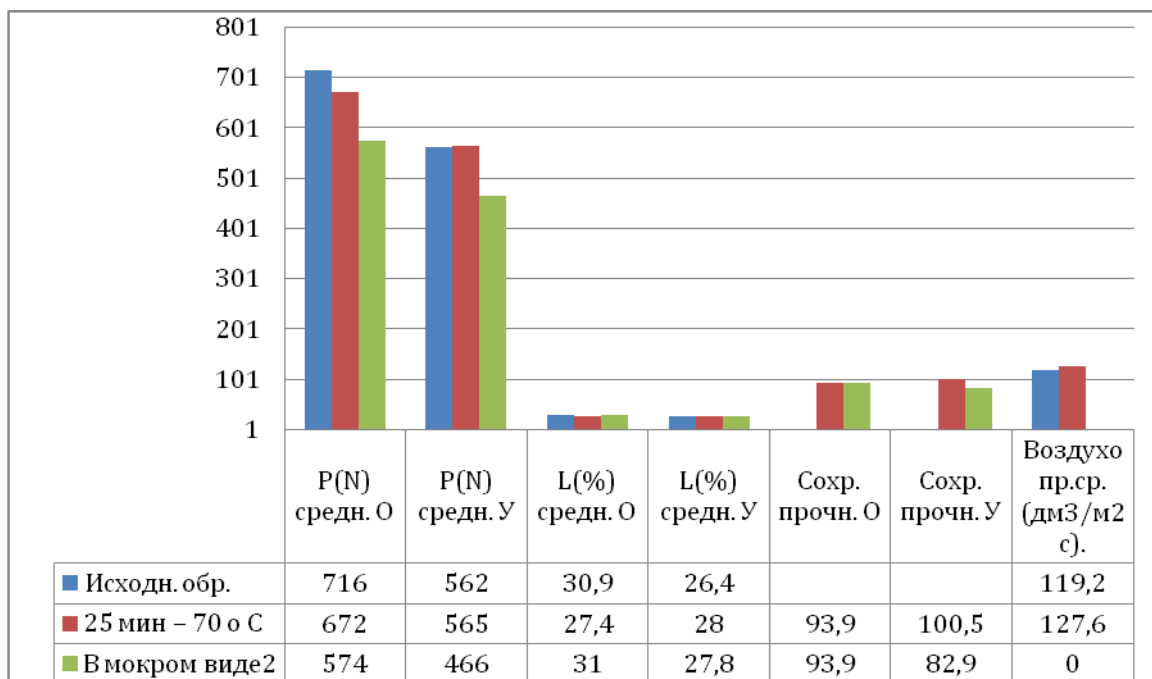


Рисунок 5.10. Диаграмма изменения физико-механических свойств ткани в зависимости от вида воздействия.

Из данного исследования мы видим, что исходный образец имеет более высокие разрывные нагрузки, а соответственно и более высокую прочность ткани, а воздухопроницаемость немного ниже, чем у образца после термообработки. Делаем выводы, что с помощью термообработки мы можем влиять на воздухопроницаемость, разрывные нагрузки и на прочность ткани.

В таблице 5.5 результаты экспериментальных исследований ткани арт. 56005КП.

Таблица 5.5. Результаты экспериментальных исследований свойств ткани арт. 56005КП

Состояние ткани	Разрывная нагрузка полоски ткани по основе и по утку, Н	Разрывное удлинение полоски ткани по основе и по утку, %	Потеря прочностных показателей, %	Воздухопроницаемость. (дм ³ /м ² с).
Исходный образец	479,3	22,79		40,26
	365,2	20,03		
Обработка 5 мин при 50°С	462,7	21,79	3,4	39,60
	362,2	22,73	1,04	
Обработка 10 мин при 50°С	462,8	21,89	3,4	39,15
	348,2	22,35	4,9	
Обработка 25	417,2	23,01	14,5	39,08

мин при 70°C	315,6	22,08	13,7	
В мокром состоянии	413,3	25,84	5,8	0

Гигроскопичность – 8,2%.

На рисунке 5.11 дана диаграмма изменения физико-механических свойств в зависимости от воздействия на ткань влаги и температуры.

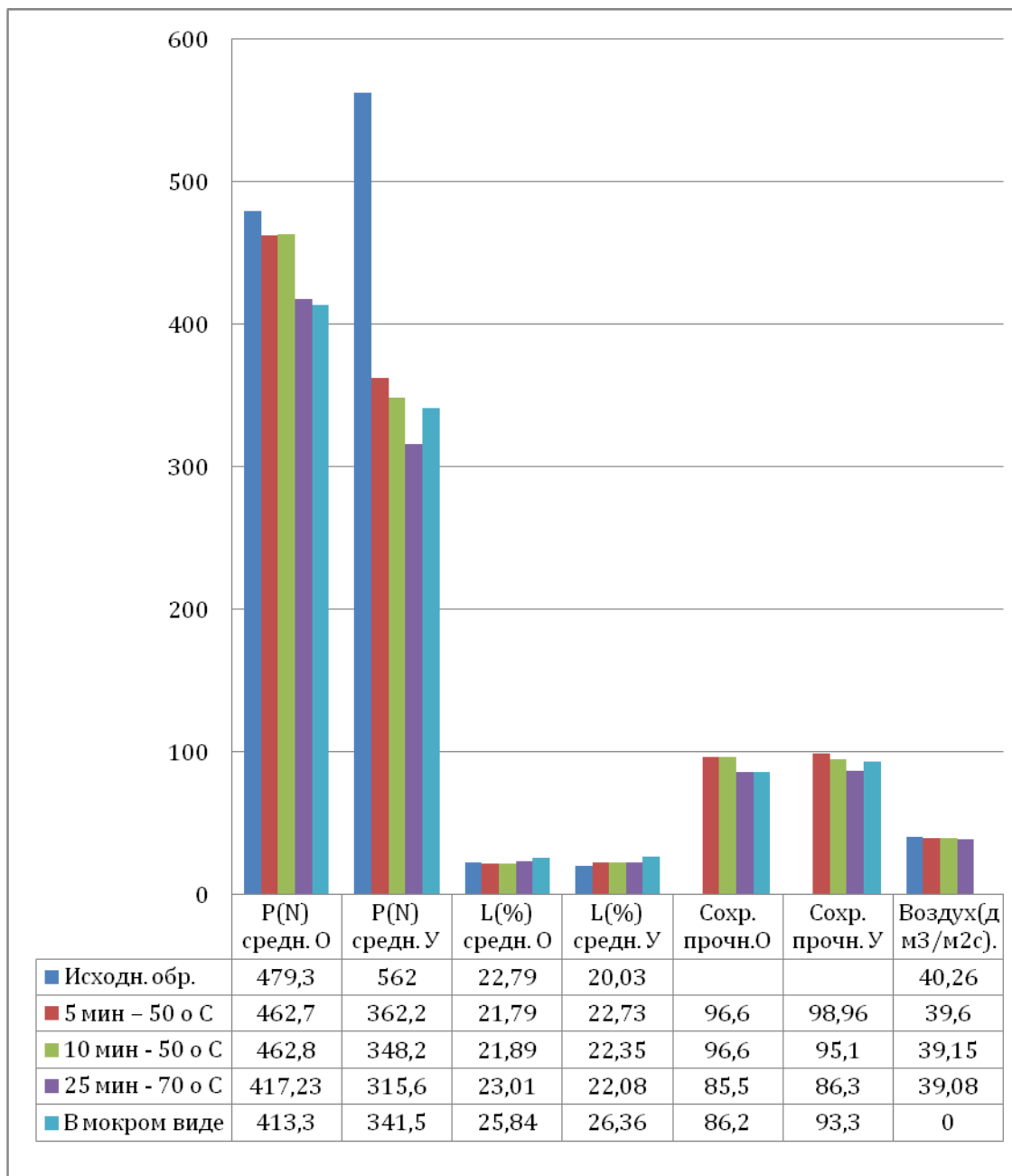


Рисунок 5.11. Диаграмма изменения физико-механических свойств в зависимости от воздействия на ткань влаги и температуры.

В работе были проведены исследования влияния на ткань влаги и температуры, что отображается на основных физико-механических свойствах

ткани: разрывных нагрузках, разрывном удлинении и воздухопроницаемости. В таблице 5.6 приведены показатели физико-механических свойств ткани исходного образца, после термообработки образца 5 мин – 50 °С, после термообработки образца 10 мин - 50 °С, после термообработки образца 25 мин – 70 °С и в мокром виде.

Рассмотрим все показатели в отдельных диаграммах и сравним все физико-механические показатели в зависимости от воздействия на ткань влаги и температуры. На рисунках 5.12 – 5.15 приведены сравнительные диаграммы свойств ткани арт. 56005КП.

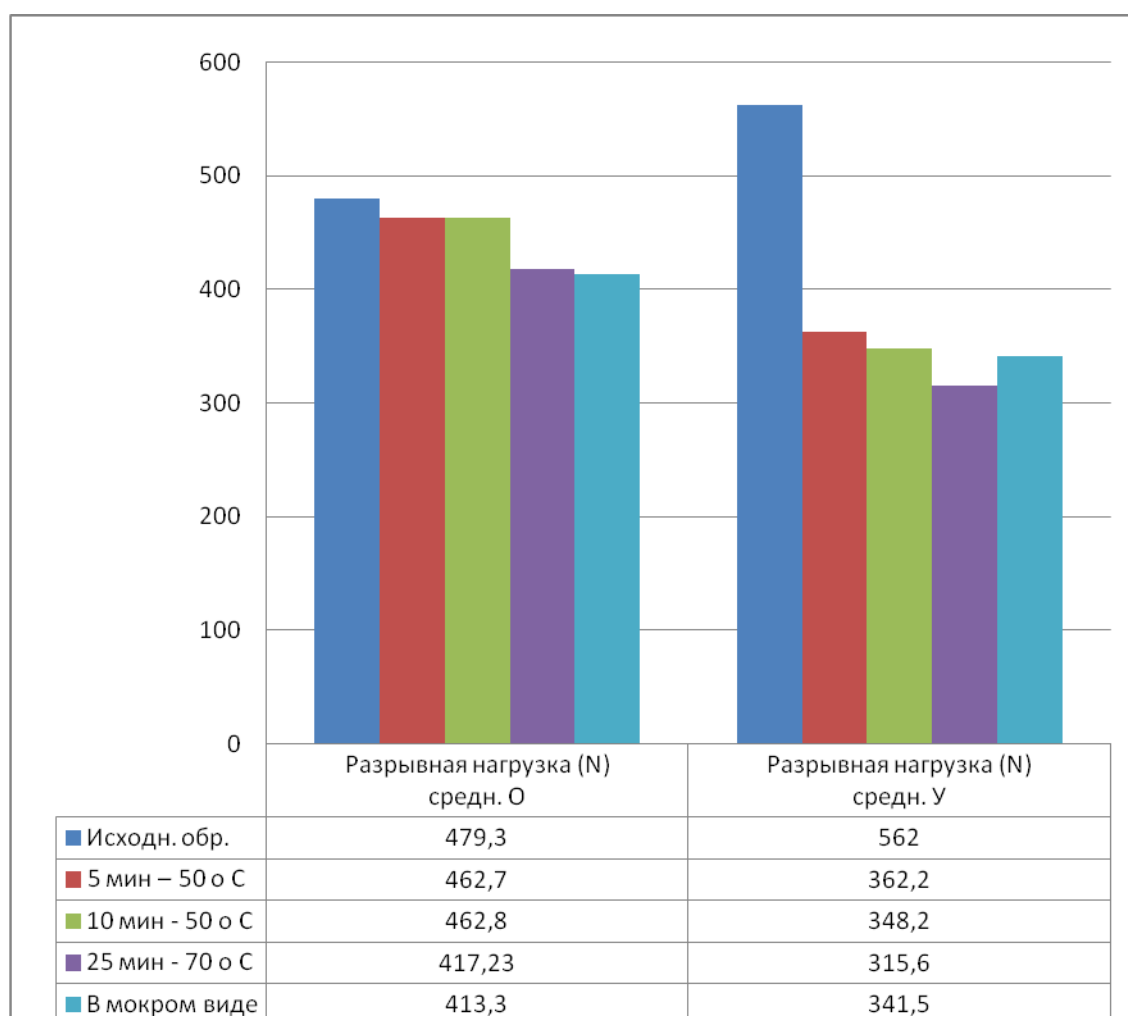


Рисунок 5.12. Диаграмма изменения разрывной нагрузки полоски ткани арт. 56005 по направлениям основы и утка в зависимости от состояния ткани.

Анализ диаграммы показывает, что образец с исходными данными имеет самую высокую разрывную нагрузку, образцы после термообработки при температуре 50 °С – 5 мин. и при 50 °С - 10 мин. имеют самые высокие разрывные нагрузки, а у ткани в мокром виде и после термообработки при температуре 70 °С – 25мин. эти показатели снижены, так как ткань, подвергаясь долгой термообработке, теряет свои прочностные свойства. Следовательно, при увеличении времени и температуры ткань теряет свои прочностные свойства.

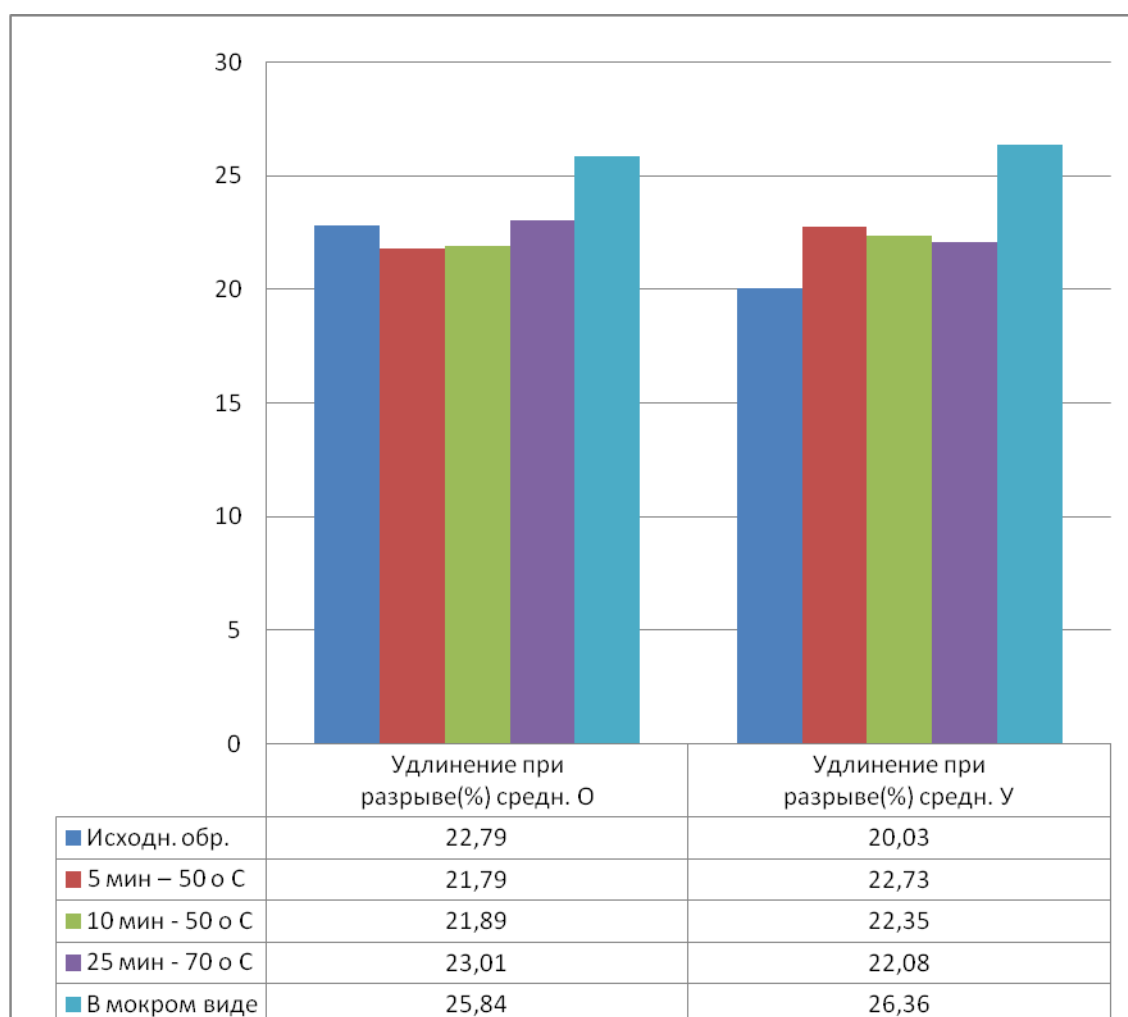


Рисунок 5.13. Сравнительная диаграмма разрывного удлинения полоски ткани арт. 56005 в направлении основы и утка в зависимости от состояния ткани.

Анализ диаграммы показывает, что испытуемый образец в мокром виде имеет самое высокое удлинение при разрыве, так как нити в ткани в мокром виде

стали более эластичными из-за влажности в отличие от исходного образца и образцов после термообработки. Следовательно, у ткани при намокании растяжимость увеличивается, так как влажная ткань более растяжима, а у термообработанной ткани удлинение намного ниже из-за воздействия различных температур.

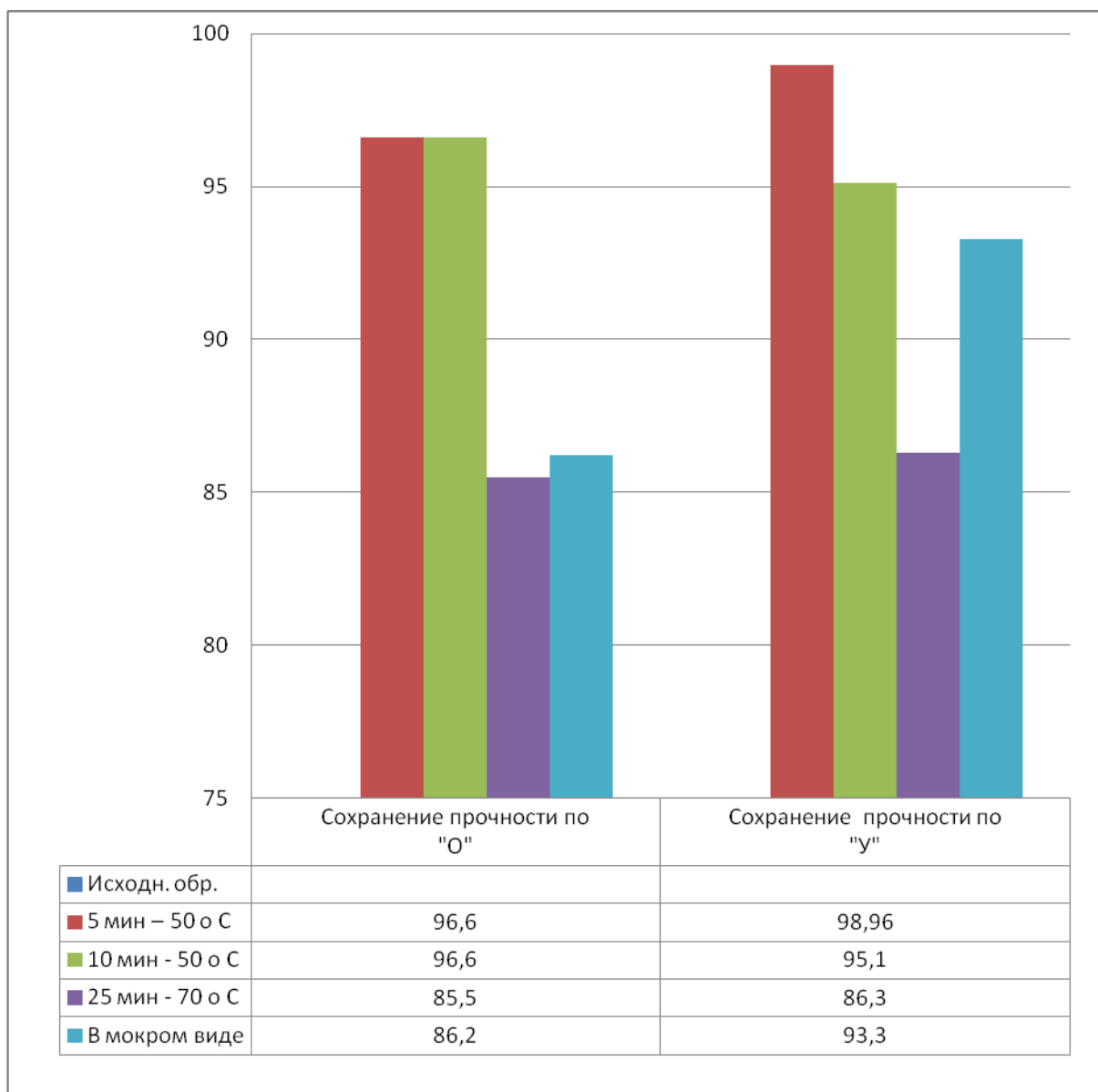


Рисунок 5.14. Сравнительная диаграмма сохранения прочностных показателей ткани арт. 56005 в направлении основы и утка в зависимости от состояния ткани.

Анализ диаграммы показывает, что испытываемые образцы по основе в мокром виде и после термообработки при температуре 70 ° С - 25 мин. имеют

самые низкие прочностные показатели, а после термообработки при температуре 50 °С – 5 мин. и при 50 °С – 10 мин. эти показатели стали более высокими. Такая же картина и по уменьшению прочностных показателей ткани, и в направлении утка.

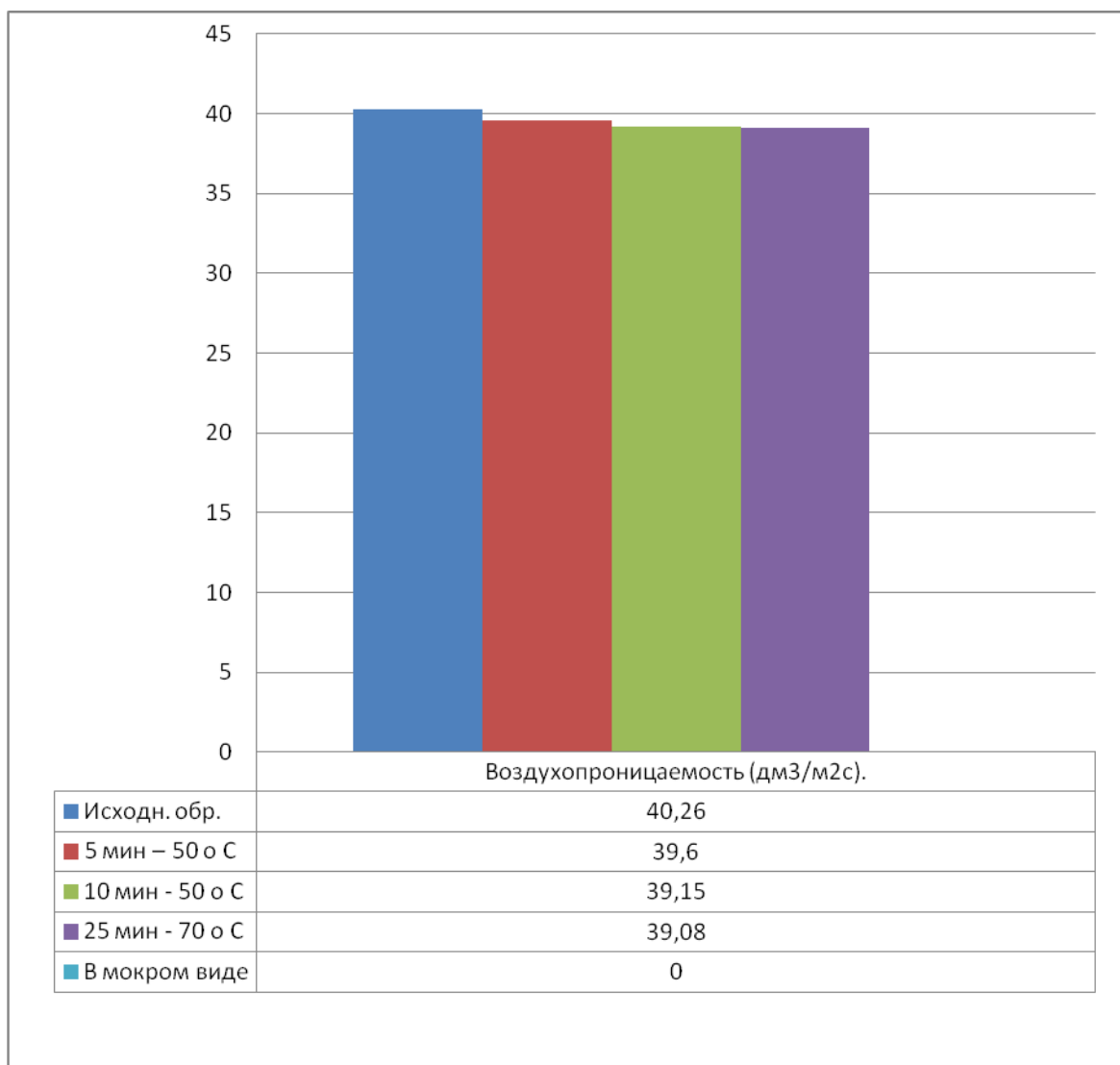


Рисунок 5.15 Сравнительная диаграмма воздухопроницаемости ткани арт. 56005 в направлении основы и утка в зависимости от состояния ткани.

Анализ диаграммы показывает, что испытываемые образцы с различными температурными воздействиями на ткань имеют практически одинаковую воздухопроницаемость. Только образец в мокром виде имеет нулевую воздухопроницаемость.

В работе были проведены исследования влияния видов отделки на основные физико-механические свойства ткани: разрывные нагрузки, разрывное удлинение

и воздухопроницаемость. В таблице 5.6 приведены результаты обработки экспериментальных данных свойств ткани арт. 56011КП исходного образца, после обработки образца 25 мин – 70 °С и в мокром виде. По данным из таблицы видно, что в мокром виде испытуемый образец ткани имеет более низкие физико-механические показатели и низкую воздухопроницаемость в отличие от исходного образца и образца после отделки, далее образец прошел этап отделки при 70 °С - 25 мин. и приобрел более высокие физико-механические свойства и более высокую воздухопроницаемость в отличие от исходного образца и образца в мокром виде. Прочность ткани сохраняется более высокой у образца в готовом виде.

Таблица 5.6. Результаты экспериментальных исследований свойств ткани арт. 56011КП

Состояние ткани	Разрывная нагрузка полоски ткани по основе и по утку, Н	Разрывное удлинение полоски ткани по основе и по утку, %	Потеря прочностных показателей, %	Воздухопроницаемость. (дм ³ /м ² с).
Исходный образец	305,2	36,27		970,82
	338,5	33,76		
Обработка 25 мин при 70°С	322,5	31,24	4,7	1000,96
	300,4	34,13	1,6	
В мокром состоянии	282,7	34,7	16,5	950,1
	244,8	36,3	19,8	

Гигроскопичность – 7,2%.

На рисунке 5.16 представлена диаграмма изменения физико-механических свойств в зависимости от ее состояния.

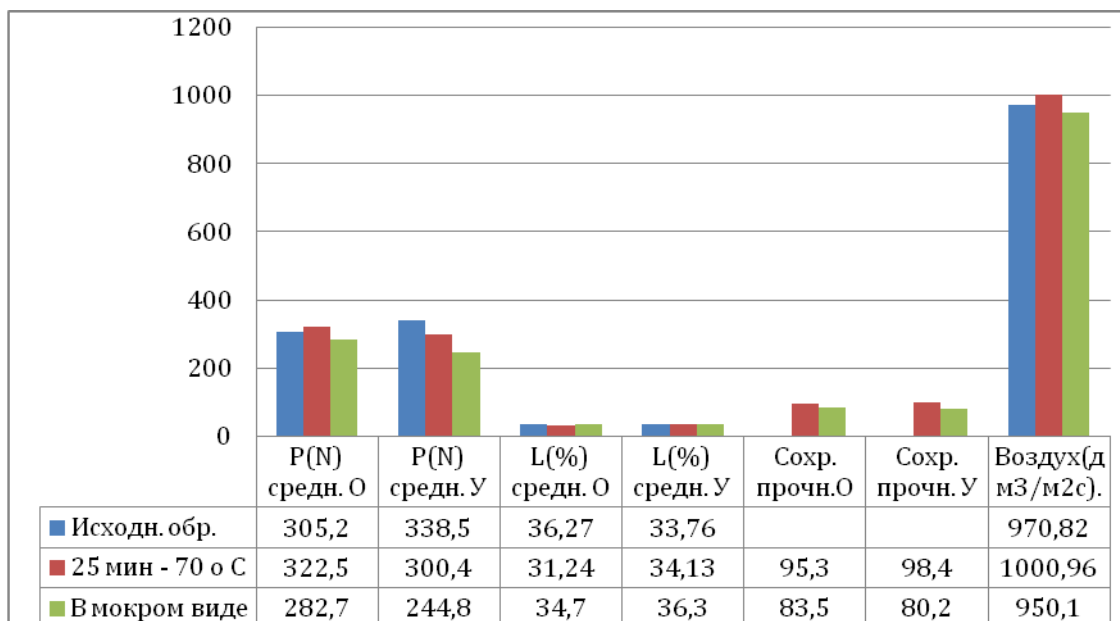


Рисунок 5.16. Диаграмма изменения физико-механических свойств в зависимости от ее состояния.

Выводы по главе

1. Стабильность структуры ткани и ее воздухопроницаемость, существенным образом зависит от плотности нитей основы и утка, линейной плотности нитей (текс), переплетения, вида отделки, изменении в филаментах и других параметров.

2. Увеличение крутки нитей, снижение плотности нитей, переход с полотняного переплетения на любое иное при прочих неизменных параметрах приводит к увеличению воздухопроницаемости ткани и наоборот, и значительным изменениям в физико-механических показателях.

3. Увеличение плотности тканей и линейной плотности нитей приводит к увеличению коэффициента наполнения ткани и повышению стабильности ее структуры, но одновременно и к изменению ее воздухопроницаемости.

4. При снижении плотности тканей и линейной плотности нитей ниже установленного предела, структура ткани будет нестабильной, что недопустимо, так как от этого зависит безопасность парашютной системы.

5. На каждом этапе отделки парашютной ткани, происходят изменения физико-механических показателей и воздухопроницаемости ткани, получена статистика экспериментальных данных по изменению свойств ткани при использовании различных режимов отделки ткани.

6. Парашютная ткань при изменении температуры, времени, и вида отделки изменяет физико-механические свойства и воздухопроницаемость, поэтому также необходимо учитывать в каких условиях работает парашютная система.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны методы прогнозирования технологии, структуры и свойств парашютных тканей из полиамидных нитей малой линейной плотности на основе построения геометрических моделей строения тканей и результатах аналитических и экспериментальных исследований.

2. Разработаны методы и алгоритмы расчета в среде Mathcad основных параметров структуры парашютных тканей на основе геометрической теории строения тканей, уработок нитей основы и утка на основе сплайн – моделей, прочностных показателей на основе современных теорий механики нити.

3. Получены модели влияния порядка фазы строения ткани на параметры структуры парашютных тканей, физико-механические и гигроскопические свойства парашютных тканей из полиамидных нитей малой линейной плотности.

4. Проведенная оптимизация позволила определить оптимальные технологические параметры изготовления парашютных тканей на современном технологическом оборудовании и рациональные параметры их структуры, обеспечивающие заданные поверхностную плотность и воздухопроницаемость ткани.

5. Разработаны рекомендации по улучшению структуры парашютных тканей с целью улучшения физико-механических свойств и стабилизации технологического процесса изготовления тканей.

6. Предложены современные технологические планы ткачества и отделки парашютных тканей.

7. Результаты работы внедрены в промышленности на ЗАО «Передовая текстильщица» и учебном процессе РГУ имени А.Н.Косыгина.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бартенев Г. М. Физика и механика полимеров / Г. М. Бартенев, Ю. В. Зеленов. – М. : Высшая школа, 1983. – 391 с.
2. Белицин М.Н. Синтетические нити (структура, свойства, методы расчета) / М.Н. Белицин. – М.: Легкая индустрия, 1970. – 192 с.
3. Белоцерковский С.М., Ништ М.И., Пономарев А.Т. и др. Исследование парашютов и дельтапланов на ЭВМ. – М.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
4. Бленд Д. Теория линейной вязкоупругости. – М.: Мир, 1965. – 200 с.
5. Богинич Т.Ф., Каракова О.А. Исследование изменения физико-механических свойств полиамидной нити 29,4 текс, используемой для выработки парашютных тканей, в процессе подготовки нитей к ткачеству и в ткачестве // Материалы II Международного конкурса научных и научно-методических работ. Сб. трудов. – М.: Издательство «Спутник +», 2014. – 136 с.
6. Богинич Т.Ф., Каракова О.А., Иванова М.Ю. Исследование защитных свойств баллистической ткани из арамидных нитей // Инновационные технологии развития текстильной и легкой промышленности : Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции. – М.: Экон-информ, 2014. – 242 с.
7. Гаас Р., Дитциус А. Растяжение материи и деформация оболочек мягких воздушных кораблей. – Л.: Судостроение, 1931. – 130 с.
8. Горячев В.В. Патент №2057215 Российская Федерация, кл. D03D15/00, D03D1/00 публ. 27.03.1996.
9. Горячев В.В. Патент №2084567 Российская Федерация, кл. D03D15/00 публ. 20.07.1997.
10. Горячев В.В. Патент №2061124 Российская Федерация, кл. D03D15/00, D03D1/00 публ. 27.05.1996.
11. Горячев В.В. Патент №2051224 Российская Федерация, кл. D03D15/00, D03D1/00 публ. 27.12.1995.

12. Горячев В.В. Патент №2016932 Российская Федерация, кл. D03D15/00 публ. 30.07.1994.

13. Горячев В.В. Патент №2016931 Российская Федерация, кл. D03D15/00 публ. 30.07.1994.

14. Горячев В.В. Патент №2041988 Российская Федерация, кл. D03D15/00 публ. 20.08.1995.

15. Давыдов А. Ф. Текстильное материаловедение : учебное пособие / А. Ф. Давыдов. – М. : Рос. заоч. ин-т текстил. и лег. пром-сти, 1997. – 168 с.

16. Егоров Н. В. Анализ структур огнезащитных тканей из парармидных нитей и особенности их изготовления на современном ткацком станке : дис. канд. техн. наук : 05.19.02 / Н. В. Егоров. – М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2010. – 182 с.

17. Елисеева И.И. и др. Эконометрика: Учебник, 2-е изд.- М.: Финансы и статистика, 2005. – 576 с.

18. Епишкина В.А., Киселев А.М. Совершенствование технологий отделки текстильных материалов – как путь улучшения экологической ситуации в красильно – отделочном производстве. Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. 1999. № 3. С. 101.

19. Зурахов В. С. Математическое моделирование и компьютерное прогнозирование деформационных свойств полиамидных тканей для парашютных куполов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.18 / Зурахов Владимир Сергеевич; [Место защиты: С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения]. - Санкт-Петербург, 2011. - 177 с.

20. Иноземцева Н. А. Разработка метода проектирования тканей по заданному порядку фазы строения : дис. канд. техн. наук : 05.19.02 / Н. А. Иноземцева. – М. : МГТА им. А. Н. Косыгина, 2010. – 152 с.

21. Каган В.М. Взаимодействие нити с рабочими органами текстильных машин / В.М. Каган. – М.: Легпищепром, 1984. – 118 с.

22. Капаева И.Д., Калабухова А.В., Сапожников С.В., Сафонов В.В. Инновационные достижения в создании эргономичных процессов технологии отделки текстильных материалов. В сборнике: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ - 2015) сборник материалов международной научно-технической конференции. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет дизайна и технологии». 2015. С. 177-179.

23. Капаева И.Д., Сапожников С.В., Третьякова А.Е., Сафонов В.В. Современные ресурсосберегающие технологии в отделке текстильных материалов. В сборнике: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2016) сборник материалов международной научно-технической конференции. Москва, 2016. С. 177-180.

24. Каракова О.А. Структура комплексных нитей из нейлона-капрона 6/6 - США и полиамида-капрона 6 - Россия и ее влияние на их последующую переработку в ткачестве // Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности: Сборник трудов. – М.: Издательство «Спутник +», 2016. – 248 с. – с. 42-47

25. Каракова О.А. Анализ факторов, влияющих на воздухопроницаемость полиамидных тканей технического назначения // Современные информационные технологии в образовании, науке и промышленности: VI Международная конференция и IV Международный конкурс научных и научно-методических работ: Научное школьное сообщество. Сб. трудов. – М.: Издательство «Спутник +», 2016. – с. 40-42.

26. Каракова О.А. Сравнительный анализ пороков парашютных тканей малой поверхностной плотности при выработке их на станках DORNIER AWS и СТБ-2-220 // XX Международный научно-практический форум SMARTEX-2017 / Издание Ивановского государственного политехнического университета. Иваново – 2017. – с. 280-283.

27. Каракова О.А., Николаев С.Д. Требования, предъявляемые к парашютным тканям // Современные задачи инженерных наук : Сборник научных трудов. Том 1. – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2017. – 353 с. – с. 265-268.

28. Каракова О.А., Николаев С.Д. Расчет уработок нитей парашютных тканей // Вестник технологического университета, г. Казань, 2017. Т 20, №10. – с. 70-75.

29. Каракова О.А., Николаев С.Д. Анализ видов отделки парашютных тканей // Журнал СПГУТД: Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, 2017, №3.

30. Каракова О.А., Николаев С.Д. Расчет прочности парашютной ткани с учетом ее порядка фазы строения // Международная научно-техническая конференция «Значение интеграции науки и решение актуальных проблем при организации производства в предприятиях текстильной промышленности» (УзНИИИНВ – 80) / Сборник материалов – Часть 2. Республика Узбекистан – МАРГИЛАН – 2017.: Изд-во «Fan va texnologiya», 2017.

31. Каракова О.А., Кащеев О.В., Николаев С.Д. Оптимизация параметров выработки парашютной ткани на станке СТБ // «ДИЗАЙН и ТЕХНОЛОГИИ», научный журнал. №59(101), - М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017. – с.65-68.

32. Каракова О.А., Кащеев О.В., Николаев С.Д. Влияние заправочных параметров структуры парашютных тканей на ее свойства // «ДИЗАЙН и ТЕХНОЛОГИИ», научный журнал. №61(103), - М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2017. – с. 64-67.

33. Карева Т. Ю. Разработка способа технологии изготовления тканей новых структур и исследование их строения. // Дис. докт.техн.наук, МГТУ им. А. Н. Косыгина, М. 2005.- 412 с .

34. Кащеева М. М. Разработка облегченных структур технических тканей из углеродных нитей и особенности их изготовления на ткацком станке : дис. канд.

техн. наук : 05.19.02 / М. М. Кашеева. – М. : МГТА им. А. Н. Косыгина, 2009. – 141 с.

35. Киселёв А.М. Современные направления научной деятельности кафедры химической технологии и дизайна текстиля. «Дизайн. Материалы. Технология». СПГУТД, 2009. № 4. С. 77-83.

36. Киселев А.М. Обзор научно-исследовательских работ, выполненных на базе учебно-научно-инновационного комплекса «Текстиль: Цвет и дизайн» Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. Санкт Петербург, 2009. Т.6. № 4. С. 58-64.

37. Киселев А.М. Экологические аспекты отделки текстильных материалов. Российский химический журнал. 2002. Т. XLVI. № 1. С. 20.

38. Кобляков А.И. Структура и механические свойства трикотажа. М.: Легкая индустрия, 1973, с.240

39. Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация: учебное пособие для вузов / М.А. Колтунов. – М.: Высш. шк., 1976. – 277 с.

40. Коритыцкий Я.И. Современные натяжные устройства текстильных машин / Я.И. Коритыцкий. – М.: ЦНИИТЭИЛегпром, 1971. – 224 С.

41. Корицкий К.И. Инженерное проектирование текстильных материалов. – М.: Легкая индустрия, 1971. – с.288;

42. Корицкий К.И. Основы проектирования свойств пряжи. – М.: Гизлегпром, 1963. – 246 с.

43. Кофнов О.В. Модель и алгоритмы обработки цифровых изображений для оценивания геометрических параметров материалов с периодической структурой : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.01 / Кофнов Олег Владимирович; [Место защиты: С.-Петерб. ин-т информатики и автоматизации РАН]. - Санкт-Петербург, 2015. - 175 с. : ил.

44. Кричевский Г.Е., Морыганов А.П., Пророкова Н.П. Какие технологии важнее? Российский химический журнал. 2011. Т. LV. № 3. С. 3.

45. Кукин Г.Н. и др. Текстильное материаловедение (волокна и нити) : Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. /М.: Легпромбытиздат. 1989. – 352с.
46. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение. М., «Легкая индустрия», 1964. 374 с.
47. Кукин Г. Н., Соловьев А. Н. Текстильное материаловедение. Исходные текстильные материалы. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. /М.: Издательство «Легкая промышленность и бытовое обслуживание», 1985г. – 216 с.
48. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Кобляков А.И. Текстильное материаловедение. М.: Легпромбытиздат, т.2, 1992, с. 217.
49. Куличенко А.В. Исследование проницаемости увлажненным воздухом тканей различного назначения [Рукопись] : дис. ... канд. техн. наук : ЛИТЛП им. С. М. Кирова. - Л., 1978. - 214 с.
50. Кучер Н.К., Данильчук Е.Л. Нелинейное деформирование полипропиленовых нитей при конечных деформациях. // Пробл. прочности. – 2009, – №2 – с. 144-157.
51. Кучер Н.К., Земцов М.П., Данильчук Е.Л. Кратковременная ползучесть и прочность полипропиленовых волокнистых структур. // Пробл. прочности. – 2007. – №6. – с. 77-90.
52. Лобанов Н.А. Основы расчета и конструирования парашютов. – М.: Машиностроение, 1965. – 363 с.
53. Лазунина Ю.Н., Кирюхин С.М. Качество, надежность и безопасность парашютных тканей. Сборник научных трудов, МГУДТ, 2014. – с.119-123.
54. Лялин В.В., Морозов В.И., Пономарев А.Т. Парашютные системы. Проблемы и методы их решения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 576 с.;
55. Марихин В. А. Надмолекулярная структура полимеров / В. А. Марихин, Л. Л. Мленикова. – Л. : Химия, 1977. – 240 с.
56. Мартынова А.А., Слостина Г.Л., Власова Н.А. Строение и проектирование тканей. – М.: МГТУ, учебник для вузов, 1998. – 364 с.

57. Мельников Б. Н. Прогресс текстильной химии / Б. Н. Мельников, И. Б. Блиничева, Г. И. Виноградова, В. И. Лебедева. – М. : Легпромбытиздат, 1988. – 240 с.

58. Мельников Б.Н. Современные проблемы текстильной химии. / Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология, 2008. Т.51, №6, с.3-14.

59. Мельников Б.Н., Кузнецов В.Б., Морыгановс А.П. Текстильная химия на рубеже 20 и 21 веков: Результаты сотрудничества ИХХТУ, ИВНИТИ, ИХР РАН. Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология, 2015, №7, с.90-100.

60. Мельников Б.Н. Щеглова Т.Л. Виноградова Г.И. Применение красителей. Учебное пособие, 2012.

61. Мельников Б.Н., Щеглова Т.Л., Виноградова Г.И. Применение красителей. Учебное пособие для вузов, Москва, 2010.

62. Мельяченко Ж. В. Взаимосвязь технологических параметров ткачества и параметров строения вырабатываемых тканей / Ж. В. Мельяченко, С. Д. Николаев // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1991. – № 1. – С. 47-50

63. Николаев С.Д. Научные основы прогнозирования условий технологического процесса ткачества для получения тканей заданного строения : дисс. ...док. тех. наук / С.Д. Николаев. – М.: МТИ, 1987. – 453 с.

64. Николаев С.Д., Мартынова А.А., Юхин С.С., Власова Н.А. Методы и средства исследования технологических процессов в ткачестве // МГТУ, 2003. – 400 с.

65. Николаев С.Д., Ковалева О.В., Ликучева А.А., Николаева Н.А., Рыбаулина И.В. Проектирование технологии тканей заданного строения: Монография. – М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2007.-276 с.

66. Ништ М.И., Судаков А.Г. К влиянию проницаемости осесимметричных поверхностей на их отрывное обтекание // Инженерно-физический журнал – 1984. – Т.XLVII. – №3. – С. 392 – 397

67. Перепелкин К.Е. Структура и свойства волокон / К.Е. Перепелкин. – М.: Химия, 1985. – 208 с.
68. Попов Е.П. Теория и расчет упругих стержней. М.: - Наука, 1986.
69. Разумеев К.Э. Исследование теории выбросов случайных функций при оценке обрывности в шерстопрядении // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999. - №3(249). – сс. 128-131
70. Разумеев К.Э. Проектирование шерстяной гребенной ленты и пряжи на основе инструментального определения свойств невыттой шерсти: дисс. ...докт.т.н. – М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2003. – 315 с.
71. Разумеев К.Э. О прогнозировании обрывности в шерстопрядении // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999. - №2(248). – сс. 125-128.
72. Разумеев К.Э. Оценка обрывности в шерстопрядении средствами теории выбросов случайных функций // Текстильная промышленность. – 1999. - №7-8. – сс. 25-29.
73. Рахматулин Х.А. Обтекание пронцаемого тела // Вестн. МГУ. Сер. физич. и естеств. наук. – 1950. – Вып. – 2. – №3 – с. 41 – 55.
74. Рахматулин Х.А., Гувернюк С.В. О постановке задач обтекания пронцаемых тел несжимаемой средой // Сб.: Парашюты и пронцаемые тела. – М.: Изд-во МГУ. 1987. С. 5 – 24.
75. Розанов Ф.М., Кутепов О.С., Жупикова Д.М., Молчанов С.В. Строение и проектирование тканей. – М.: Государственное научно-техническое издательство Министерства промышленных товаров широкого потребления СССР, 1953. – с. 438.
76. Розанова Н.П. Влияние крутки пряжи на основные свойства хлопчатобумажных парашютных тканей. Автореферат дисс. ...к.т.н. – ИвТИ. – 1946.

77. Розанова Н.П. Зависимость воздухопроницаемости тканей от переплетения в них нитей // Сб.: Научно-исследовательские труды МТИ. Т.IX, 1954 – сс. 70-83.
78. Руденко Л.Г. Разработка автоматизированного метода расчета технологических параметров изготовления тканей. Дис. ... канд.техн.наук.- М., 2003. -144 с.
79. Рыбаулина И. В. Разработка автоматизированного метода проектирования фильтровальных тканей по заданным свойствам : автореферат дис. канд. техн. наук : 05.19.02 / И. В. Рыбаулина. – М., 2007. – 16 с.
80. Рысев О.В. Аэродинамические свойства технических тканей // Изв. вузов. Технол. текст. промышл. – 1983. – №3. – С. 19 – 22.
81. Рысев О.В. Аэродинамическое сопротивление технических тканей // Изв. вузов. Технол. текст. промышл. – 1981. – №4. – С. 11 – 14.
82. Рысев О.В., Пономарев А.Т., Васильев М.И. и др. Парашютные системы. – М.: Наука, 1996. – 288 с.
83. Самарский А.А., Гулий А.В. Численные методы. Учебное пособие для вузов. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1989 г. – 432 с.
84. Сафонов П.Е. Разработка оптимальных технологических параметров изготовления арамидных. Дис. ... канд.техн.наук.- М., 2013. – 358 с.
85. Сафонов В.В. Химическая технология и оборудование отделочного производства. Москва, 2012 г., 397 с.
86. Сафонов В.В., Третьякова А.Е., Чеснокова В.И. Перспективное оборудование отделочного производства ч.1 Отделка изделий из целлюлозных волокон. Москва, 2014 г., 124 с.
87. Сафонов В.В., Третьякова А.Е., Чеснокова В.И. Перспективное оборудование отделочного производства ч.2 Колорирование и заключительная отделка текстильных материалов. Москва, 2013 г., 124 с.
88. Сборник докладов участников Третьего международного научно-практического симпозиума «Научно- производственное партнерство:

взаимодействие науки и текстильных предприятий и новые сферы применения технического текстиля» (г.Москва, 21 марта 2018 г. ЦВК «Экспоцентр», Российская неделя текстильной и легкой промышленности».

89. Свойства и особенности переработки химических волокон / Под ред. А. Б. Пакшвера. – М. : Химия, 1975. – 496 с.

90. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов в текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980. – 392 с.

91. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Оптимизация механико-технологических процессов текстильной промышленности – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 256 с.

92. Сеницын А.А. Разработка метода проектирования трехосных тканей. Дис. ... канд.техн.наук.- М., 2012.- 224 с.

93. Сеницына И.А. Анализ тканей ортогонального и неортогонального строения для кромок. Дис. ... канд.техн.наук.- М., 2009.- 247 с.

94. Скляников В.П. О коэффициенте поверхностного заполнения тканей. – М.: «Легкая промышленность», 1964. – 36 – сс. 32-36.

95. Скляников В.П. Строение и качество тканей. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

96. Скляников В.П., Кондратьева А.В. Система комплексов параметров строения тканей. Текстильная промышленность. – 1988. - №4.

97. Скляников В.П., Машкова Е.Н. Исследование влияния строения тканей из химических волокон на их воздухопроницаемость. – М.: Текстильная промышленность, 1973. - №6, - сс. 32-75.

98. Слугин А. И. Разработка оптимальных технологических параметров изготовления тканей на основе вторичной арамидной пряжи : дис. канд. техн. наук : 05.19.02 / Н. В. Егоров. – М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2008. – 173 с.

99. Соколов Г.В. Кручение корда и производство кордных тканей из химических волокон, изд-во «Легкая индустрия», 1965.

100. Соловьев А.Н. Проектирование свойств пряжи в хлопкопрядильном производстве: дисс. ...докт.т.н. – М.: МТИ, 1951. – 228 с.
101. Соловьев А.Н. Определение пористости тканей // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 1965, №3.
102. Соловьев А.Н. Измерения и оценка свойств текстильных материалов. – М.: Ростехиздат, 1961.
103. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 215 с.
104. Степанова Г. С. Анализ причинно-следственных связей в ткачестве : автореф. дис. канд. техн. наук / Г. С. Степанова. – М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2006. – 16 с.
105. Структура волокон / под ред. Д. Херма, Р. Петерса. – М. : Химия, 1969. – 400 с.
106. Толубеева Г.И., Якубова И.Г., Пяртли С.Г. Методика расчета уработок нитей полотна по заправочным данным ткани и высоте волны изгиба основы. // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 2012, №1, сс. 54-58.
107. Хартман К. и др. Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. Перевод на русский язык. – М.: «Мир», 1977. – 552 с.
108. Циркина, О. Г. Теоретическое и экспериментальное обоснование повышения эффективности технологий отделки текстиля с использованием поля токов высокой частоты : диссертация ... доктора технических наук : 05.19.02 / Циркина Ольга Германовна; [Место защиты: Иван. гос. хим.-технол. ун-т]. - Иваново, 2015. - 418 с.
109. Черняева О. Е. Совершенствование технологии изготовления технических тканей специального назначения из арамидных нитей на ткацких станках Dornier : дис. канд. техн. наук : 05.19.02 / О. Е. Черняева. – Иваново : ИГТА, 2010. – 185 с.

110. Шустов Ю. С. Основы текстильного материаловедения : учебное пособие / Ю. С. Шустов. – М. : МГТУ им. А. Н. Косыгина : Совьяж Бево, 2007. – 302 с.
111. Щедров В.С. Основы механики гибкой нити/ В.С. Щедров. – М.: «Машгиз», 1961. – 172 с.
112. Щербаков В.П. Прикладная и структурная механика волокнистых материалов / В.П. Щербаков. – М.: «Тисо Принт», 2013. – 304 с.
113. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Аналитические методы проектирования нити и пряжи. – М.: МГТУ им. А.Н.Косыгина, 2007. – 73 с.
114. Щербаков В.П., Скуланова Н.С., Дмитриев О.Ю., Цыганов И.Б., Попова Е.Р. Теоретические основы и экспериментальное определение жесткости нити при кручении и изгибе // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №6, 2012. – сс. 166-171.
115. Щербаков В.П., Скуланова Н.С., Дмитриев О.Ю., Цыганов И.Б., Попова Е.Р. Теория и расчет силовых факторов определяющих равновесную структуру крученой нити // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. №1, 2013. – сс. 156-161.
116. Юхина Е.А., Юхин С.С. Расчет уработки нитей по заправочным параметрам ткани. // Изв. Вузов. Технология текстильной промышленности. – 1994, №2, сс. 36-38.
117. Boisse P., Zouari B., and Gasser A. A mesoscopic approach for the simulation of woven fibre composite forming / Boisse P., Zouari B., and Gasser A. // Compos. Sci. Tech. – 2005. – 65, No. 3-4. – P. 429-436.
118. Carvelli V. Monofilament technical textiles: An analytical model for the prediction of the mechanical behaviour / Carvelli V. // Mech. Res. Communications. – 2009. – 36, Issue 5. – P. 573-580.
119. Grosberg, P., (1966) The mechanical properties of woven fabrics, Part II: The bending of woven fabrics. Textile Research Journal, Vol.36, No.3, pp. 205-211.

120. Grosberg, P. and Kedia, S., (1966) The Mechanical Properties of Woven Fabrics, Part I: The Initial Load Extension Modulus of Woven Fabrics. Textile Research Journal, Vol.36, No.1, pp. 71-79.

121. Hearle, J.W.S., El-Behery, H.M.A.E. and Thakur, V.M., (1959) The mechanics of twisted yarns: Tensile properties of continuous-filament yarns. Journal of the Textile Institute, Vol.50, pp. T83-T111.

122. Hearle J. W. S., Potluri P., and Thammandra V. S. Modelling fabric mechanics / Hearle J. W. S., Potluri P., and Thammandra V. S. Modelling // Ibid. – 2001. – 92, Issue 3. – P. 53-69.

123. Kawabata S., Niwa M., and Kawai H. The finite-deformation theory of plain-weave fabrics. Pt. I: The biaxial-deformation theory / Kawabata S., Niwa M., and Kawai H. // J. Text. Inst. – 1973. – 64, Issue 1. – P. 21-46.

124. King M. J., Jearanaisilawong P., and Socrate S. A continuum constitutive model for the mechanical behavior of woven fabrics / King M. J., Jearanaisilawong P., and Socrate S. // Int. J. Sol. Struct. – 2005. – 42, Issue 13. – P. 3867-3896.

125. Leaf J.A.V., Kandil K.H. // Journal Textile Inst., 1980, V.59, p.313-363.

126. A. Matukonis, S.Kauzoniene, J.Gajauskaite. Frictional Interaction Between Textile Yarns. – Materials Science, 1999, №4, p. 50-52.

127. V.Milashus, A.Matukonis. Audlnlu structura.-, Vilnius: Mokslo ir enciklopediju leidykla., 1993.-205 p.

128. Morton, W.E., J.W.S. Hearle. Physical properties of textile fibres. Fourth edition. The Textile Institute. / Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, England, 2008. – 765.

129. Olofsson B. // Journal Textile Inst., 1964, 55, t.83.

130. Peirce F. T. The geometry of cloth structure / Peirce F. T. // J. Text. Inst. – 1937. – 28, Issue 3. – P. 45-96.

131. Platt M. Textile Research Journal, 1950, 20, №1, 1.

132. Platt M. Textile Research Journal, 1950, 20, №1, 663.

133. Taylor G.I., Batchelor G.K. The effect of wire gauze on small disturbances in a uniform stream // Quart. J. Mech. Applied Math. 1949. Vol. 2. № 1.

134. Xue P., Peng X., and Cao J. A non-orthogonal constitutive model for characterizing woven composites / Xue P., Peng X., and Cao J. // Composites: Pt. A, Appl. Sci. Manufact. – 2003. – 34, Issue 2. – P. 183-193.

135. Zurek W. Textile Research Journal, 1961, 31, №6, 504.

**АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ В
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор
ЗАО «КШФ «Передовая
текстильщица»



Брусков Д.Л.

30 марта 2018 г.

А К Т

об апробации результатов диссертационной работы соискателя Караковой О.А. «Прогнозирование структуры, технологии и свойств парашютных тканей»

Результаты диссертационной работы, выполненной соискателем кафедры Проектирования и художественного оформления текстильных изделий федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» Караковой Ольгой Анатольевной, прошли апробацию в ткацком производстве ЗАО «КШФ «Передовая текстильщица».

Апробацию прошли:

- метод расчета прочностных показателей парашютных тканей на базе современной теории механики текстильных материалов с учетом растяжимости текстильных нитей и параметров строения ткани;
- метод определения уработок нитей в ткани при использовании кубического сплайна;
- метод исследования структуры параметров тканей при помощи современных информационных технологий;
- решения оптимизационных задач по определению рациональных параметров строения парашютных тканей и их выработки на ткацком станке;
- результаты исследования, позволяющие прогнозировать свойства парашютных тканей в зависимости от вида их отделки и воздействия внешней среды.

Апробация прошла на ассортименте парашютных тканей, вырабатываемых на фабрике и дала положительный результат.

Предложенные соискателем Караковой О.А. методы могут быть использованы при прогнозировании структур проектируемых парашютных тканей и технологий их изготовления.

Технический директор

Буланова М.Е.

Начальник технического отдела

Леандрова В.В.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

"УТВЕРЖДАЮ"

Директор Текстильного института
Российского государственного университета
имени А.Н.Косыгина (Технологии. Дизайн.
Искусство)



д.т.н., проф. Разумеев К.Э.

« 17 » 04 2018 года

А К Т

об апробации результатов диссертационной работы
соискателя Караковой О.А. «Прогнозирование структуры,
технологии и свойств парашютных тканей»

Комиссия в составе заведующего кафедрой, д.т.н., проф. Юхина С.С., д.т.н. проф.В.А.Заваруева, д.т.н., проф. С.Д.Николаева составила настоящий акт в том, что результаты диссертационной работы соискателя Караковой О.А. внедрены в 2015-2017 годах в учебный процесс кафедры проектирования и художественного оформления текстильных изделий при проведении занятий с магистрами групп МАГ-ТТ-614, МАГ-ТТ-815 МАГ-ТТ-216, МАГ-ТТ-217:

- при изучении учебных курсов:

Прогнозирование технологического процесса ткачества;

Строение и технологии тканей технического назначения;

Основы механики нити.

- при проведении НИР (Панфилов С.В., гр.МАГ-ТТ-216, Степыгина Е.А., гр. МАГ-ТТ-216, Рощин А.А., гр.МАГ-ТТ-217)

Члены комиссии:

проф. С.С.Юхин

проф.В.А.Заваруев

проф. С.Д.Николаев

**АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ
ПАРАШЮТНЫХ ТКАНЕЙ**

Начало испытаний физико-механических свойств, проводят в климатических условиях по ГОСТ 10681.

Допускается при производственных испытаниях на предприятиях и в организациях легкой промышленности, проводить кондиционирование и испытания текстильных материалов, кроме вискозных, в том числе вискозных высокомодульных, и ацетатных, при относительной влажности воздуха 65 ± 5 % и температуре воздуха 20°C . Для создания соответствующих климатических условий в помещении применяют автономные кондиционеры и другие приборы, обеспечивающие требования. Для измерения и регистрации относительной влажности и температуры применяют: аспирационный психрометр, обеспечивающий скорость движения воздуха, проходящего около измерительного резервуара термометра не менее 2 м/с; гигрограф метеорологический суточный или недельный; термограф метеорологический, суточный или недельный по ГОСТ 6416-75. При возникновении разногласий измерение относительной влажности и температуры воздуха проводят аспирационным психрометром. Примечание. Допускается для измерения и регистрации относительной влажности и температуры воздуха применять другие приборы, обеспечивающие такую же точность измерения, как перечисленные выше приборы.

Весы лабораторные с погрешностью взвешивания до 0,2% от измеряемой массы по ГОСТ 24104 среднего класса точности



Разрывная машина УТС 101-30.

Испытательная установка УТС 101-30 предназначена для проведения механических испытаний материалов на растяжение, сжатие, изгиб, осадку, сплющивание, остаточную деформацию, отслаивание, расслоение, скалывание, раздирание в пределах технических возможностей машины. Номинальная нагрузка 30 кН. Все испытания проводятся в автоматическом режиме. Машины

УТС101 работает в соответствие со стандартами ГОСТ, ASTM, ISO, DIN. Сертификат об утверждении типа средств измерений № 35323. Испытательная установка оснащена микропроцессорной системой управления машиной и регистрации силовых и деформационных параметров испытания. Имеется возможность подключения ПК и электронных измерительных приборов (экстензометры, электронные динамометры).



Испытательная машина РТ-250М – 2

Машина для испытания текстиля РТ-250М-2 предназначена для испытания текстильных материалов и нитей из натуральных и синтетических волокон на растяжение при температуре (20 ± 15) градусов в соответствии с ГОСТ 23785.1, 29104.4, 29104.22, 3813, 16918, 23785.7 и др. По

общероссийскому классификатору продукции машина РТ-250М-2 применяется для испытаний по ОКП 427131, 427151.



Испытательная машина ИР 5074-3 на 3кН

Предназначена для испытания текстильных материалов из натуральных и синтетических волокон по ГОСТ 3813-72 - пряжи в пасме на разрыв по ГОСТ 6611.2-73 - трикотажного полотна и нетканых материалов на продавливание шариком.



Испытательная машина ИР 5047-50

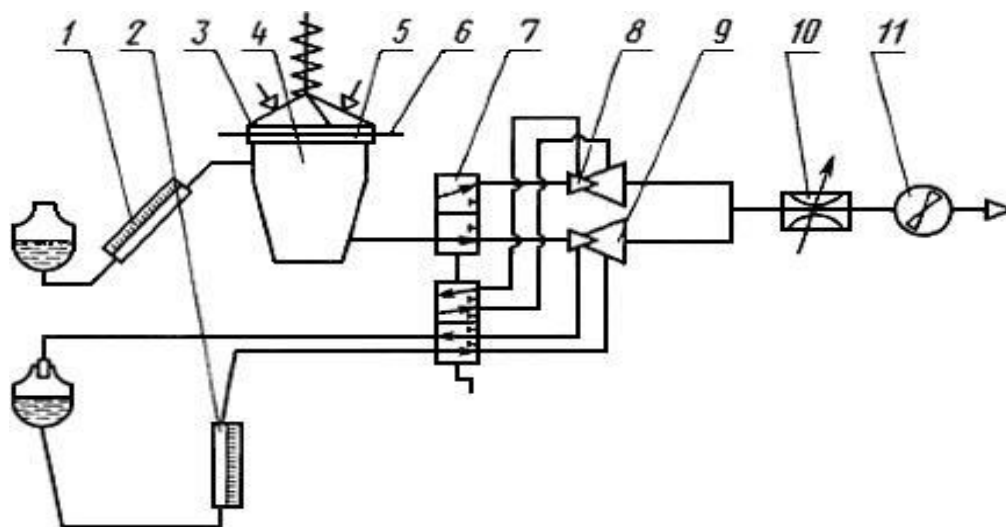
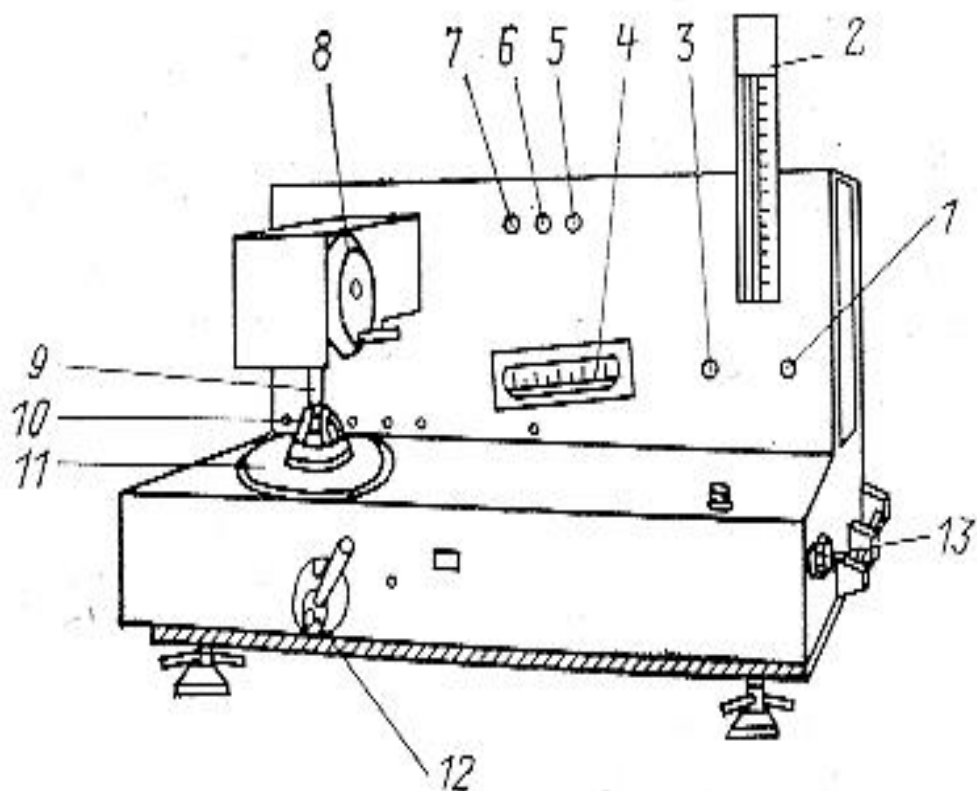
Предназначена для проведения: испытаний образцов из пластмасс, а также резины, текстильных материалов, черных и цветных металлов и других материалов в пределах технических возможностей машины. Машина может обеспечить проведение физико-механических испытаний на растяжение, сжатие и изгиб при нормальной температуре.



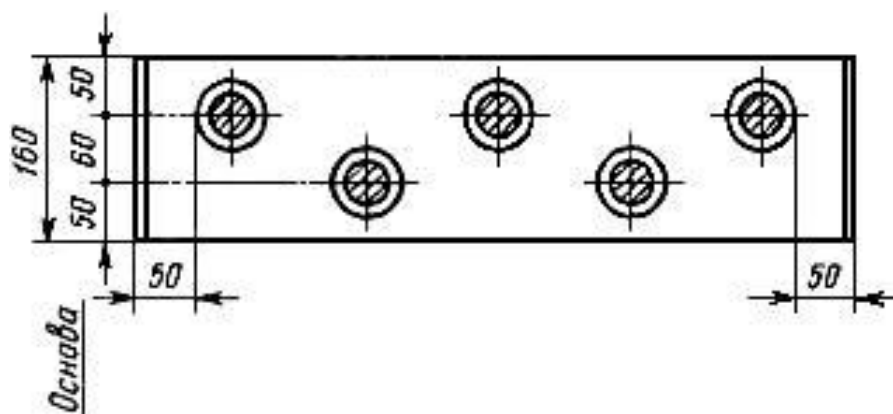
Аппаратура для проведения испытаний по воздухопроницаемости парашютных тканей.

Для испытания бытовых тканей, тканей технических, военного назначения и для спецодежды, трикотажных и нетканых полотен, войлока, искусственного меха, дублированных материалов и изделий из них применяют приборы марки ВПТМ.2 (черт.1), ВПТМ.2М, АТЛ-2 (FF-12) (черт.2) или марки

УПВ-2 (черт.3), обеспечивающие: измерение воздухопроницаемости в диапазоне от 2,5 до 10750 дм³/м² с; разрежение под точечной пробой 49 Па (5 мм вод.ст.); силу прижима точечной пробы 147 Н (15 кгс).



1 - индикатор разрежения; 2 - дифференциальный манометр; 3 - прижимное кольцо; 4 - камера разрежения; 5 - сменный столик; 6 - испытуемый образец; 7 - переключатель трубок Вентури; 8, 9 - расходомеры воздуха (трубки Вентури); 10 - дроссель; 11 - электродвигатель с вентилятором.



Прибор для определения воздухопроницаемости МТ-160

Приборы для измерения воздухопроницаемости МТ-160 (далее - прибор) предназначены для измерения воздухопроницаемости текстильных материалов и изделий из них по ГОСТ 12088-77, ГОСТ Р ИСО 9237-99. Приборы применяются в испытательных лабораториях на предприятиях легкой промышленности, в центрах стандартизации и сертификации для определения воздухопроницаемости различных видов текстильных материалов, включая ткани технического назначения, нетканые материалы, войлок, искусственный мех, трикотажные полотна и готовые текстильные изделия.



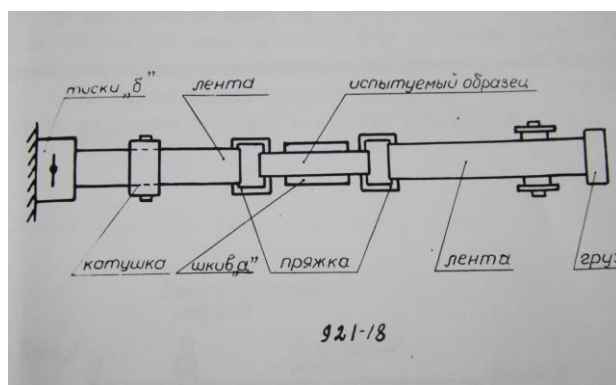
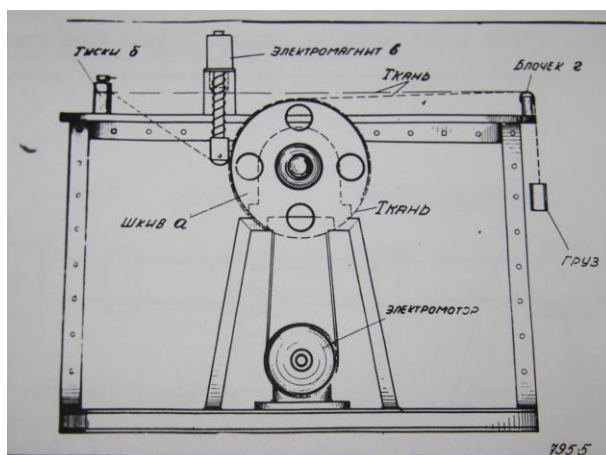
Аппаратура для определения качества противоожигаемой пропитки парашютных тканей.

Оценка качества противоожигаемой пропитки производится на приборе, конструкции предприятия п/я А-7977, при скорости вращения шкива 35 м/сек за время не более 30 сек, при величине грузов указанных в инструкции.

Для проверки ожогостойкости парашютных тканей, обработанных противоожигаемой пропиткой, отбирают образцы в количествах соответствующих нормам предусмотренным в ГОСТ.

Ожогостойкость парашютных тканей, обработанных противоожигаемой пропиткой считается удовлетворительной в том случае, если при испытании на

скорости вращения шкива 35 м/сек, с весом подвешивающего груза, не было обнаружено разрыва образца, ожога-спекаемости материала.



Аппаратура для проведения испытаний по определению влажности и гигроскопичности парашютных тканей. Шкаф сухожаровый типа – СНОЛ 120/350

Гигроскопические свойства характеризуют способность текстильных материалов поглощать водяные пары и воду из окружающей среды и отдавать их в эту среду. К показателям гигроскопических свойств ткани относят влажность, гигроскопичность, влагоотдачу, капиллярность и водопоглощаемость.

Ткани из синтетических волокон обладают низкой гигроскопичностью, поэтому их не рекомендуется использовать для изготовления белья. Гигроскопичность ткани при фактической влажности воздуха вычисляют отношением количества влаги, содержащейся в образце ткани, к массе высушенного образца по формуле, аналогичной формуле для определения влажности волокон.



Разрывная машина РМ-3.

Машина предназначена для определения разрывной нагрузки и разрывного удлинения при испытании текстильных нитей в соответствии с ГОСТ 6611.2 - 73. Относится к типу машин с маятниковым силоизмерителем. Усилие, приложенное к образцу, отсчитывается по шкале.



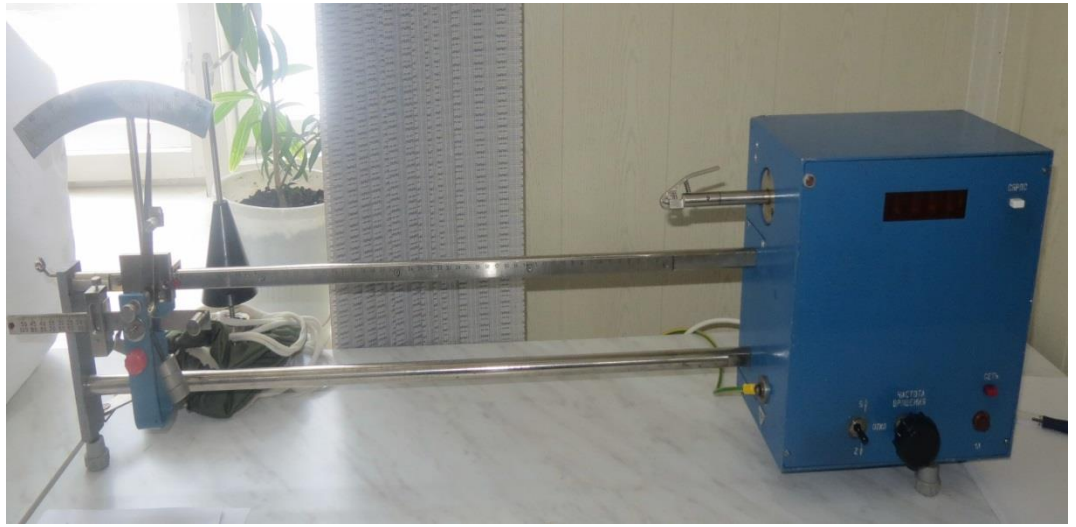
Разрывная машина STATIMAT-4U.

Прибор STATIMAT-4U является автоматической статической разрывной машиной, которая работает по принципу постоянной деформации (согласно ISO 2062). Прибор находится в шкафообразном корпусе. Двери по боковым

сторонам и на обратной стороне гарантируют доступ ко всем узлам прибора. STATIMAT-4U имеет компьютерную систему (TESTCONTROL), в которую входят персональный компьютер, цветной монитор и принтер. Если основные функции управления прибором и снятия измерительных данных уже интегрированы в микропроцессорную систему самого прибора. Согласно нормам, прибор должен быть установлен в лаборатории со стандартным температурно-влажностным режимом.

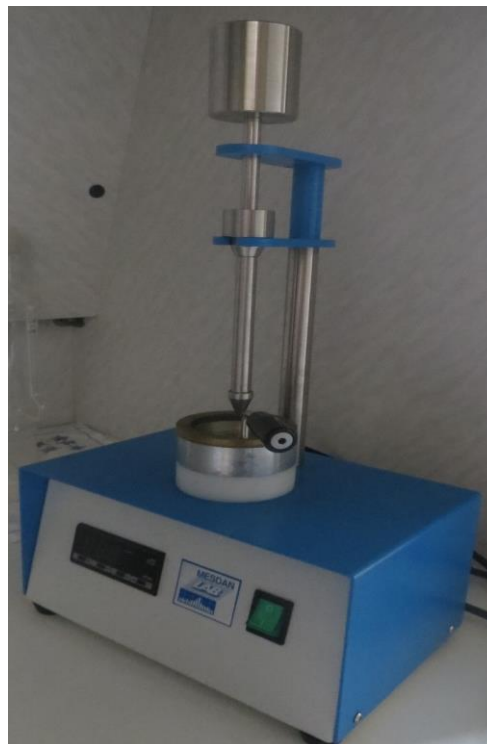


Круткомер КЦ-500-2М



Метод определения массовой доли замасливателя с помощью экстрактора замасливателя.

Экстракция - это извлечение замасливателя из химических волокон путем экстракции испытуемой пробы органическим растворителем.



ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Требования, предъявляемые к парашютным тканям

Качество парашютных систем можно оценить, исходя из того, в какой степени они соответствуют следующим требованиям:

- выдерживать любую скорость, возможную после оставления самолета парашютистом-десантником;
- обеспечивать во время раскрытия допустимую нагрузку на парашютиста;
- иметь несложное, безотказное при любых условиях приспособление для раскрытия, обеспечивающее возможность как ручного, так и принудительного раскрытия основного парашюта;
- допускать прыжки с возможно малых высот;
- не стеснять действий парашютиста-десантника своими размерами и расположением частей, обеспечивать возможность присоединения запасной парашютной системы;
- быть устойчивыми и достаточно управляемыми;
- иметь прочную и удобную подвесную систему, пригодную для парашютистов-десантников любого роста в специальном обмундировании;
- позволять быстро освобождаться от подвесной системы в случае необходимости в любых условиях;
- быть возможно простыми по конструкции, требующими на обслуживание и укладку минимальной затраты труда и времени;
- иметь минимально возможную массу;
- гарантировать безопасную скорость приземления в условиях практического применения.

Исследование влияния числа филаментов в нити на свойства ткани

Полиамидные волокна – это синтетические волокна формируемые из полиамидов. Технологический процесс получения полиамидных волокон включает следующие основные стадии: синтез полимера, формование и вытяжка, текстильная обработка волокна. Разделение это несколько условно, так как современная технология, как правило, предполагает совмещение отдельных стадий вплоть до полностью непрерывного процесса.

Полиамидные волокна 4 текса формируют из расплавов. Использование гранулята: полимер расплавляют в экструдерах при 260-300⁰С в атмосфере инертного газа; расплав фильтруют и дозирующими насосами подают в фильерный комплект, где он еще раз фильтруется и продавливается через отверстия 10 или 12 фильер, разного диаметра. Существенное влияние на свойства волокон оказывает диаметр отверстия фильеры. Выходя из фильеры, струйки жидкого полимера охлаждаются холодным воздухом в специальных прядильных шахтах. С целью регулирования вязкости струи и формирования необходимой структуры полимера в волокне в некоторых случаях в прядильную шахту непосредственно под фильеру подают перегретый водяной пар или нагретый инертный газ. При охлаждении струек расплава происходит начальная ориентация макромолекул и структурообразование. После выхода из шахты на сформованную нить наносится заданное количество влаги и ПАВ для придания необходимых фрикционных свойств, компактности и предотвращения электризации. Затем сформованная нить со скоростью 8-100 м/с поступает на намоточное устройство. Формуемая нить транспортируется с помощью двух прядильных дисков и наматывается на цилиндрический патрон.

После вытягивания нить перематывают на товарную паковку и подвергают кручению (200 ± 20 кручений на 1 м), трощению, текстурированию, термофиксации и шлихтованию, то есть обработке эмульсиями или растворами различных веществ с целью слабого склеивания элементарных нитей.

Термофиксацию с целью снижения в 3-4 раза тепловой усадки нитей осуществляют чаще всего горячим воздухом или водяным паром и в редких случаях горячей водой (90⁰С). Вместо экономически невыгодной операции кручения можно использовать пневмосоединение (воздействие на нити сжатого воздуха с образованием местного перепутывания отдельных элементарных нитей).

Как было сказано выше, нить полиамидная 4 текса производится как на 10, так и на 12 филаментов. Готовая нить поступает на ткацкую фабрику, для выработки парашютного ассортимента, с установленными нормами на вырабатываемую ткань. Филаментность в этом случае не влияет на физико-механические свойства нити, но нить с 12 филаментами немного плотнее, чем нить с 10 филаментами, что очень влияет на воздухопроницаемость ткани.

У ткани, выработанной из нити 4 текса на 10 филаментов, воздухопроницаемость выше в 1,5 раза, чем у ткани, выработанной из нити 4 текса с 12 филаментами. И если в лаборатории выявляются, какие-либо проблемы с воздухопроницаемостью ткани, обязательно проверяют, помимо всего прочего, наличие филаментов в нити. Показатели физико-механических свойств и воздухопроницаемости ткани, с разной филаментностью нити в ткани, приведены ниже в таб.

Таблица показателей физико-механических свойств
и воздухопроницаемости ткани

Сравнительный анализ свойств ткани с 10 и 12 филаментами.								
арт.	шир., см	пов. пл., г/м ²	Разр.нагр. (50x200), Н,		Удл. при разр. (50x200), %,		Воздухопрон., при P=49,05 Па, дм ³ /м ² с	
			осн.	уток	осн.	уток	min	max
56307суп -10 f	95±2,0	33,0	450	446	27,0	29,0	950	1130
56307суп -12 f	95±2,0	33,3	453	450	27,0	29,0	730	900

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Данные расчетов на ЭВМ

Таблица физико-механических испытаний на нить полиамидную 4-текс; крутка 200± 20 кр/м; марка – Б-1. Разрывная машина РМ-3.

№	Разрывная нагрузка, гс	Удлинение, %	Крутка, кр/м	Линейная плотность, текс
1	250-236-234- 244-230-240-234-240-220-230	23,0-16,4-15,6-19,8-18,0-16,8-17,8-20,4-18,2-18,4	204-198-208	4,06-3,97
2	226-244-236-238-236-246-236-228-246-246	16,0-16,2-15,2-16,4-16,6-16,2-17,2-16,2-17,8-17,2	200-196-200	3,92-3,94
3	236-226-224-234-236-226-236-218-234-240	20,4-15,6-15,4-18,2-19,0-16,0-18,6-16,4-16,6-16,2	200-210-206	3,98-3,94
4	226-226-224-240-236-250-234-220-246-200	15,8-16,0-15,6-16,2-15,8-15,6-15,4-16,2-15,2-16,6	194-200-198	3,93-4,05
5	236-226-242-210-236-250-234-220-246-250	15,4-15,8-16,0-15,2-15,6-15,2-19,0-15,2-19,6-18,2	200-204-200	3,96-4,03
6	252-250-254-252-226-234-240-244-226-226	20,2-16,6-19,6-19,4-16,4-16,2-16,0-16,8-16,0-15,8	206-208-206	4,04-4,11
7	230-230-246-230-226-246-254-240-244-226	15,6-15,4-16,4-16,0-15,4-16,0-15,4-15,2-15,2-15,8	202-210-202	3,94-4,03
8	234-226-230-230-240-236-216-224-200-252	18,0-16,0-15,4-15,2-16,2-15,8-15,4-15,4-15,6-15,8	206-204-206	3,95-3,98
9	212-220-240-234-240-246-236-242-244-250	15,4-15,8-16,2-16,0-15,8-16,0-15,8-16,0-17,4-17,8	204-206-202	4,06-3,96
10	244-246-244-244-226-246-242-250-230-238	15,2-17,2-15,2-15,0-15,0-15,8-15,6-16,2-16,0-15,8	194-182-200	4,04-3,96

Таблица обработки результатов испытаний сырья по ФМП.

Тип нити: 4-т; 200-кр/м ТУ 2272-104-77319717-2011			
Параметры	Значение по ТУ	Фактические значения	Един. измерения
Линейная плотность	4,0	3,99	текс
Откл. конд. лин. плотности	не более $\pm 3,0$	2,55	%
Отн. разр. нагрузка	не менее 54,0	59,13	гс/текс
Коэф. вар. по разр. нагр.	Не более 15,0	4,17	%
Удлинение нити	не менее 16,0	16,53	%
Коэф.вар. по удлинению	не более 15,0	8,94	%
Крутка	200 \pm 20	204,87	кр/м
Влажность	не более 5,0	2,20	%
Сред. разрывная нагрузка		236,08	гс

Данные сертификата качества изготовителя

Лин. плотн. текс	Откл. конд. лин. плотн %	Коэф. вар. по лин. плотн, %	Разрывная нагрузка		Коэф. вар. по разр. нагр. %	Удлинение, %	Коэф. вар. по удлинению, %	Крутка, кр/м	Коэф. вар. по крутке, %
			Удельная, мН/текс	Абсолютная, Н					
	3,0		619		2,7	21,7	7,8	190	

Таблица физико-механических испытаний на нить полиамидную 5-текс; крутка
200± 20 кр/м.

Разрывная машина РМ-3.

№	Разрывная нагрузка, гс	Удлинение, %	Крутка, кр/м	Линейная плотность , текс
1	274-254-256-246-246- 246-236-266-228-256- 266	26,8-20,6-25,0-24,2-26,4- 29,2-20,2-25,4-26,6-24,6	208-210-180	5,04-5,09
2	300-300-292-292-282- 292-300-300-292-292	26,0-24,8-25,4-26,0-23,4- 25,0-24,6-24,0-25,4-25,0	192-200-196	4,97-4,85
3	266-242-256-256-256- 264-264-264-254-256	33,4-27,0-29,2-32,4-29,4- 31,0-34,0-31,0-33,0-29,0	210-200-208	4,80-4,97
4	246-246-228-236-236- 254-230-254-248-254	33,0-33,6-25,8-32,0-32,0- 33,0-30,0-33,0-30,0-34,0	180-194-196	5,13-5,0
5	266-274-266-256-266- 270-282-282-274-264	25,0-24,6-24,8-24,2-25,4- 24,6-24,8-26,8-24,2-26,2	202-212-216	5,01-5,05
6	246-254-254-270-264- 264-254-272-264-254	23,2-27,4-25,2-28,8-28,2- 23,4-23,0-29,6-28,0-25,0	218-206-194	5,08-5,06
7	254-274-256-246-264- 260-264-254-272-274	26,0-26,2-23,0-23,4-25,4- 25,0-24,2-24,2-23,8-24,0	202-196-200	4,88-5,08
8	272-254-256-254-246- 236-246-254-256-254	29,0-22,8-24,4-23,2-22,0- 22,2-27,0-26,4-22,8-21,4	194-190-208	4,87-5,08
9	274-264-264-274-264- 274-264-280-292-274	24,8-25,0-22,2-25,2-25,4- 29,4-24,4-29,0-30,2-23,6	192-208-192	4,92-5,07
10	238-236-230-234-246- 256-248-254-230-236	28,4-29,0-24,2-28,6-26,4- 32,0-27,2-26,4-25,2-24,2	192-198-200	5,12-5,01

Таблица обработки результатов испытаний сырья по ФМП.

Тип нити: 5-т; 200-кр/м			
Документ: ГОСТ 15 897-79			
Параметры	Значение по ТУ	Фактические значения	Един. измерения
Линейная плотность	5,0	5,0	текс
Откл. конд. лин. плотности	не более ± 2,5	1,14	%
Отн. разр. нагрузка	не менее 47,0	51,47	гс/текс
Коэф. вар. по лин. плотн.	не более 3,0	1,89	%
Удлинение нити	24,0-29,0	26,52	%
Коэф.вар. по удлинению	не более 12,8	12,40	%
Крутка	200± 20	199,73	кр/м
Коэф. вар. крутки.	не более 8,0	4,69	%
Влажность	не более 5,0	3,90	%
Сред. разрывная нагрузка		260,26	гс

Данные сертификата качества изготовителя

Ли н. ПЛО тн. тек с	Откл. конд. лин плот н %	Коэф. вар. по лин. плотн, %	Разрывная нагрузка		Коэф . вар. по разр. нагр. %	Удл ине ние, %	Коэф. вар. по удлине нию, %	Крутка , кр/м	Коэф. вар. по крутке , %
			Удельн ая, мН/тек с	Абсо лют- ная, Н					
5	1,2	2,5	488	-	-	26,8	12,8	201	7

График физико-механических испытаний на нить полиамидную 4-текс;
крутка 200 ± 20 кр/м; марка – Б-1.

Разрывная машина СТАТИМАТ-4U.



Физико-механические испытания на нить полиамидную 4-текс; крутка
200± 20 кр/м; марка – Б-1.

Отдельные
значения

Среднее значение по каждой бобине						
	tex	%	N	N*cm	cN/tex	sec
1	4	26,92	2,37	19,88	61,43	16,22
2	4	25,41	2,31	17,32	59,76	15,31
3		24,36	2,31	16,95	59,88	14,68
4		24,04	2,24	15,6	57,98	14,49
5		27,89	2,43	20,71	62,85	16,81
6		25	2,32	17,51	60	15,07
7		27,84	2,4	20,59	62,14	16,77
8		23,06	2,24	15,31	57,92	13,9
9		24,32	2,27	16,41	58,75	14,65
10		26,63	2,39	19,25	61,9	16,04

Статистика средних значений					
	E _{max}	F _{max}	Arbeit	T _{en}	Zeit
	%	N	N*cm	cN/tex	sec
n	10	10	10	10	10
/x	26,24	2,29	17,565	58,06	15,81
s	1,4	0,04	1,03	1,72	0,85
cv	5,34	1,7	5,89	2,97	5,4
q(95%)	1	0,03	0,74	1,23	0,61
min	23,6	2,2	15,728	55,67	14,22
max	28,97	2,33	19,376	60,77	17,5
r	5,37	0,13	3,6485	5,1	3,29

Наименование организации:

Textechno STATIMAT 4U**Standard tensile test**

Дата/№проверки

Лаборант

№ партии

Наименование полиамидная 4,0 текс

Поставщик

Изготовитель

Поступление

Группа: PA 4 TEX (Without Twist)

1. Общие параметры

Прибор	STATIMAT 4U	Серийный номер	39745
Силоизм. Головка	100 N	Серийный номер	39470
Тип зажима	4k	Охлаждение	Выкл.

2. Подающий мех-м

Длина транспорт.	10 m	Скорость	100 m/min
------------------	------	----------	-----------

3. Определение лин. плотности

Пров. лин. плотности

AUTOCOUNT весы	100 m	Серийный номер	28910757
Измеренная длина		Скорость	100 m/min

4. Простая проверка на растяжение

Проверка на растяжение	Зажимная длина	500 m	Преднатяжение	0,50cN/tex
	Скорость проверки	500 mm/min	Спад силы	90,0 %
	Предел силы	1,0 % от 100 N		

5. Подающий механизм Подать после 1 тестов

Длина подачи	2 m	Скорость подачи	30m/min
--------------	-----	-----------------	---------

Статистика всех значений	-N-	-X-	-S-	-CV-	-Q-	-MIN-	-MAX-
Лин. плотность	20	3,94 tex	0.10	2.57	0.05	3.77	4.20
Удлинение	100	26,24 %	2.54	9.68	0.50	16.28	32.71
Сила	100	2,29 N	0.10	4.22	0.02	1.66	2.44
Работа	100	17,565 N/cm	2.5857	14.72	0.5127	6.4738	23.665
Раб.затр. на разр.	100	8,8807 cN/tex	1.3029	14.67	0.2583	3.2762	11.986
Уд. раз. нагр.	100	58,06 cN/tex	2.79	4.81	0.55	42.12	63.23
Время	100	15,81 sec	1.53	9.70	0.30	9.82	19.72

График физико-механических испытаний на нить полиамидную 5-текс;
крутка 200 ± 20 кр/м.

Разрывная машина STATIMAT-4U.



Физико-механические испытания на нить полиамидную 5-текс; крутка
200± 20 кр/м.

Отдельные
значения

Среднее значение по каждой бобине						
	tex	%	N	N*cm	cN/tex	sec
1	5	33,93	3,03	30,45	62,85	20,44
2	5	27,94	2,75	21,23	57,13	16,85
3		27,44	2,64	20,01	54,85	16,55
4		32,12	2,94	27,38	61,02	19,35
5		26,32	2,7	19,41	55,98	15,87
6		32,87	3,02	29,25	62,8	19,81
7		27,95	2,78	21,63	57,73	16,87
8		33,54	3,05	29,75	63,28	20,22
9		26,7	2,78	20,17	57,7	16,1
10		27,12	2,83	20,77	58,7	16,34

Статистика средних значений					
	E _{max}	F _{max}	Arbeit	T _{en}	Zeit
	%	N	N*cm	cN/tex	sec
n	10	10	10	10	10
/x	28,38	2,84	23,973	59,24	17,1
s	1,66	0,07	1,63	1,24	1
cv	5,84	2,43	6,81	2,09	5,87
q(95%)	1,19	0,05	1,17	0,88	0,72
min	26,18	2,68	21,596	57,22	15,76
max	31,17	2,93	26,513	61,21	18,8
r	4,99	0,26	4,9173	3,99	3,04

Наименование организации
Textechno STATIMAT 4U
Standard tensile test

Дата/№проверки
 № партии
 Поставщик
 Поступление

Лаборант
 Наименование полиамидная 4,0 текс
 Изготовитель

Группа: PA 5 TEX (Without Twist)

1. Общие параметры

Прибор STATIMAT 4U Серийный номер 39745
 Силоизм. Головка 100 N Серийный номер 39470
 Тип зажима 4k Охлаждение Выкл.

2. Подающий мех-м

Длина транспорт. 10 m Скорость 100 m/min

3. Определение лин. Плотности

Пров. Лин. Плотности

AUTOCOUNT весы 100 m Серийный номер 28910757
 Измеренная длина Скорость 100 m/min

4. Простая проверка на растяжение

Проверка на растяжение Зажимная длина 500 m
 Скорость проверки 500 mm/min Преднатяжение 0,50Cn/tex
 Предел силы 1,0 % от 100 N Спад силы 90,0 %

5. Подающий механизм Подать после 1 тестов

Длина подачи 2 m Скорость подачи 30m/min

Статистика всех значений	-N-	-X-	-S-	-CV-	-Q-	-MIN-	- MAX-
Лин. Плотность	20	4.79 tex	0.08	1.65	0.04	4.65	4.90
Удлинение	100	23.38 %	2.78	9.81	0.55	19.24	35.54
Сила	100	2.84 N	0.11	3.92	0.02	2.36	3.09
Работа	100	23.973 N/cm	3.4997	14.60	0.6939	11.540	33.223
Раб.затр. на разр.	100	9.9716 Cn/tex	1.4243	14.28	0.2824	4.7532	13.521
Уд. Раз. Нагр.	100	59.24 Cn/tex	2.21	3.73	0.44	49.01	63.69
Время	100	17.10 sec	1.68	9.82	0.33	11.62	21.44

Программы, составленные в среде MathCad

Ниже приведены для примера листинги трех программ, составленных в системе автоматизированного проектирования MathCad:

1. Программа расчета технологических параметров ткани артикула 56005.

2. Программа для расчета прочности парашютной ткани артикула 56307.

3. Программа многокритериальной оптимизации методом выделения главного критерия.

1.

Расчет ткани

ORIGIN:= 1

Ввод исходных параметров (арт. 56005):

$$T_o := 5$$

$$T_y := 5$$

- линейная плотность основы и утка (текст)

$$P_i := 540$$

$$P_o := 510$$

- плотность ткани по основе и утку (нит/100мм)

$$\tau_o := 0.9$$

Расчет диаметров нитей

$$d_{oe} := 0.0357 \sqrt{\frac{T_o}{\tau_o}}$$

$$d_o := \text{Trunc}(d_{oe}, 0.001)$$

$$d_o = 0.084$$

- основа

$$d_{ye} := 0.0357 \sqrt{\frac{T_y}{\tau_o}}$$

$$d_y := \text{Trunc}(d_{ye}, 0.001)$$

$$d_y = 0.084$$

- уток

$$d_p := \frac{d_o + d_y}{2}$$

$$K_d := \frac{d_o}{d_y}$$

$$d_p = 0.084$$

$$K_d = 1$$

Расчет высоты волны изгиба нитей в ткани

$$Nfaza := (1 \ 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9)$$

$$SH1 := "Faze"$$

$$SH2 := "ho"$$

$$SH3 := "hy"$$

$$Nfazal := \text{augment}(SH1, Nfaza)$$

$$ho1 := \text{augment}(SH2, ho^T)$$

$$hy1 := \text{augment}(SH3, hy^T)$$

$$F_h := \text{stack}(Nfazal, ho1, hy1)$$

F_h =	"Faze"	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	"ho"	0	0.021	0.042	0.063	0.084	0.105	0.126	0.147	0.168
	"hy"	0.168	0.147	0.126	0.105	0.084	0.063	0.042	0.021	0

Определение геометрической плотности нитей основы и утка

$$f := 1..9$$

$$Kho_f := \frac{ho_f}{d_o} \quad Khy_f := \frac{hy_f}{d_y} \quad SH2_1 := "lo" \quad SH3_1 := "ly"$$

$$lo_f := d_p \cdot \sqrt{4 - (Kho_f)^2} \quad ly_f := d_p \cdot \sqrt{4 - (Khy_f)^2}$$

$$lo1 := \text{augment}(SH2_1, lo^T) \quad ly1 := \text{augment}(SH3_1, ly^T)$$

$$lo_y := \text{stack}(Nfaza1, lo1, ly1)$$

lo_y =	"Faze"	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	"lo"	0.168	0.167	0.163	0.156	0.145	0.131	0.111	0.081	0
	"ly"	0	0.081	0.111	0.131	0.145	0.156	0.163	0.167	0.168

Определение максимальной плотности нитей основы и утка

$$fo := 2..8 \quad Nfaza0 := \text{submatrix}(Nfaza, 1, 1, 2, 8) \quad SH2_2 := "Pomax" \quad SH2_3 := "Pymax"$$

$$Nfaza2 := \text{augment}(SH1, Nfaza0) \quad Po_max_{fo} := \left(\frac{100}{lo_{fo}} \right) \quad Py_max_{fo} := \frac{100}{ly_{fo}}$$

$$Po_m := \text{submatrix}(Po_max^T, 1, 1, 2, 8) \quad Py_m := \text{submatrix}(Py_max^T, 1, 1, 2, 8)$$

$$Po1 := \text{augment}(SH2_2, Po_m)$$

$$Py1 := \text{augment}(SH2_3, Py_m)$$

$$Po_ymax := \text{stack}(Nfaza2, Po1, Py1)$$

Po_ymax =	"Faze"	2	3	4	5	6	7	8
	"Pomax"	600	615	642	687	763	900	1230
	"Pymax"	1230	900	763	687	642	615	600

Определение предельной плотности ткани по основе и утку

$$Po_{i\delta\delta\delta} := \frac{100}{d_o} \quad Py_{i\delta\delta\delta} := \frac{100}{d_y} \quad d_o = 0.084 \quad d_y = 0.084$$

$$Po_{i\delta\delta\delta} = 1190.476$$

$$Py_{i\delta\delta\delta} = 1190.476$$

Определение коэффициента наполнения ткани

$$K_{\hat{H}} := \frac{P_{\hat{H}}}{P_{O_m}} \quad SH3_2 := "KH_o" \quad SH3_3 := "KH_y"$$

$$K_{\hat{O}} := \frac{P_{\hat{O}}}{P_{y_m}} \quad K1_{\hat{H}} := \text{augment}(SH3_2, K_{\hat{H}})$$

$$K1_{\hat{O}} := \text{augment}(SH3_3, K_{\hat{O}})$$

$$KHoy := \text{stack}(Nfaza2, K1_{\hat{H}}, K1_{\hat{O}})$$

KHoy =	"Faze"	2	3	4	5	6	7	8
	"KH_o"	0.9	0.878	0.841	0.786	0.708	0.6	0.439
	"KH_y"	0.415	0.567	0.669	0.742	0.794	0.83	0.85

Определение линейного и поверхностного заполнения ткани

$$C_{\hat{H}} := P_{\hat{H}} \cdot d_o \quad C_{\hat{H}} = 45.36$$

$$C_{\hat{O}} := P_{\hat{O}} \cdot d_y \quad C_{\hat{O}} = 42.84$$

$$C_{\hat{S}} := C_{\hat{H}} + C_{\hat{O}} - \frac{(C_{\hat{H}} \cdot C_{\hat{O}})}{100} \quad C_{\hat{S}} = 68.768$$

Определение пористости ткани

$$R_s := 100 - C_{\hat{S}} \quad a := d_o \cdot \left[\left(\frac{100}{C_{\hat{H}}} \right) - 1 \right] \quad b := d_o \cdot \left[\left(\frac{100}{C_{\hat{O}}} \right) - 1 \right]$$

$$R_s = 31.232 \quad a = 0.101 \quad b = 0.112$$

$$S_n := a \cdot b \quad S_n = 0.011$$

Определение уработки

$$SH4_1 := "a_o"$$

$$SH4_2 := "a_y"$$

$$l_{\hat{O}} := 0.2 \quad l_{\hat{O}} := 0.2$$

$$a_{\hat{H}} := 100 \cdot \left(\frac{\sqrt{l_{\hat{O}}^2 + h_o^2} - l_{\hat{O}}}{\sqrt{l_{\hat{O}}^2 + h_o^2}} \right)$$

$$a_{\hat{O}} := 100 \cdot \left(\frac{\sqrt{l_{\hat{H}}^2 + h_y^2} - l_{\hat{H}}}{\sqrt{l_{\hat{H}}^2 + h_y^2}} \right)$$

$$ao := \text{augment}\left(\text{SH4_1}, a_1^T\right) \quad ay := \text{augment}\left(\text{SH4_2}, a_6^T\right)$$

$$ao_ay := \text{stack}(\text{Nfaza1}, ao, ay)$$

ao_ay =	"Faze"	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	"ao"	0	0.4	1.4	3	5.2	7.8	10.7	13.8	17
	"ay"	14.3	11.5	8.8	6.4	4.2	2.4	1.1	0.3	0

Определение поверхностной плотности ткани

$$G := \frac{10P_1 \cdot T_0}{\left(1 - \frac{a_1}{100}\right) \cdot 1000} + \frac{10P_6 \cdot T_y}{\left(1 - \frac{a_6}{100}\right) \cdot 1000} \quad \text{SH5_1} := "G"$$

$$GN := \text{augment}\left(\text{SH5_1}, G^T\right) \quad N_G := \text{stack}(\text{Nfaza1}, GN)$$

N_G =	"Faze"	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	"G"	56.74	55.9	55.34	55.08	55.11	55.42	56.02	56.89	58.03

Определение толщины ткани

$$m_1 := d_p \cdot 3 \quad m_2 := d_p \cdot 2.7^2 \quad m_3 := d_p \cdot 2.5^2 \quad m_4 := d_p \cdot 2.2^2$$

$$m_5 := d_p \cdot 2.0^2 \quad m_6 := m_4 \quad m_7 := m_3 \quad m_8 := m_2 \quad m_9 := m_1$$

$$\text{SH5_2} := "m" \quad Gm := \text{augment}\left(\text{SH5_2}, m^T\right) \quad N_m := \text{stack}(\text{Nfaza1}, Gm)$$

N_m =	"Faze"	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	"m"	0.25	0.23	0.21	0.19	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25

Определение объемного веса и заполнения ткани

$$b_f := 1.1^4 \quad b_\delta := \frac{0.001G}{m} \quad C_v := \frac{b_\delta}{b_f} \quad \text{SH4} := "b\delta" \quad \text{SH5} := "3v"$$

$$b_{\delta 1} := \text{augment}(\text{SH4}, b_{\delta}^T) \quad C_{v1} := \text{augment}(\text{SH5}, C_v^T)$$

$$N_b_Cv := \text{stack}(Nfaza1, b_{\delta 1}, C_{v1})$$

N_b_Cv =	"Faze"	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	"br"	0.23	0.24	0.26	0.29	0.33	0.29	0.27	0.25	0.23
	"3v"	0.2	0.21	0.23	0.26	0.29	0.26	0.23	0.22	0.2

$$X := Nfaza^T$$

$$Y := C_v^T$$

$$Y2 := C$$

$$i := 1..rows(X)$$

2.

ПРОЧНОСТЬ ПАРАШЮТНОЙ ТКАНИ арт. 56307

Нить полиамидная 4текс, крутка 200кр/м (Курскхимвол
окно)

Прочность 237,1гс Деформация 0,2

$P := 2.37 \cdot 10^9 \text{ Н}$ $\rho := 0.9$ $T := 4.0$ $\varepsilon_v := 0.2$

Предел прочности $\sigma := \frac{P}{T} \cdot \rho$ $\sigma = 0.533$ ГПа

$$\sigma_v := 0.533 \frac{10^9}{9.81 \cdot 10^6} \quad \sigma_v = 54.332 \frac{\text{êä}}{\text{ì}^2}$$

Модуль упругости
(при разрыве) $E_{1p} := \frac{\sigma}{\varepsilon_v}$ $E_{1p} = 2.667$

Шаг структурного элемента в недеформированном состоя
нии $y_{01} \text{ è } y_{02}$

Плотность по основе Плотность по утку

P_1

P_2

Расстояние между нейтральной линией структуры и
осью нити в направлении толщины

H_{0i}

$$f1(H_1, y_{01}, \varepsilon_1) := \sqrt{\left(\frac{2 \cdot H_1}{y_{01}}\right)^2 + (1 + \varepsilon_1)^2}$$

$$f2(H_{01}, H_{02}, H_1, y_{02}, \varepsilon_2) := \sqrt{\left[\frac{2 \cdot (H_{01} + H_{02} - H_1)}{y_{02}}\right]^2 + (1 + \varepsilon_2)^2}$$

$$f3(H_{01}, y_{01}) := \sqrt{\left(\frac{2 \cdot H_{01}}{y_{01}}\right)^2 + 1}$$

$$f4(H_{02}, y_{02}) := \sqrt{\left(\frac{2 \cdot H_{02}}{y_{02}}\right)^2 + 1}$$

$E_1 := 1.94$

$E_2 := E_1$

$m_1 := 0.80$

$m_2 := 0.80$

$P_1 := 360$

$P_2 := 500$

$y_{01} := \frac{100}{P_1}$

$y_{01} = 0.278$

$y_{02} := \frac{100}{P_2}$

$y_{02} = 0.2$

$T := 4.0$ $\rho := 0.9$

$d := 0.0357 \sqrt{\frac{T}{\rho}}$

$d = 0.075$

$H_{01} := \frac{d}{2}$

$H_{02} := H_{01}$

$H_{02} + H_{01} = 0.075$

$$H_2 := 0.0 \quad H_1 := 0.0 \quad \varepsilon_1 := 0.2 \quad \varepsilon_2 := 0 \quad \varepsilon_{f1} := 0.2 \quad \varepsilon_{f2} := 0.0$$

Given

$$\varepsilon_{f1} = \frac{f1(H_1, y_{01}, \varepsilon_1)}{f3(H_{01}, y_{01})} - 1$$

$$\varepsilon_{f2} = \frac{f2(H_{01}, H_{02}, H_1, y_{02}, \varepsilon_2)}{f4(H_{02}, y_{02})} - 1$$

$$\left(E_1 \cdot \varepsilon_{f1} \cdot \frac{m_1 \cdot T}{\rho} \right) \cdot \left(\frac{\frac{4 \cdot H_1}{y_{01}}}{f1(H_1, y_{01}, \varepsilon_1)} \right) = \left(E_2 \cdot \varepsilon_{f2} \cdot \frac{m_2 \cdot T}{\rho} \right) \cdot \frac{4 \cdot \frac{(H_{01} + H_{02} - H_1)}{y_{02}}}{f2(H_{01}, H_{02}, H_1, y_{02}, \varepsilon_2)}$$

$$R := \text{Find}(H_1, \varepsilon_1, \varepsilon_{f2})$$

$$R^T = (0.025 \quad 0.23 \quad 0.048)$$

$$H_{10} := R_0$$

$$\varepsilon_{10} := R_1$$

$$\varepsilon_{10} = 0.23$$

$$\varepsilon_{f20} := R_2$$

$$\varepsilon_{f20} = 0.048$$

$$H_{20} := H_{01} + H_{02} - H_{10}$$

$$H_{10} + H_{20} = 0.075$$

$$H_{10} = 0.025$$

$$H_{20} = 0.05$$

- высота волны при растяжении

Натяжение основной нити

$$T_1 := E_1 \cdot \varepsilon_{f1} \cdot \frac{m_1 \cdot T}{\rho}$$

$$T_1 = 2.371$$

Н

$$\sigma_1 := E_1 \cdot \varepsilon_{f1} \cdot \frac{m_1}{\rho}$$

$$\sigma_1 = 0.534$$

ГПа

$$\phi_1 := \text{atan} \left[\frac{2 \cdot H_{10}}{(1 + \varepsilon_{10}) \cdot y_{01}} \right]$$

$$\phi_1 = 0.144$$

Натяжение ткани вдоль осно

вы,

приходящееся на 1 нить

$$F_1 := T_1 \cdot \cos(\phi_1)$$

$$F_1 = 2.347$$

Н

При плотности ткани по основе P_1 нитей

на 100 мм

в образце шириной 50 мм содержится:

$$n_1 := 0.5 P_1$$

$$n_1 = 180$$

Прочность ткани

$$f_1 := F_1 \cdot n_1$$

$$f_1 = 422.382$$

H

3.

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОМ ВЫДЕЛЕНИЯ ГЛАВНОГО КРИТЕРИЯ

$$Y_1(x_1, x_2) := (48 + 5 \cdot x_1 + 7.197x_2 + 0.253x_2^2 + 1.7 \cdot x_1 \cdot x_2) \quad \text{Поверхностная плотность - гл. крит. -> min}$$

$$Y_2(x_1, x_2) := 64.859 + 4.077x_1 + 3.367x_2 \quad \text{Поверхностное заполнение -> max}$$

$$x_1 := 0 \quad x_2 := 0$$

Y_2max:= 70 - Задаем желаемое поверхностное заполнение

Given

$$-1 \leq x_1 \leq 1 \quad -1 \leq x_2 \leq 1$$

$$64.859 + 4.077x_1 + 3.367x_2 \geq Y_{2\max}$$

$$X_{1m} := \text{Minimize}(Y_1, x_1, x_2)$$

$$X_{1m} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0.316 \end{pmatrix} \quad \begin{array}{ll} x_{1opt} := X_{1m_0} & x_{1opt} = 1 \\ x_{2opt} := X_{1m_1} & x_{2opt} = 0.316 \end{array}$$

$$Y_1(x_{1opt}, x_{2opt}) = 55.837 \quad \text{- минимум поверхностной плотности при найденных } x_1 \text{ и } x_2$$

$$Y_2(x_{1opt}, x_{2opt}) = 70 \quad \text{- заданный максимум поверхностного заполнения}$$

Натуральные значения факторов в заданном варианте Y_2max:

$$X_{1n} := 425 + X_{1m_0} \cdot 100 \quad X_{1n} = 525$$

$$X_{2n} := 5 + X_{1m_1} \cdot 1.7 \quad X_{2n} = 5.537$$