

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЁГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**УДК 667.024**

На правах  
рукописи

**ХАМРАЕВА САНОВАР АТОЕВНА**

**ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТКАНЕЙ  
ОПТИМИЗАЦИЕЙ ПАРАМЕТРОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ**

**Специальность 05.19.03. – Технология текстильных материалов**

**ДИ С С Е Р Т А Ц И Я**

на соискание ученой степени доктора технических наук

**Научный консультант  
доктор технических наук  
профессор Э.А.Оников**

**Ташкент – 2010 год**

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ.....</b>	<b>4</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>6</b>
<b>ГЛАВА I. ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ПОСТАНОВКИ ЦЕЛИ И ЗАДАЧ.....</b>	<b>13</b>
1.1. Анализ работ по определению зависимостей потребительских свойств ткани от ее параметров строения.....	13
1.2. Анализ работ по изучению зависимости износостойкости от опорной поверхности и других исходных параметров ткани.....	22
1.3. Анализ работ по изучению влияния на строение ткани заправочных параметров ее выработки.....	27
1.4. Анализ работ по теории строения и проектирования ткани.....	33
1.5. Анализ работ по методам и средствам определения параметров строения и показателей физико-механических свойств ткани.....	50
1.6. Постановка цели и задач.....	56
Выводы по главе 1.....	57
<b>ГЛАВА II. АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДВИЖЕНИЯ ПРОКЛАДЧИКА УТКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ УТОЧНОЙ НИТИ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЕЕ ПРОКИДКИ .....</b>	<b>59</b>
2.1. Аналитический расчет движения прокладчика утка.....	59
2.2. Определение натяжения уточной нити на различных этапах ее прокидки расчетным путём.....	63
2.3. Теоретические основы влияния элементов на прочностные характеристики ткани .....	71
2.3.1. Равновесие нити на поверхности ткани.....	71
2.3.2. Оптимальная форма тканых полотен при внутренних давлениях.....	76
Выводы по главе 2.....	82
<b>ГЛАВА III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СТРОЕНИЯ ТКАНИ ОТ НАТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ ОСНОВЫ И УТКА.....</b>	<b>83</b>
3.1. Постановка задачи определения натяжения нитей.....	83
3.2. Определение зависимости строения ткани от натяжения нитей основы и утка..	96
3.3. Определение строения ткани бязь .....	99

3.4. Определение строения хлопчатобумажной ткани саржевого переплетения.....	100
3.5. Определение строения хлопчатобумажной ткани сатинового переплетения....	102
3.6. Определение строения хлопчатобумажной ткани атласного переплетения.....	104
Выводы по главе 3.....	106
<b>ГЛАВА IV. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>	<b>107</b>
4.1. Разработка методической программы, проведения экспериментальных исследований .....	107
4.1.1. Рабочая гипотеза и ее экспериментальная проверка.....	107
4.1.2. Выбор объекта, факторов и критериев экспериментальных исследований....	130
4.1.3. Оптимизация параметров формирования тканей станка СТБ.....	146
4. 1.4. Выбор и разработка методов и средств для измерения факторов и критериев.....	156
4.1.4. Выбор плана эксперимента и пределов варьирования факторов.....	177
4. 2. Проведение экспериментальных исследований и полученные результаты.....	188
Выводы по главе 4.....	191
<b>ГЛАВА V. ОБРАБОТКА, АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА.....</b>	<b>192</b>
5.1. Обработка результатов эксперимента и составление регрессионных уравнений.....	192
5.2. Оценка воспроизводимости результатов, полученных по способу определения опорной поверхности ткани. ....	198
5.3. Производственная проверка и внедрение полученных результатов.....	205
Выводы по главе 5.....	212
<b>ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....</b>	<b>219</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>222</b>

## АННОТАЦИЯ

Настоящая диссертация является законченной научно – квалификационной работой, в которой изложены научно – обоснованные технические и технологические решения по разработке способа получения равноопорной ткани, рекомендован способ определения опорной поверхности, решены задачи получения тканей с максимальной опорной поверхностью и, следовательно, стойкости к истиранию путем изменения натяжения нитей основы и утка, разработана усовершенствованная геометрическая модель строения равноопорной, уточно - и основоопорной ткани, позволяющая определить строение ткани. Разработанный способ позволяет решить вопросы расширения ассортиментных возможностей и улучшения качества вырабатываемых тканей.

При исследовании структур тканей, формируемых на бесчелночных станках, установлены величины натяжения нити утка перед закрытием зева и натяжения нитей основы, определены величины натяжения нитей основы и утка, позволяющие получать для тканей бязь арт.4744, саржа 2/1, сатин 5/2, атлас 5/2, выработанных на станке СТБ и пришедших в равновесное состояние, максимальную опорную поверхность и стойкость к истиранию; достигнуто увеличение износостойкости ткани в 1,5 раза; найден относительный показатель коэффициента опорной поверхности, характеризующий выходящие нити на опорную поверхность; теоретически установлено, что натяжение уточины на станке СТБ перед закрытием зева, после отвода прокладчика, зависит от торможения её натяжителем нити.

Разработан способ определения опорной поверхности ткани, позволяющий фиксировать на опорной поверхности отдельно основные и отдельно уточные перекрытия, выявлены изменения строения тканей бязь арт. 4744, саржа 2/1, сатин 5/2, атлас 5/2.

Оценка опорной поверхности ткани проводилась на персональном компьютере по разработанной программе.

Получены аналитические зависимости определения натяжения нити утка в процессе прокидки на двух этапах работы станка. Исследовано влияние натяжения нитей основы и утка на строение ткани; выведены аналитические зависимости величины изгиба нитей основы и утка от натяжения нитей основы и утка по мере сматывания их с ткацкого навоя и бобины; предложены величины натяжения, позволяющие изменить высоту волн изгиба нитей основы и утка; получены равноопорные ткани.

Разработан менее трудоемкий экспериментальный метод определения высоты волн изгиба нитей в ткани, который при определении конфигурации нитей в ткани исключает существенные ошибки в определении их расположения при центральном срезе.

Все основные положения диссертационной работы разработаны автором лично. Внедрение результатов исследований выполнено как автором лично, так и под её руководством и при непосредственном участии.

Основные результаты работы отражены в публикациях, из которых 1 монография, 1 патент, 2 программных продукта, 4 статьи в журнале «Проблемы текстиля», 4 статьи в журнале «Текстильная промышленность», 1 статья в журнале «Melliand textilberichte», 2 статьи в журнале «Проблемы механики».

Работа состоит из введения, шести глав, общих выводов и рекомендаций, библиографического списка и приложений. Основное содержание изложено на 245 страницах, содержит 60 рисунков, 35 таблиц. Библиографический список включает 188 источников. Приложения составляют 30 страниц.

## ВВЕДЕНИЕ

Самая актуальная проблема сегодняшнего дня – это поиск путей выхода из начавшегося в 2008 году мирового финансового кризиса, его воздействие и отрицательных последствий, из сложившейся ситуации.

На сегодняшней день обоснованная и глубоко продуманная политика по осуществлению реформы независимости и модернизации страны, прежде всего экономики, диверсификация ее составляющих создал сильное препятствие, можно сказать, прочное и надежное средство защиты от кризисов и отрицательных воздействий и других угроз [1].

Перед текстильной промышленностью нашей страны стоит важная задача – улучшить качество выпускаемой продукции, в том числе бельевых тканей и для спец одежды. Эффективным условием получения качественных тканей с требуемыми физико-механическими свойствами является формирование тканей необходимого строения. Следует отметить, что именно улучшение параметров строения ткани позволяет, в первую очередь, повысить их качество.

Известно, что ткань имеет весьма сложную конструкцию. Она формируется путем переплетения нитей основы и утка, создающих определенную опорную поверхность. Изучить свойства образуемого тела, можно исследуя процесс формирования ткани и анализируя различные факторы, влияющие на ее строение и свойства.

В отличие от других факторов управления свойствами и качеством тканей использование фактора строения, как правило, не требует применения нового сырья, нового технологического оборудования или значительных изменений технологии производства и поэтому отличается высокой мобильностью, экономичностью, значительным диапазоном возможностей.

Изучением параметров строения ткани занимались многие исследователи. Однако исследования в этой области до сих пор не завершены.

Если говорить об основных нитях, они проходят довольно длинный путь до образования элемента ткани, т.е. от навоя до опушки ткани. От числа нитей основы, их натяжения и других показателей зависит обрывность этих нитей и, следовательно, производительность оборудования и качество выпускаемой ткани.

Вместе с тем Новиков Н.Г. [95] отмечал, что в процессе формирования ткани на ее строение оказывают большое влияние уточные нити. По его мнению, характер формирования ткани определяется главным образом свойствами уточной нити – ее удлинением, гибкостью и прочностью. Большое значение имеет и натяжение уточных нитей.

Чтобы при формировании ткани достигнуть наперед заданных показателей строения и свойств, необходимо соответствующим образом регулировать вышеуказанные параметры основы и утка.

В данной работе на основании теоретических и экспериментальных исследований изучены пути получения максимальной опорной поверхности ткани при выработке ее на ткацких станках типа СТБ и максимальной стойкости к истиранию этой ткани, пришедшей после пяти стирок в равновесное состояние.

**Актуальность** темы диссертационной работы заключается в разработке научных основ и технологии формирования максимальной опорной поверхности ткани с заданными свойствами на бесчелночных ткацких станках. Причем для ткани, пришедшей в равновесное состояние, (не для суровой или готовой), предложено соответствующим образом регулировать натяжение утка перед закрытием зева и натяжение нитей основы. Разработка нового способа определения опорной поверхности ткани даёт возможность определить опорную поверхность у тканей, в которых выступают отдельно уточные и отдельно основные перекрытия. Это позволит существенно улучшить качественные показатели ткани.

Не менее важным и актуальным в осуществлении формирования ткани является оптимизация параметров заправки на основе глубокого и все

стороннего анализа технологического процесса с учетом специфики ткачества тканей, а также исследование строения уточноопорной, равноопорной и основоопорной тканей.

Выбор темы обусловлен требованиями научно-технического прогресса, одним из направлений которого является снижение материалоемкости тканей с сохранением физико-механических свойств, решение ассортиментных возможностей ткацкого станка с разными рисунками, переплетениями и проблемами повышения прочности ткани за счет увеличения опорной поверхности и износостойкости к истиранию, увеличения качества выпускаемых текстильных изделий.

Особенностью данной работы является комплексное проведение теоретических и экспериментальных исследований в области разработки тканей с максимальной опорной поверхностью и технологии производства равноопорных, разнопереплетающихся тканей; усовершенствование способа определения строения тканей, что является основой разработки технологии получения тканей с равноопорной структурой и их исследование.

**Основная цель** работы заключается в разработке способа определения опорной поверхности ткани и определения путей воздействия на строение ткани с целью увеличения её опорной поверхности и, следовательно, износостойкости к истиранию путем изменения натяжения уточной нити перед закрытием зева и натяжения нитей основы.

Для достижения поставленной цели необходимо было изучить работы, характеризующие строение ткани и её физико-механические свойства в зависимости от параметров ткани и параметров её заправки на станке, методы и средства исследования опорной поверхности и стойкости к истиранию, проанализировать и обобщить результаты ранее проведённых исследований.

Исходя из поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- разработка способа получения тканей равноопорных структур;
- разработка технологии выработки тканей равноопорных структур на ткацком станке;

- создание теоретических основ, разработка, исследование и апробирование технологии изготовления тканей равноопорных структур на бесчелночном ткацком станке;
- исследование параметров строения тканей равноопорных структур;
- усовершенствование способа определения высоты волн изгиба нитей в ткани.

**Научная новизна** заключается в разработке теоретических основ технологического процесса получения на ткацком станке тканей равноопорных структур, в которых на поверхности ткани одинаково выходят как основные, так уточные перекрытия. В диссертационной работе

- разработан оригинальный способ определения опорной поверхности ткани, позволяющий фиксировать выход на опорную поверхность отдельно основных и отдельно уточных перекрытий;
- разработан программный продукт оценки опорной поверхности тканей, позволяющий расширить ассортиментные возможности и повысить качество вырабатываемых тканей ;
- установлен относительный показатель коэффициента опорной поверхности, характеризующий долю уточных и основных перекрытий, выходящих на опорную поверхность;
- разработан способ получения тканей равноопорных структур, с помощью которых можно получить выступ на поверхность ткани как доли основных, так и уточных перекрытий;
- разработана алгоритм и программа проектирования ткацких переплетений, в котором для построения переплетения задают раппорта переплетений -  $R$  и число пересечения нитей основы и утка -  $n$  ( для Сатина  $7/3$   $R_0 = R_y = 7$  ,  $n_0 = 1$  ,  $n_y = 6$  ) ;
- определена зависимость опорной поверхности и износостойкости тканей от параметров заправки станка таких как натяжение нити утка перед закрытием зева и заправочным натяжения нитей основы ;

- установлено, что натяжение уточины после отвода её прокладчика на станке СТБ перед закрытием зева, зависит от натяжения утка натяжителем;
- разработан алгоритм и построена блок-схема для вычисления дифференциальных уравнений;
- построены уравнения действующих сил на прокладчик утка в процессе прокладывания уточной нити и составлены уравнения равновесия нитей на поверхности ткани, позволяющие определить натяжение утка перед закрытием зева и выработать ткань с равноопорной поверхностью;
- определен угол наклона нитей основы и утка в ткани с помощью прибора SEM «VUPRA -50», позволяющего определить высоту волн изгиба нитей в ткани;
- разработан упрощённый способ определения высоты волн изгиба нитей в ткани, который исключает деформацию образца ткани и искажение её структуры в процессе пропитки;
- построены уравнения для определения геометрических показателей структуры тканей и найдена формула высоты волн изгиба нитей в ткани;
- разработан метод расчета натяжения нити утка на двух этапах в разных участках её прокидки;

**Практическая ценность заключается в:**

- расширении ассортиментных возможностей бесчелночного ткацкого станка;
- разработке равноопорных структур тканей из пряжи с разными линейными плотностями;
- разработке инструкции, позволяющей фиксировать на опорной поверхности ткани, отдельно основные и отдельно уточные перекрытия;
- определении величины натяжения уточины, позволяющей получать перед закрытием зева (для тканей пришедших в равновесное состояние

бязь арт. 4744, саржа 2/1, сатин 5/2), максимальную опорную поверхность и максимальную стойкость к истиранию;

- определении величины натяжения нитей основы, позволяющей получать ткани с максимальной опорной поверхностью и максимальной стойкостью к истиранию (саржа 2/1 и атлас 5/2,);
- усовершенствовании существующих способов определения высоты волн изгиба нитей в ткани;
- разработке рекомендаций по формированию тканей с равноопорной поверхностью на бесчелночных ткацких станках;
- в увеличении с 1,5 до 1,8 раза износостойкости тканей бязь арт.4744, саржа 2/1, сатин 5/2, атлас 5/2;
- в увеличении прибыли в результате реализации 1000 готовых изделий:
  - простыни ( бязь арт. 4744) – 3479082,0 сум
  - костюмы (саржа 2/1) - 15140752 сум
  - халаты (сатин 5/2) – 9499888,8 сум
  - платья (атлас 5/2) – 8638790,0 сум

**Методика исследования.** В теоретических исследованиях использовались расчетные методы определения натяжения уточной нити на различных этапах ее прокидки.

Экспериментальные исследования проводились по математическому плану эксперимента с использованием электротензометрической аппаратуры. При этом применялась высокочастотная трубчатая балочка с частотой 2000 Гц. Для обработки данных экспериментов использовались статистические методы с применением персонального компьютера.

**Реализация результатов работы.** Результаты исследований были внедрены в АООТ «Бухоротекс» в виде выработки опытной партии ткани. Достигнуто повышение опорной поверхности и стойкости ткани к истиранию в полтора раза.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, шести глав. Она содержит общие выводы и рекомендации, список литературы, семь приложений. Всего страниц машинописного текста, включая таблицы и рисунков.

**Автор защищает:**

- способ формирования тканей равноопорных структур главных переплетений;
- способ определения опорной поверхности, позволяющий фиксировать выход на опорную поверхность отдельно основных и отдельно уточных перекрытий;
- зависимость опорной поверхности и стойкость к истиранию (или износостойкость) от параметров заправки;
- параметры строения и технологические параметры изготовления тканей равноопорных структур;
- метод расчета натяжения нити утка на двух этапах в разных участках её прокидки;
- технологию изготовления ткани с максимальной опорной поверхностью и стойкостью к истиранию на ткацком станке СТБ;
- совершенствование экспериментальных методов определения высоты изгиба нитей в ткани;
- аналитическую зависимость опорной поверхности ткани от натяжения нитей основы и утка;
- однородность результатов, полученных по способом определения опорной поверхности ткани дисперсионным анализом;
- увеличение износостойкости в 1,5 раза для тканей бязь арт.4744 и саржа 2/1 и в 1,8 раза для сатина 5/2 и атласа 5/2 , соответственно.

# ГЛАВА I. ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА ПОСТАНОВКИ ЦЕЛИ И ЗАДАЧ

## 1.1. Анализ работ по определению зависимостей потребительских свойств ткани от ее параметров строения.

В зависимости от своего назначения ткани должны иметь соответствующие физико-механические и потребительские свойства, определяемые видом волокнистого материала, из которого выработана ткань, ее строением и т.д.

Физико-механические и потребительские свойства ткани характеризуются следующими основными показателями: прочностью, жесткостью, стойкостью к истиранию, усадкой после стирки, сминаемостью, драпируемостью, раздвигаемостью, блеском, проницаемостью, электризуемостью и др.

К физико-механическим свойствам тканей технического и специального назначения, кроме того, предъявляются требования в соответствии с областью их применения. Что же касается тканей бытового назначения, особенно бельевых, к ним предъявляются требования гигиенические, эксплуатационные, технологические и эстетические. Такой комплекс требований отражает современный взгляд на внешний вид ткани, в том числе на ее строение.

Под строением ткани понимается взаимное расположение нитей основы и утка и их связь между собой. Основными характеристиками строения ткани являются: переплетение, линейная плотность (диаметр) нитей основы и утка, плотность основы и утка в ткани, фаза строения, уработка, показатели наполнения и заполнения, толщина ткани, опорная поверхность и др. Эти характеристики можно условно разделить на две группы – независимые и зависимые.

Независимые параметры строения ткани (базовые или исходные) – не зависят от других параметров строения ткани, задаются или принимаются при ее построении. К их числу относятся:

сырьевой состав и вид нитей и пряжи, из которых вырабатывается ткань (от строения и вида волокон зависят строение нити или пряжи, форма и размеры поперечного сечения, физико-механические свойства пряжи;

линейная плотность нитей основы и утка, их диаметр;

переплетение нитей основы и утка в ткани, определяемое раппортом переплетения по основе и утку, число пересечений утка основой и основы утком, сдвигом перекрытий и числом слоев нитей в ткани;

плотность ткани по основе и утку.

Зависимые параметры строения (производные) зависят от исходных параметров строения ткани. Например, толщина ткани зависит от линейной плотности нитей основы и утка. К этой группе относятся:

фаза строения ткани;

уработка в ткани нитей основы и утка;

коэффициент наполнения и коэффициент связности;

коэффициент заполнения;

толщина ткани;

опорная поверхность.

Все перечисленные параметры в совокупности определяют строение ткани и расположение нитей в ней.

Большой вклад в исследование влияния параметров строения тканей на их физико-механические свойства внесен советскими учеными Архангельским Н.А., Кукиным Г.Н., Соловьевым А.Н., Мартыновой А.А., Колесниковым П.А., Дмитриевой И.А. и др.

На рис.1.1 приведена схема зависимости показателей физико-механических (потребительских) свойств тканей от параметров их строения. Эта схема составлена на основе проведенного анализа работ многих авторов. В квадратных скобках указаны некоторые литературные источники (см. список литературы), в которых устанавливается связь между параметрами строения ткани и ее физико-механическими свойствами, а в круглых скобках

отмечены исходные и производные параметры строения ткани, от которых зависит соответствующий параметр физико-механических свойств.

Как видно из схемы, одним из факторов, определяющих физико-механические свойства ткани, является переплетение нитей основы и утка.

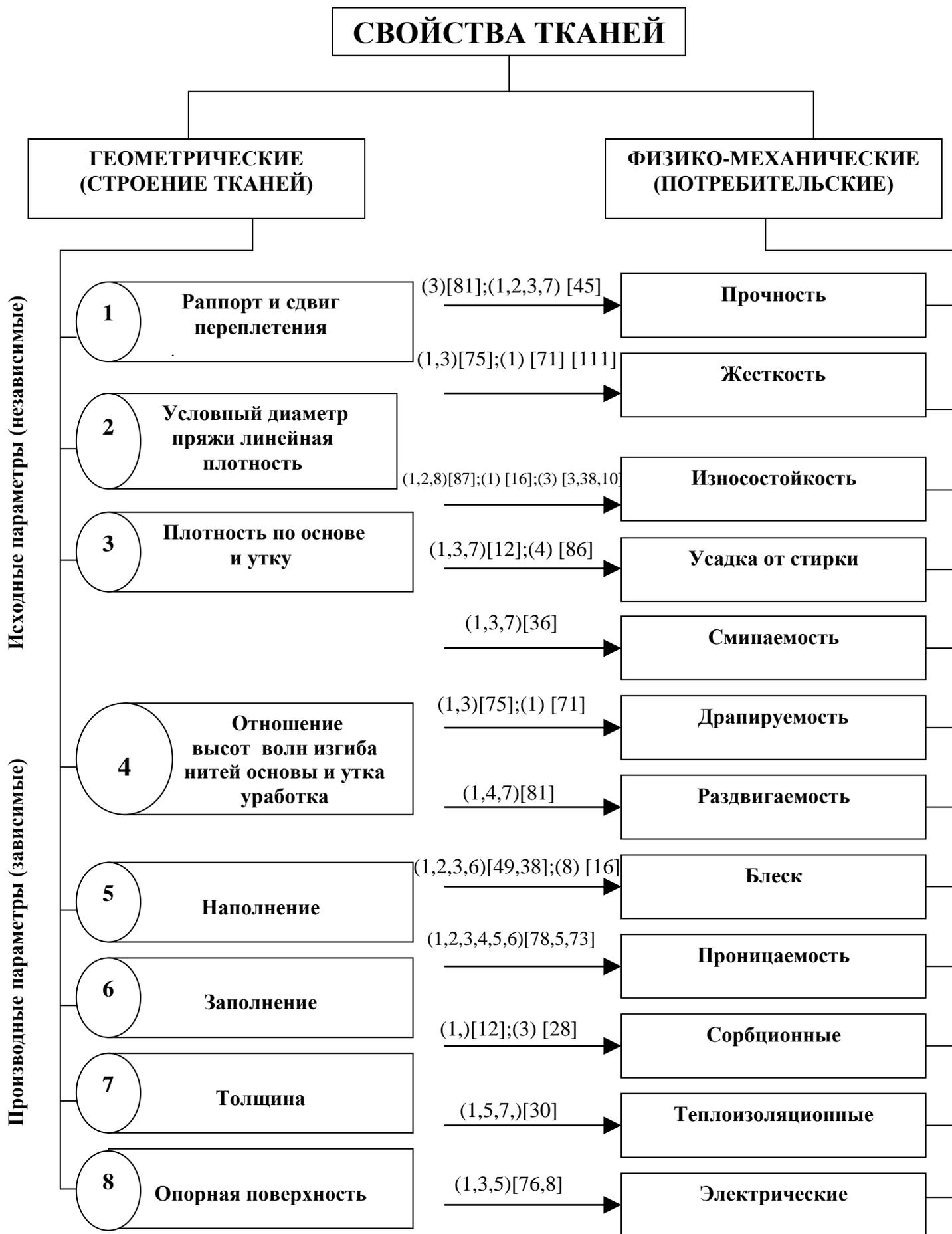
В работе [108] на основе исследования влияния строения ткани, ее переплетения, плотности по основе и утку на паропроницаемость тканей различного волокнистого состава основными показателями строения, изменяющими скорость влагопередачи тканей, признаны переплетение и толщина ткани.

В работах [27,45, 77, 60] отмечено, что переплетение оказывает влияние на воздухопроницаемость, водопоглощение тканей, тепловое сопротивление и стойкость к истиранию.

Влияние переплетения на фактуру тканей, степень их блеска рассматривались Никитиным М.Н. [90,110], который различает переплетения, образующие гладкую поверхность ткани, рельефную поверхность с мелкоузорчатыми рисунками и ворсовую поверхность.

Совокупное влияние вида переплетения, плотности по основе и утку на воздухопроницаемость показано в работе [133]. С увеличением отношения плотности по утку к плотности по основе от 0,6 до 0,9 воздухопроницаемость тканей возрастает в 1,1-1,7 раза.

В работе [91] показано, что большое влияние на формирование фактуры (блеска) ткани оказывает ее строение. Фактура является внешним проявлением строения ткани и зависит от линейной плотности основы и утка, соотношения линейной плотности основы и утка, особенностей структуры нитей, изменения формы и размеров нитей при заработке их в ткань и при отделке. Решающее влияние на фактуру ткани оказывают переплетение и плотность ткани по основе и утку.



**Рис.1.1. Схема зависимости показателей физико-механических свойств тканей от их строения.**

В работе [34] для тканей из текстурированных полиэфирных нитей установлена значительная зависимость их электризуемости от плотности по утку. Поверхностное электрическое сопротивление тканей, выработанных переплетениями с различными коэффициентами уплотненности и различной плотностью по утку, изменяется в различных пределах (почти в 14 раз). Это связано с изменением площади контакта ткани. Величина поверхностного электрического сопротивления под влиянием плотности по утку изменяется в три раза по законам параболы с минимумом в области средних значений плотности. Ткани атласных переплетений имеют максимальную величину электризуемости, ткани полотняного переплетения – минимальную [34].

По данным Мартыновой А.А. [79], с увеличением плотности ткани одновременно по основе и утку прочность ткани на раздирание также уменьшается. Так, увеличение плотности по основе с 15 до 26 нитей на 1 см, а по утку с 14 до 24 нитей на 1 см приводит к увеличению наполнения по основе с 0,76 до 1,33 и по утку с 0,70 до 1,23, к уменьшению прочности на раздирание со 150 до 940 Н.

Л.В.Бубенцова [15], исследуя камвольные ткани с вложением полиэфирных волокон, установила значительное влияние плотности по основе и утку и переплетения на потенциал заряда статического электричества, что объясняется неодинаковой опорной поверхностью тканей: потенциал заряда статического электричества наибольший у тканей полотняного переплетения, а у тканей саржевого и комбинированного переплетений заметно выше. Выявлена прямая зависимость загрязняемости тканей от их электризуемости [15].

В.В. Ракитских [122] при исследовании нитроно-вискозно-лавсановых тканей показала, что с увеличением коэффициента наполнения и плотности по основе и утку жесткость ткани возрастает, а коэффициент ее драпируемости уменьшается. Учитывая необходимость сочетания максимальной драпируемости с оптимальной жесткостью, необходимой для

обеспечения формостойкости, Ракитских В.В. считает, что оптимальным является коэффициент уплотненности переплетения, равный 0,6-0,8.

В работе Даминова А.Д. [40] показано, что однослойная ткань произвольного переплетения может быть представлена как коса, замыкание которой на себя приводит к образованию математического узла и предложена система топологического кодирования ткацких переплетений однослойных тканей, как косы из  $R_0 + R_y$  нитей.

Предложена классификация ткацких перекрытий в десинаторской интерпретации, и установлено, что исчерпывающее количество перекрытий, возможных в раппорте произвольного переплетения класса однослойных тканей, равно 32. Разработан новый графический способ изображения ткацких перекрытий на плотности, охватывающий все их 32 разновидности, и несущий в себе полную топологическую информацию о пространственном взаимоотношении нитей основы и утка в окрестности перекрытия.

Исследуя ткани из вискозных нитей, имеющих более низкий коэффициент трения, Сабов И.В. [132] получил несколько иные данные. В частности, увеличение плотности по утку до определенного предела ведет к снижению драпируемости, а затем наблюдается повышение драпируемости, что объясняется увеличением поверхностной плотности ткани. Наличие определенного максимума драпируемости и минимума жесткости наблюдается при применении коэффициента уплотненности с 0,65 до 0,85. Определенный максимум драпируемости отмечен при коэффициенте наполнения 70-90%.

Влияние абсолютных значений плотностей ткани по основе и утку и диаметров нитей на усадку сказывается в основном на относительную плотность ткани. В работах [12, 24, 83, 128] отмечено, что максимальная усадка возникает при такой плотности ткани, когда расстояние между нитями одной системы равно диаметру нити другой системы, по которой рассматривается усадка. При дальнейшем увеличении (например по утку) усадка по противоположной системе (в данном примере по основе) будет умень-

шаться вследствие отсутствия возможности основных изгибов. Отмеченное подтверждается данными Третьяковой Н.Я., которая нашла параболическое влияние плотности по утку на усадку по основе. Следовательно, усадка оказывается большей по той системе нитей, которая больше уплотнена. Это показано также в работах Розанова Ф.М. и Сурниной Н.Ф. [128].

Совокупное влияние на физико-механические свойства ткани оказывает фаза строения.

Мартынова А.А. [81] отмечает, что фаза строения, вид переплетения и диаметры нитей в значительной степени влияют на прочность раздираания.

Голобокова Г.Г. [34] изучала стойкость к истиранию полушерстяных тканей с различным соотношением числа нитей по основе и утку, с различным переплетением. Соотношение изменялось в больших пределах – от 0,6 (ткани с большой плотностью по утку) до 2 (ткани с большой плотностью по основе). При изменении порядка фазы строения ткани от 3,4 до 6,2 и изменении суммарной опорной поверхности от 16 до 18% стойкость к истиранию возросла с 17 до 21,4 тыс. циклов.

Согласно данным работы [95], с изменением фазы строения ткани изменяются и ее механические свойства. С увеличением фазы строения ткани разрывное усилие и разрывное удлинение становятся больше: тем самым изменяются работа разрыва и другие характеристики.

Большое влияние на физико-механические свойства тканей оказывает их наполнение [130, 124, 27, 54, 12].

Архангельский Н.А. [11] широко исследовал зависимость воздухопроницаемости от влияния ряда показателей строения. Им, в частности, отмечено, что с увеличением коэффициента наполнения и плотности по утку, при постоянной плотности по основе, воздухопроницаемость ткани резко уменьшается; с повышением крутки пряжи, а также увеличением числа нитей в раппорте воздухопроницаемость возрастает.

Васильчикова Н.В. [24] отмечает, что с увеличением коэффициента наполнения суровых меланжевых тканей до 100% происходит увеличение

размеров поперечных сечений основных и уточных нитей, т.е. воздухопроницаемость снижается.

Вишневская Л.И. [27] указывает, что коэффициент наполнения оказывает влияние на водопоглощение тканей. Отмечена связь (с незначительными различиями) показателей строения, влияющих на водопоглощение, при высокой степени наполнения тканей. Подтверждено существенное влияние вида переплетения на водопоглощение тканей, имеющих коэффициент наполнения 92-125%.

Как отмечает Н.Х.Уразов [157], коэффициент связности не отражает степени изгибания и сопряженности нитей в ткани, которые оказывают существенное влияние на связь между нитями. Закрепление нитей зависит от степени изгибания нитей, характеризуемой отношением высот волн нитей. Н.Х.Уразов предлагает применять коэффициент строения ткани, представляющий собой произведение коэффициента связности и отношения высот волн:

$$K_{cm} = Ch_o / h_y = p_o p_y t' T_{cp} h_o / (n_o n_y \cdot 1000 h_y)$$

По Делль Р.А. [41], паропроницаемость капроновых тканей зависит от параметров их строения в случае, если коэффициент наполнения превышает 90-95%. При этом, наибольшее влияние на скорость влагопередачи оказывают пористость тканей, характер расположения воздушных каналов, размеры и количество сквозных пор. При постоянном коэффициенте наполнения, не превышающем 100%, уменьшение сквозных пор в тканях вызывает снижение их паропроницаемости. Последняя снижается также при увеличении толщины, заполнения и наполнения тканей по массе.

Семак З.Н. [133] при исследовании тканей из текстурированных полиэфирных нитей установил значительную зависимость их электризуемости от влияния факторов строения. При изменении коэффициента наполнения поверхностное электрическое сопротивление тканей изменяется в значительных пределах. Это связано с изменением площади контакта ткани.

Немаловажное значение имеют теплоизоляционные свойства тканей в условиях подвижного воздуха. Именно в таких условиях теплоизоляционные свойства драпов различного строения изучала Корсакова В.Б. [55] на приборе «Ветерок-2» (ЦНИИШП). Она исследовала влияние коэффициента наполнения, толщины ткани, вида переплетения на тепловое сопротивление при постоянной поверхностной плотности ткани  $500 \text{ г/м}^2$  (ткани содержали 35% нитрона). По ее данным, с увеличением коэффициента наполнения и толщины ткани тепловое сопротивление возрастает.

В работах многих исследователей доказано, что толщина ткани значительно влияет на физико-механические свойства.

О значительном влиянии строения тканей на их стойкость к изнашиванию свидетельствуют данные Марголина И.С. [78], который при изучении поведения шерстяных тканей установил, что влияние толщины ткани и вида переплетения на стойкость к изнашиванию связано, прежде всего, с изменением форм волн, в частности, радиуса кривизны системы нитей, выступающих на поверхности. При увеличении толщины ткани возрастает стойкость к изнашиванию.

В работе [27] на основе исследований влияния толщины ткани, плотности по основе и утку, вида переплетения на проницаемость тканей и их влагопроводность установлено, что толщина ткани в исследованных образцах оказывает существенное влияние на процесс влагопередачи.

Вишневская Л.И. [27] отмечает, что толщина ткани, плотность по основе и утку, характер переплетения сказываются на водопоглощении тканей. При малой плотности по основе и утку и малой толщине ткани возможно регулирование показателей водопоглощения тканей в широких пределах путем изменения толщины тканей и переплетений.

Дианич М.М. и Козмич Д.И. [42] исследовали влияние таких показателей строения вискозных, полиэфирных, хлопчатобумажных и хлопколавсановых тканей, как толщина ткани, плотность по основе и утку, вид переплетения, заполнение ткани на воздухопроницаемость. По их

данным, разуплотнение льнолавсановых тканей по основе и утку на 100% сопровождается увеличением их воздухопроницаемости на 45-114% по сравнению с базовым значением.

По данным Колесникова П.А. [60], тепловое сопротивление тканей ( $R_c$ ) пропорционально их толщине ( $T_m$ ), причем связь теплового сопротивления с толщиной ткани выражается уравнением.

$$R_c = T_m / 0,0495 + 0,001r, \quad (1.1)$$

где  $r = 0,92 \pm 0,02$  – коэффициент корреляции.

Из уравнения (1.1) видно, что при увеличении толщины ткани до определенного предела происходит возрастание ее теплоизоляционных свойств.

Особое влияние на физико-механические свойства ткани оказывает ее опорная поверхность.

Согласно исследованиям Капицы Г.П. [53], максимальную стойкость к истиранию имеют ткани, у которых высокая напряженность структуры сочетается с высокой равномерностью опорной поверхности.

Авторы работы [115] установили, что степень блеска тканей возрастает с увеличением опорной поверхности.

В работе [148] отмечается, что поверхностная плотность зарядов на ткани зависит от величины площади фактического контакта ее поверхности. Максимальную величину поверхностной плотности зарядов имеют ткани полотняного переплетения с максимальной опорной поверхностью.

Изучая вышеуказанные работы, можно сделать вывод, что физико-механические свойства ткани в значительной степени зависят от её строения.

## **1.2. Анализ работ по изучению зависимости износостойкости от опорной поверхности и других исходных параметров ткани.**

Есть ткани, для которых наиболее важным показателем является их долговечность. К ним относятся ткани бязевой и бельевой групп, в частности простынные ткани. Для них комплексным свойством, определяющим их долговечность при эксплуатации, является износостойкость. Долговечность

не во всех случаях должна быть максимально возможной: ее оптимизация должна осуществляться с учетом социальной долговечности, обуславливаемой сроками морального старения изделий. Долговечность естественно зависит от волокнистого состава и структуры пряжи, от переплетения ткани, ее отделки. Однако при всех прочих равных условиях существенное значение имеют условный диаметр нити, плотность ткани по основе и утку, фаза строения и опорная поверхность.

В настоящее время особую актуальность приобретает вопрос о требованиях к физической долговечности ткани, и прежде всего, к той долговечности, которая может быть обеспечена ее строением. Именно путем изменения опорной поверхности ткани можно достичь увеличения срока ее службы, избежав, таким образом, дополнительных капиталовложений.

Ряд исследователей изучали влияние переплетения на стойкость ткани к истиранию.

Васильчикова Н.В. [24] при изучении лавсановискозных тканей показала, что наибольшую износостойкость имеют ткани с переплетением рогожка 2/2, наименьшую – ткани полотняного переплетения.

Дианич М.М. [42], исследуя ткани из вискозного волокна, получил данные, которые показывают, что ткани комбинированных переплетений имеют более высокую износостойкость, чем ткани переплетений саржа и рогожка. Уменьшение средней длины перекрытия в льнолавсановых тканях способствует повышению их износостойкости.

Комбинированные переплетения относятся к мелкоузорчатым. Ткани, выработанные данными видами переплетений, имеют на поверхности мелкие узоры различной формы. Их износостойкость более высокая по сравнению с тканями саржа и рогожка.

О значительном влиянии строения шерстяных тканей на их износостойкости свидетельствуют данные Марголина И.С. [78], который установил, что влияние переплетения на рассматриваемое свойство связано прежде всего с изменением формы волн ( в частности, радиуса кривизны нитей, выс-

тупающих на поверхности). Радиус кривизны увеличивается с удлинением перекрытий: в результате повышается объем волокна, подлежащего истиранию, а, следовательно, и объем работы, затрачиваемой на истирание.

Разрозненность данных, имеющих по вопросу влияния переплетения на износостойкости тканей, в значительной мере преодолена Ракитских В.В. [122] при исследовании нитроновискозно - лавсановых тканей и Сабовым И.В. [132] при исследовании тканей из вискозных и ацетатных нитей при достаточно большом наборе различных переплетений. Ими показано, что по мере возрастания коэффициента уплотненности переплетения износостойкость тканей возрастает, достигая максимума при коэффициенте, равном 0,6-0,7, а затем снижается. Наблюдаемое явление связано с действием трех факторов: величины связи между структурными элементами, тангенциального сопротивления и опорной поверхности. Максимальная износостойкость достигается при оптимальном их соотношении. Уменьшение износостойкости при коэффициенте уплотненности 0,6-0,7 объясняется малой величиной связи между структурными элементами, а увеличение износостойкости при том же коэффициенте – значительным возрастанием силы тангенциального сопротивления и уменьшением опорной поверхности.

Гецонок Б.И. и Мустафаева М.Я. [33] для тканей типа миткаль установили, что зависимость истирания от линейной плотности нитей утка  $T_y$  и плотности ткани по утку  $P_y$  характеризуется уравнением

$$U = 8,1 T_y + 26,1 P_y - 2,91$$

По данным Лейтеса Л.Г. [71], возможны случаи, когда ткани, имеющие большую плотность по утку, могут обладать меньшей износостойкостью вследствие меньшей массы той системы нитей, которая изнашивается.

Влияние заполнения ткани на её износостойкость, отмечено Козмичем Д.И. [42], по данным которого даже незначительное увеличение заполнения льнолавсановых тканей ведет к резкому повышению их износостойкости.

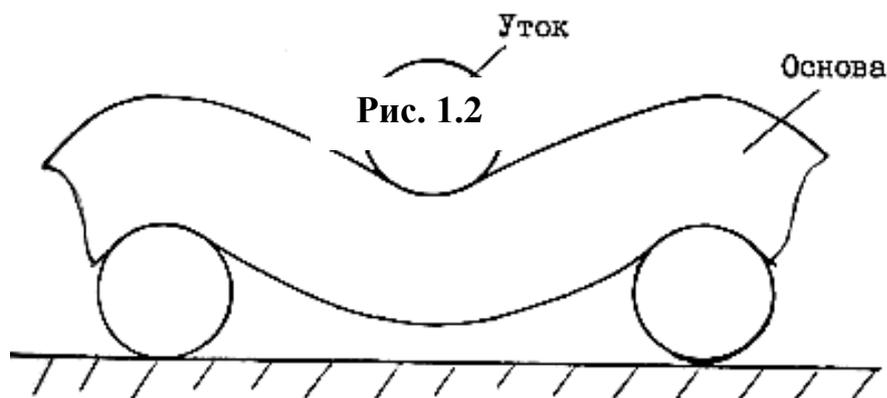
Пугачевский Г.Ф. [118 ], изучая лавсанохлопковые ткани, установил, что снижение плотности по основе (до 14%) не оказывает заметного действия

на износостойкость, в то время как разуплотнение по утку на 21% приводит к существенному снижению этого показателя.

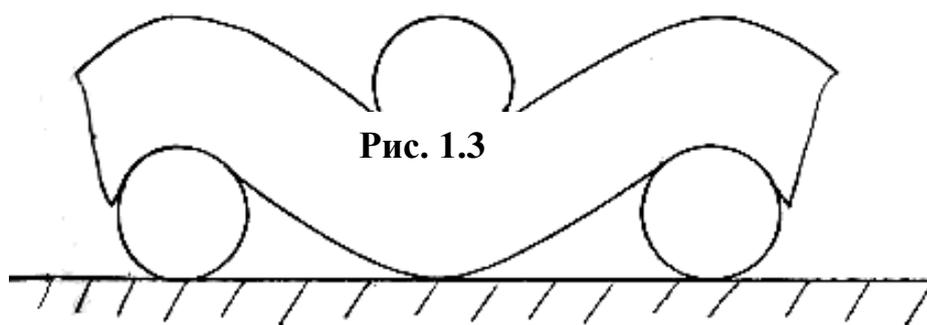
Марголиным С.И. [78] введено понятие качества поверхности ткани, под которым понимается совокупность геометрических, химических и физико-механических свойств ее лицевой поверхности. Улучшение качества тканей связано с улучшением качества их опорной поверхности, так как от ее состояния зависят многие важные потребительские свойства тканей. К числу таких свойств прежде всего относятся внешний вид, туше, износостойкость, сжимаемость, водопоглощаемость, теплозащитные и другие свойства.

Максимальной стойкости ткани к истирающим воздействиям, по данным Марголина И.С. [78], можно достичь только при оптимальных параметрах ее строения, которые обеспечивали бы максимальную циклическую работоспособность волокон (нитей) в ткани, оптимальное соотношение величины связи между ними и подвижности под воздействием истирающих факторов. Указанные условия могут быть обеспечены путем увеличения опорной поверхности тканей.

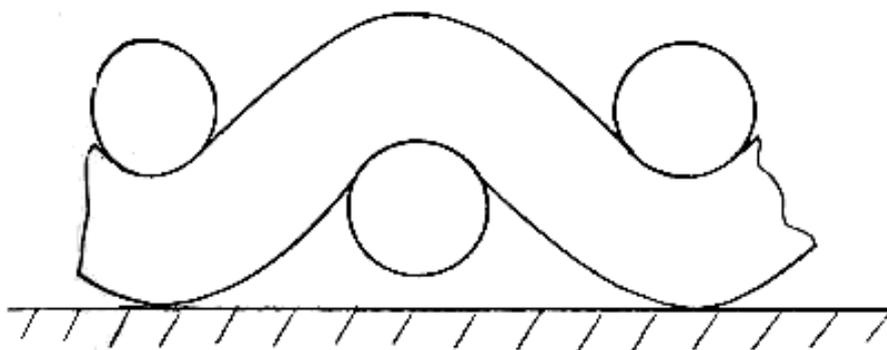
По данным Васильева Ф.В. [23], износостойкость ткани также связана с ее опорной поверхностью. Автор отмечает, что с точки зрения величины и характера опорной поверхности существует два направления формирования тканей с повышенной износостойкости. Одно из них состоит в формировании такого строения ткани, которое бы обеспечивало вывод на опорную поверхность нитей как основы, так и утка. В этом случае произойдет выравнивание поверхности ткани, ее опорная поверхность будет образована нитями как основы, так и утка, вследствие чего возрастет численное значение показателя опорной поверхности. При разных свойствах нитей двух систем в опорную поверхность следует выводить систему нитей, имеющих большую износостойкость.



**Рис.1.2. Разрез уточноопорный ткани полотняного переплетения**



**Рис.1.3. Разрез равноопорной ткани полотняного переплетения**



**Рис.1.4. Разрез основоопорной ткани полотняного переплетения**

В зависимости от того, какая система нитей выступает на поверхности, ткани могут быть основоопорными, уточноопорными и равноопорными. Равноопорные ткани формируются при равносистемных переплетениях (например, полотняном) и при порядке фазы строения, близком к 5, при равных диаметрах или, когда основа и уток выступают в равной степени на поверхности ткани [71]. На рис. 1.2-1.4 представлены элементы трех различных видов ткани полотняного переплетения уточноопорной, равноопорной и основоопорной, соответственно.

Многие исследователи подчеркивают значительные трудности в получении равноопорных тканей в связи с большими изменениями строения ткани в отделке, а также при эксплуатации. В частности, многими исследователями [23,49,71,78,134,144,] было установлено, что равноопорные ткани можно сформировать при определенном повышении плотности по основе в сравнении с плотностью по утку. Отношение плотности по основе к плотности по утку для равноопорных тканей должно составлять: по данным Лейтеса Л.Г. [71] 1.05-1.2, Васильева Ф.В. [23] 1.08-1.24, Марголина И.С. [78] 1.2-1.3, Смирнова В.И. [144] 1.1-1.18, Склянникова В.П. [137] 1,1-1,12.

Следует отметить, что эти выводы получены для тканей, сформированных на челночных станках типа АТ из пряжи с кольцевых прядильных машин.

Лейтес Л.Г. [71,72] показал, что одним из эффективных путей повышения износостойкости, является выработка тканей с большой плотностью по основе. Повышение плотности по основе способствует увеличению опорной поверхности за счет ее выравнивания и увеличения числа и массы нитей, ее составляющих. Такие ткани более эффективны по сравнению с уточноопорными, поскольку истирающие воздействия преимущественно направлены вдоль нитей, а при таком направлении истирания нити оказываются более стойкими (по сравнению с истиранием в поперечном направлении). К такому же выводу приходит Уразов Н.Х. [157].

Кроме того, в процессе истирания опорная поверхность увеличивается вследствие большого расплющивания нитей выступающей системы, утонения этих нитей, вследствие чего в опорную поверхность включаются и нити противоположной системы.

### **1.3. Анализ работ по изучению влияния на строение ткани заправочных параметров ее выработки**

Как было отмечено выше, опорная поверхность формируется под воздействием всех параметров строения. Здесь имеются в виду переплетение,

линейная плотность нитей и их диаметр, плотность ткани по основе и утку, соотношение плотностей, фаза строения ткани и т.д. Однако строение ткани и ее опорная поверхность могут быть зависимы и от параметров формирования ткани – величины заступа, положения скало, натяжения нитей основы и утка, силы прибоа.

Величину заступа устанавливают от 0 до 70 мм в зависимости от вида использованного сырья нитей основы и утка, вида переплетения нитей ткани, плотности ткани по утку и конструктивных особенностей станка.

С увеличением величины заступа увеличивается натяжение основных нитей в момент прибоа, а это изменяет строение ткани и ее свойства. При выработке ткани полотняного переплетения с большей плотностью нитей по утку устанавливают наибольшую величину заступа. В шелковой промышленности некоторые ткани из синтетических и вискозных нитей вырабатываются без заступа, так как при прибое этих нитей к опушке ткани не требуется преодолевать значительных усилий сопротивления перемещению уточной нити относительно основных нитей за счет незначительного коэффициента трения между нитями. При выработке тканей на пневматических, пневморепирных ткацких станках за счет их отличительных конструктивных особенностей величина заступа может изменяться от 0 до 35 мм. При заправке ткани на станке величину заступа в основном устанавливают опытным путем.

Изменением заправочного натяжения основных и уточных нитей и изменением величины заступа при заправке ткани на станке можно изменить свойства и строение выработанной ткани.

При заправке ткани на ткацком станке обращается внимание на высоту установки скало относительно грудницы (рис. 1.5.а).

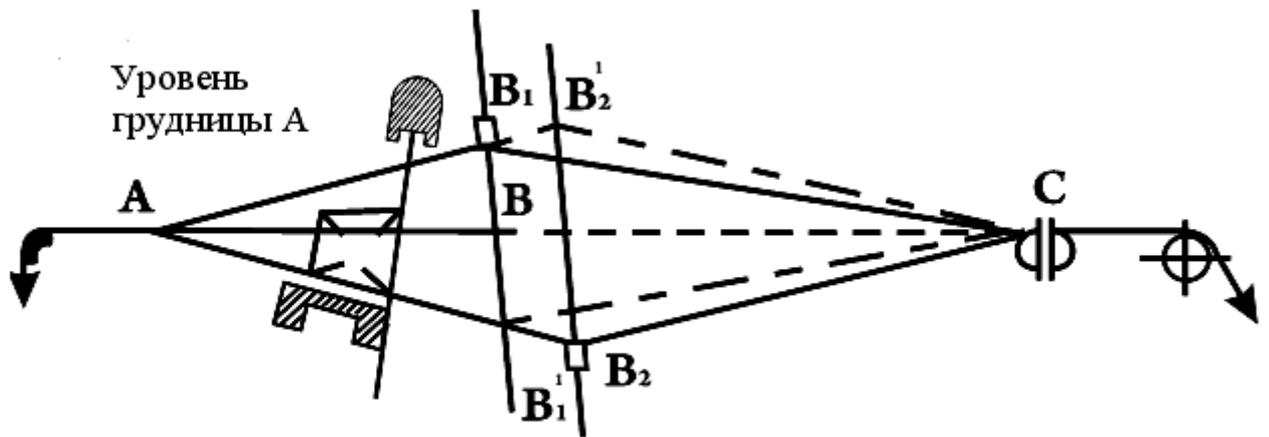
В зависимости от вида вырабатываемой ткани скало перемещается по вертикали от уровня грудницы и этим изменяется соотношение длин верхней и нижней части зева. При опускании скало вниз увеличивается длина верхней части зева  $AB_1C_2$  и уменьшается длина нижней части зева  $AB_2C_2$  (рис.1.5.б).

При подъеме скало вверх, наоборот, уменьшается длина верхней части зева  $AB_1C_1$  и увеличивается длина нижней части зева  $AB_1C_1$  (рис.1.б.в).

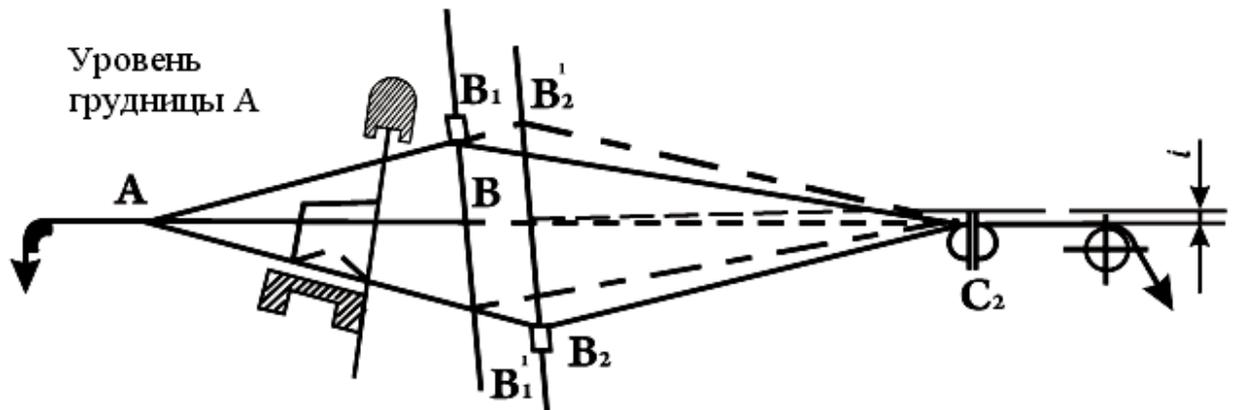
Изменение длин верхней и нижней частей зева вызывает изменение их напряжения при зевобразовании, а, следовательно, и натяжение нитей основы в разных частях зева становится различным, т.е. получается разнотянутый зев. Положение скало по вертикали определяется строением вырабатываемой ткани.

При выработке легких тканей скало устанавливается на уровне грудницы. При выработке средних и тяжелых тканей, т.е. тканей с повышенной плотностью по утку, скало устанавливается выше уровня грудницы и этим создается разнотянутый зев.

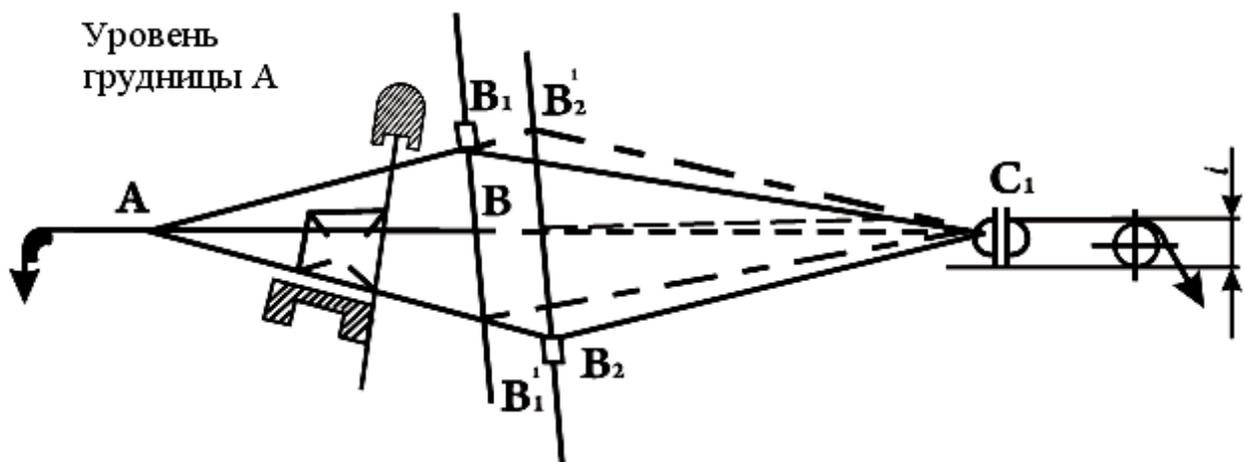
Одним из заправочных параметров, влияющих на строение ткани, является натяжение нитей основы в процессе ткачества. От натяжения основы зависят деформация нитей основы в процессе ткачества, а следовательно, параметры строения и вид вырабатываемой ткани.



а) Скало на уровне с грудницей



б) Скало ниже уровня грудницы



в) Скало выше уровня грудницы

Рис.1.5. Расположение зева в заправке станка

При исследовании хлопчатобумажной ткани бязь арт.4744 Асиеду-Джечи Ф.М. [162] получил данные, свидетельствующие о возможности улучшения опорной поверхности ткани путем оптимизации таких параметров заправки станка АТПР, как натяжение нитей основы, положение скало и

величина заступа. Он отмечает, что на строение суровой ткани бязь арт.4744, приведенной в равновесное состояние, существенно влияет только натяжение нитей основы и не оказывают существенного влияния положение скало и величина заступа.

Авторы работы [81], исследуя влияние некоторых технологических параметров заправки станка АТПР-100 на строение и свойства хлопчатобумажных тканей, изготовленных на этом станке (по сравнению с тканями, выработанными на станке АТ-100), приходят к выводу, что с изменением заправочного натяжения нити основы на станках АТ-100, и АТПР-100 условия изготовления ткани, ее строение и свойства меняются.

Воробьев В.А. [28] на основании экспериментальных исследований установил, что средний коэффициент наполнения ткани должен увязываться с натяжением основы в процессе образования ткани. Он вывел эмпирическую формулу натяжения основы:

$$P_o = 9,8 H_{cp},$$

где  $P$  – натяжение нитей основы при переднем положении батана на 10 см ширины и заправки по берду, кгс;

$H_{cp}$  – средняя величина коэффициента наполнения ткани по основе и утку;

Автор показывает, что натяжение влияет не только на коэффициент наполнения, но и на другие параметры строения ткани, такие как опорная поверхность, фаза строения и т.д.

Автор работы [28] провел эксперимент, где при минимальном натяжении основы он изменял показатель фазы строения суровой ткани на ткацком станке АТ. При изменении заправочного натяжения до 13% от первоначального изменения фазы строения суровой ткани имеет более плавный характер. С увеличением заправочного натяжения основы до 20% изменение порядка фазы строения ткани остается почти таким, как при увеличении заправочного натяжения основы до 13%. Автор отмечает, что с увеличением заправочного натяжения нитей основы показатель фазы

строения ткани уменьшается; площадь опорной поверхности, способность истирания зависят от величины заправочного натяжения основы.

Известно, что одним из параметров, определяющих строение ткани, является длина уточной нити, проложенной в зев [102]. Данная длина оказывает влияние на величину уработки нитей не только уточных, но и основных.

В работах [103,106] было установлено, что на челночных станках длина прокладываемой уточины соответствует ширине заправки по берду.

Авторы этих работ определяли длину уточины при выработке ткани на станках типа СТБ и АТПР, а для сравнения одновременно производились замеры и на станке АТ.

В работе [102] исследовалось строение суровой ткани до стирки в зависимости от соотношения натяжений основы и утка. Автор пришел к выводу, что с увеличением этого соотношения высота волны основы в суровой ткани уменьшается, а уток увеличивается. Наибольшее изменение высоты волн в зоне опушки происходит у ткани, для которой характерны максимальное натяжение утка и минимальное основы, а наименьшее - у ткани с минимальным натяжением утка и максимальным натяжением основы. При выполнении эксперимента за величину натяжения основы и утка были взяты заправочные данные, по которым рассчитывались высоты волн только самой последней прибитой уточной нити. Результаты оказались бы более достоверными, если бы натяжение основы и утка могло быть измерено в любом месте участка «опушка - грудница».

В работе [103] при расчете волн основы и утка в ткани полотняного переплетения автором учитывалась излишняя длина уточины, вложенной в зев. По мнению автора, излишняя длина уточины, вложенной в зев, позволяет уменьшить деформацию и, следовательно, натяжение уточины и изменить строение ткани.

Николаев С.Д. [92] задался целью экспериментально исследовать изменение строения ткани в период перемещения ее от опушки к товарному валику и после удаления внешних нагрузок в процессе реализации. Было

установлено, что количественное изменение параметров строения ткани на участке «опушка – товарный валик» зависит, в основном, от абсолютных величин приложенных сил. Строение ткани, снятой со станка, изменяется за счет релаксации упругой и эластической долей деформации.

В связи с тем, что параметры формирования ткани на станках типа АТПР и СТБ отличаются от аналогичных параметров на челночно ткацких станках типа АТ, строение ткани в том и другом случае должно иметь свои особенности.

Оников Э.А. [100] предложил систему из четырех уравнений для определения (применительно к ткани полотняного переплетения) высот волн изгиба основы и утка в зависимости от взаимного давления и натяжения уточной нити в опушке ткани на ткацком станке. Автором было установлено, что на строение ткани в опушке оказывают влияние не только геометрические параметры, но и параметры заправки станка, т.е. натяжение утка в опушке и его дозировка.

Многими исследователями (например, [35,133]) было показано, что положение скало оказывает влияние на строение ткани и в некоторой степени определяет характер взаимного расположения основных нитей. Особое влияние оказывает положение скало на строение тканей полотняного переплетения [71]. При этом наиболее значимо влияние положения скало по высоте.

Известно, что, когда скало находится выше или ниже линии опушки ткани, зев получается разнотянутым и нити основы располагаются в ткани более равномерно. Основные нити, пробираемые в один зуб берда, в момент прибоа уточной нити, имеют различное натяжение. Менее натянутая основная нить смещается уточной нитью в сторону. При последующем прибое смещение получает другая нить.

Вследствие этого основные нити располагаются равномерно и ткань получает более однородное строение [71]. Если же скало находится на одном уровне с грудницей, основные нити располагаются «парочками» неравномерно в зубьях берда, все они имеют одинаковое натяжение, одинаково

взаимодействуют, переплетаясь с уточной нитью, и не смещаются в сторону. Поэтому «парочки» создают неравномерность расположения нитей основы, которая сохраняется в ткани.

С учетом сказанного при выработке тканей полотняного переплетения скало располагается выше уровня грудницы.

Многие исследователи, например, [59,75], изучали роль величины заступа в формировании ткани. Некоторые авторы сделали заключение о положительном влиянии заступа на строение ткани, однако, часть исследователей отрицает положительное значение заступа. Очевидно, можно считать, что работа с заступом имеет как достоинства, так и недостатки.

В целом можно считать, что параметры строения суровой ткани и ее физико-механические свойства (в частности, опорная поверхность ткани) значительно зависят от параметров формирования ткани на ткацком станке.

#### **1.4. Анализ работ по теории строения и проектирования ткани.**

Изучению вопросов строения и проектирования тканей посвящены многие исследования ученых. Среди них следует отметить работы, в которых сформированы основные положения и методы определения структурных характеристик или разработаны те или иные направления в развитии теории строения и проектирования тканей в нашей стране [95,152].

Основателем науки о строении ткани можно считать профессора Н.Г.Новикова, работы которого явились «фундаментом», для построения дальнейших исследований ученых в области строения и проектирования тканей. Разработанная им геометрическая теория строения ткани полотняного переплетения [95] учитывает девять случаев порядков фаз строения в зависимости от соотношения изгиба нитей основы и утка в ткани. Профессор Новиков Н.Г. предположил, что фаза строения ткани зависит от соотношения натяжения основных и уточных нитей в элементе ткани, причем основную роль при формировании элемента ткани играет уточная нить. Автор отметил, что основной величиной, влияющей на порядок фазы

строения ткани, является натяжение утка, а характер формирования элемента ткани зависит от таких свойств утка, как прочность, гибкость и удлинение.

На основе разработанной геометрической модели строения проф. Новиков Н.Г. предложил формулы для расчета высот волн изгиба, порядка фазы:

$$h_o = \sqrt{l_y^2 (1 + 0,01 \cdot a_o)^2 - l_y^2} \quad (1.1)$$

$$P_\phi = \frac{8h_o}{(d_o + d_y)} + 1 \quad (1.2)$$

где:  $h_o$  – высота волны изгиба нити основы

$l_y$  – геометрическая плотность ткани по утку;

$a_o$  – уработка нити основы;

$P_\phi$  – порядок фазы строения ткани;

$d_o, d_y$  – диаметры, соответственно, нити основы и утка.

Однако, при использовании разработанной Н.Г.Новиковым теории строения, возникают некоторые вопросы при определении параметров строения тканей, в которых одна из систем нитей почти не изгибается (не урабатывается), а другая имеет значительный изгиб (уработку), составляя опорную поверхность ткани. К ним можно отнести основоуплотненные и уточноуплотненные ткани [81]. При определении параметров строения таких тканей, согласно классического представления расположения уточных и основных нитей относительно друг друга, в крайних порядках фаз строения получаются не соответствующие действительности значения.

Поскольку такие параметры строения ткани, как порядок фазы и связанные с ним волны изгиба нитей основы и утка являются ключевыми характеристиками структуры ткани, то многие работы посвящены именно прогнозированию, определению и проектированию данных показателей.

Селивановым Г.И. [134,135] был предложен способ исследования структуры ткани с использованием полей связи, который широкого распространения, так как значительно усложнились формулы при определении основных характеристик переплетения.

В работе [52] предложена формула для вычисления порядка фазы строения ткани:

$$P_{\phi} = 9 \frac{8h_o}{(d_o + d_y)} + 1 \quad (1.3)$$

Скляников В.П. [137,138,139] на основании проведенных экспериментальных исследований порядка фазы строения предлагает следующие формулы для вычисления среднего порядка фазы строения  $P_{\phi.sp}$ :

$$P_{\phi.sp} = \frac{(P_{\phi.o} + P_{\phi.y})}{2} \quad (1.4)$$

$$P_{\phi.o} = \frac{8h_o}{(b_{ok} + b_{yk})} + 1, \quad P_{\phi.y} = 9 - \frac{8h_y}{(b_{ok} + b_{yk})} \quad (1.5)$$

$$h_o = b_o - b_{ok}, \quad h_y = b_y - b_{yk} \quad (1.6)$$

где:  $h_y$ - высота волны изгиба нити утка;

$b_{ok}b_{yk}$  – толщина основы и утка в ткани в середине точки скрещивания;

$b_ob_y$  – расстояние между касательными в вершине волн изгиба основы и утка.

Романов А.В. предлагает определять высоту волны изгиба в зависимости от веса нитей, заработанных в ткань:

$$h_o = 100 \sqrt{(g_o^2 N_o^2 / 100 P_o^2) - 1 / P_y} \quad (1.7)$$

$$h_y = 100 \sqrt{(g_y^2 N_y^2 / 100 P_y^2) - 1 / P_o} \quad (1.8)$$

где:  $g_o, g_y$  – вес основных и уточных нитей в квадратном метре ткани;

$N_o, N_y$  – номер нитей основы, утка.

Для определения порядка фазы строения ткани [105] автор предлагает использовать формулы, полученные Н.Г.Новиковым и И.В.Ильиным с подстановкой в них выведенных им выражений для высот волн изгиба.

В работах [3,4] Алексеевым К.Г. приводятся формулы для расчета фазы строения и порядка фазы строения тканей, вырабатываемых переплетениями главного класса, по известным величинам уработок нитей и с учетом смятия нитей в ткани.

Степановым Г.В. была предложена [146] формула для определения высоты волны изгиба нитей основы:

$$h_o = \frac{P_o (d_{on} \tau_o + d_{yn} \tau_y)}{(P_o + P_y)} \quad (1.9)$$

где:  $\tau_o, \tau_y$  – коэффициенты смятия нитей основы и утка.

Для определения порядка фазы строения ткани автор [146] использует выражение (1.2) с подстановкой в него выражения (1.9).

В работе Сеницына В.А. [148] уточняется модель строения элемента ткани при которой в крайних порядках фаз строения ткани нити не располагаются одна под другой, как принято в [80,95], а плотно уложены в ткани друг с другом. Автором получены формулы для определения порядка фазы строения по известным характеристикам переплетения, геометрической плотности однослойной ткани:

$$\Pi_\phi = \frac{(9\sqrt{D} + 1)}{1 + \sqrt{D}} \quad (1.10)$$

$$D = \frac{\{P_o^2 [1 + 0,01 a_o (R_y / t_o - 1)]^2 - [1 - 0,01 a_o]^2 [1 - 0,01 a_y]^2\}}{\{P_y^2 [1 + 0,01 a_y (R_o / t_y - 1)]^2 - [1 - 0,01 a_y]^2 [1 - 0,01 a_o]^2\}} \quad (1.11)$$

$$l_o = \begin{cases} \sqrt{(d_o + d_y)^2 - h_o^2} & \text{при } 1 \leq \Pi_\phi \leq \Pi_{\phi.o.n.} \\ d_o & \text{при } \Pi_{\phi.o.n.} \leq \Pi_\phi \leq 9 \end{cases} \quad (1.12)$$

$$l_y = \begin{cases} \sqrt{(d_o + d_y)^2 - h_y^2} & \text{при } 1 \leq \Pi_\phi \leq \Pi_{\phi.y.n.} \\ d_y & \text{при } \Pi_{\phi.y.n.} \leq \Pi_\phi \leq 9 \end{cases} \quad (1.13)$$

где:  $P_o, P_y$  – плотность ткани по основе, утку;

$a_o, a_y$  – уработка нитей основы, утка;

$R_o, R_y$  – раппорт ткани по основе и утку;

$t_o, t_y$  – число пересечение нитью основы нитей утка и нитью утка нитей основы в пределах соответственно раппорта переплетения ткани по утку и основе;

$l_o, l_y$  – геометрическая плотность ткани по основе и утку;

$h_o h_y$  – высота волны изгиба нитей основы и утка в ткани;

$P_{\Phi.O.II}$ ,  $P_{\Phi.Y.II}$  – предельный порядок фазы строения, соответственно по основе и утку.

Однако ошибочным, на наш взгляд, является утверждение автора о том, что центр нити при различных порядках фазы строения располагается по окружности не до предельного порядка фазы строения, а от предельного до крайнего – по прямой. Кроме этого в крайних порядках фаз строения не учитывается смятие нитей, возникающее вследствие высокой уплотненности ткани. Многие ученые занимались фазовой теорией строения, касалось ли это разработки методики расчета фазы, порядка фазы строения [68], моделей геометрического строения с поперечным сечением нитей в форме эллипса, «стадиона», параболы или разработки и анализа экспериментальных методов определения порядка фазы строения, исследований параметров строения ткани [61]. Вопрос реального определения порядка фазы строения (прогнозируемого или действительного), то есть числового выражения взаимного расположения нитей в ткани, является актуальным, так как связан с высотой волны изгиба нитей, а следовательно — с величиной уработок (прогнозируемых или действительных) нитей.

Уработка нитей оказывает существенное влияние на строение ткани и ее свойства, поэтому разработкой методик определения ее величины занимались многие ученые [25,183 и многие другие]. Эти исследования касались как вывода теоретических формул, так и эмпирических зависимостей для определения величины уработки в тканях с постоянными и переменными [30,31,54,92,142] плотностями расположения нитей.

В [185] Юхиным С.С. предложены формулы для определения уработок нитей основы и утка в ткани, а также высот волн изгиба нитей по заправочным параметрам, без анализа микросрезов:

$$a_o = \left\{ 1 - \frac{100 R_y / P_y}{(R_y - t_o) l_{yf} + \sqrt{[100 R_y / P_y - (R_y - t_o) l_{yf}]^2 [h_o t_o]^2}} \right\} 100 \quad (1.14)$$

$$a_y = \left\{ 1 - \frac{100 R_o / P_o}{(R_o - t_y)l_{of} + \sqrt{[100 R_o / P_o - (R_o - t_y)l_{of}]^2 [h_y t_y]^2}} \right\} 100 \quad (1.15)$$

$$h_y = \frac{1}{t_y} \sqrt{[100 R_o / N_{\delta} m_z - (R_o - t_y)l_{of}]^2 - [100 R_o / P_o - (R_o - t_y)l_{of}]^2} \quad (1.16)$$

где:  $N_{\delta}$  – номер берда;

$m_z$  – число нитей основы, пробираемых в зуб берда;

$l_{of}, l_{yf}$  – фактическая геометрическая плотность по основе и утку.

Для тканей комбинированного переплетения были выведены формулы [80,38] для определения уработки нитей в ткани:

$$a_o = \frac{100 \left[ t_{o1} \left( \sqrt{l_{yf1}^2 + h_{o1}^2} - l_{yf1} \right) + t_{o2} \left( \sqrt{l_{yf2}^2 + h_{o2}^2} - l_{yf2} \right) + t_{o3} \left( \sqrt{l_{yf3}^2 + h_{o3}^2} - l_{yf3} \right) \right]}{\left[ t_{o1} \sqrt{l_{yf1}^2 + h_{o1}^2} + t_{o2} \sqrt{l_{yf2}^2 + h_{o2}^2} + t_{o3} \sqrt{l_{yf3}^2 + h_{o3}^2} + d_{yf} (n_{y2} + 2n_{y3}) \right]} \quad (1.17)$$

$$a_y = \frac{100 \left[ t_{y1} \left( \sqrt{l_{of1}^2 + h_{y1}^2} - l_{of1} \right) + t_{y2} \left( \sqrt{l_{of2}^2 + h_{y2}^2} - l_{of2} \right) + t_{y3} \left( \sqrt{l_{of3}^2 + h_{y3}^2} - l_{of3} \right) \right]}{\left[ t_{y1} \sqrt{l_{of1}^2 + h_{y1}^2} + t_{y2} \sqrt{l_{of2}^2 + h_{y2}^2} + t_{y3} \sqrt{l_{of3}^2 + h_{y3}^2} + d_{yf} (n_{y2} + 2n_{y3}) \right]}$$

где:  $t_{o1}, t_{o2}, t_{o3}$  – количество пересечений нитей основы с нитями утка;

$t_{y1}, t_{y2}, t_{y3}$  – количество пересечений нитей утка с нитями основы.

$l_{of1}, l_{of2}, l_{of3}, l_{yf1}, l_{yf2}, l_{yf3}$  – фактическое расстояние между нитями с учетом наполнения волокнистым материалом;

$d_{of}, d_{yf}$  – фактические диаметры нитей основы и утка.

В работе [143] предложена методика расчета уработки нитей основы и утка для тканей с постоянной и переменной плотностью расположения нитей на базе регрессионного анализа, где в качестве выходных параметров приняты значения уработок нитей основы и утка, а в качестве факторов: разрывная нагрузка нитей основы и утка, средняя плотность ткани по основе и утку, коэффициент переплетения ткани.

Параллельно с научными исследованиями по определению параметров строения ткани велись работы по проектированию тканей по заданным

параметрам, с заданными свойствами. К первым работам по проектированию можно отнести исследования [65,66,125].

О.С. Кутепов [65] вывел формулу для проектирования тканей по заданной массе квадратного метра. Результаты, полученные по формулам Кутепова О.С., достаточно близки к практическим данным.

А.М. Кузнецов [66] разработал методику проектирования ткани полотняного переплетения с заданными свойствами. Автор задается такими параметрами ткани, как видом и номером пряжи, массой квадратного метра ткани, отношениями волн изгиба нитей, разрывными прочностями и уработкой нитей в ткани. Им предложены следующие формулы

$$h_o / h_y = N_{mo} / N_{my} = n; h_o / h_y = (\mu_o / \mu_y) \cdot \sqrt{a_o / a_y}$$

$$P_o / P_y = \frac{h_o \cdot \mu_o \cdot N_{mo} \cdot \xi_y}{h_y \cdot \mu_y \cdot N_{my} \cdot \xi_o}; q_o / q_y = m / n = 100 + a_o / (100 + a_y)$$

После определения уработок нитей основы и утка в ткани автор определял массу основы и утка в граммах одного квадратного метра по формулам

$$q_k = q_o + q_y; q_o = \frac{10 P_o}{N_{mo}} \left( 1 + \frac{a_o}{100} \right); q_y = \frac{10 P_y}{N_{my}} \left( 1 + \frac{a_y}{100} \right)$$

Кроме этого А.М. Кузнецов предложил формулу для определения высоты волны изгиба уточной нити, в которой учитывается первоначальная стрела прогиба уточины вследствие усадки по берду в опушке ткани, усилие в утке, модуль упругости утка и экваториальный момент инерции утка. Недостатком данной работы является то, что она приемлема только для проектирования и строения хлопчатобумажных тканей полотняного переплетения в нулевом порядке фазы строения.

Н.Х. Уразов [157] для проектирования ткани задавался численными значениями  $\varphi_o, \varphi_y, B, B_1, K_{np}, N_{my}$ .

$$\varphi_o = P_o / P_{кв}; \varphi_y = P_y / P_{кв}; B = q_k / E_{cp}; B_1 = q_k / E_T;$$

$$K_{np} = \mu_o \cdot N_o / P_o; K_{np} = \mu_y \cdot N_y / P_y; P_{кв} = E_{кв} / d_{cp},$$

где:  $K_{np}$  – коэффициент прочности ткани;

$\mu_o, \mu_y$  - прочность нитей основы и утка на разрыв;

$d_{cp}$  – средний диаметр нитей основы и утка.

Следует отметить, что в настоящее время практически все ученые в той или иной степени затрагивающие вопросы строения ткани занимаются исследованиями в области ее проектирования [30,80,147,100, и др].

Наиболее значимые исследования в области проектирования и анализа тканей проведены на кафедре «Дизайн и технология ткани, трикотажа» Ташкентского института текстильной и легкой промышленности [40,110,111,112, 124, 125, и др.].

В материале [80] приведены методики проектирования тканей по заданным параметрам, а также рассмотрено все многообразие используемых в настоящее время переплетений, указаны факторы, влияющие на строение и свойства тканей.

Мартыновой А.А. [82] был разработан метод проектирования ткани по заданным физико-механическим свойствам, получены аналитические зависимости между физико-механическими свойствами ткани и физико-механическими свойствами нитей, параметрами строения ткани. Под руководством Мартыновой А.А. выполнены научные работы по проектированию тканей различного строения [67,73 и др.].

Подробный анализ работ по проектированию тканей и систематизация методов по заданным параметрам приводится в работе Юхина С.С. [185].

В работы Велиева Ф.А. [31] разработаны алгоритмы и микропроцессорная схема реализации новой технологии, позволяющей с помощью переменного режима работы товарного и основного регуляторов, а также положения подвижного скала изменять режимы ткачества при наиболее благоприятных параметрах заправки. Разработана классификация и предложена методика расчета технологических параметров производства тканей переменной по утку и на его основе разработана классификация всего

множества тканей переменной плотности по утку, предусматривающая четыре их класса.

В книге Дамянова Г.Б. [38] приведен материал по строению, проектированию и изготовлению тканей различных переплетений. Приведены конкретные примеры по строению тканей с переменной плотностью по основе и утку. Причем, рассматривается ткань с переменной плотностью по утку. Переменная плотность по утку осуществляется за счет изменения переплетения нитей утка с основой. Однако данных по формированию ткани с различной плотностью по утку при одном и том же переплетении в источнике не имеется.

В теории строения и проектирования тканей следует выделить и еще одно направление, касающееся оценки напряженности выработки ткани на ткацких станках. В качестве сравнительной оценки напряженности выработки ткани предлагаются - коэффициенты наполнения [16,146], коэффициенты предельного наполнения [18,143], коэффициент объемного наполнения [148], коэффициент строения ткани [154], обобщенный показатель напряженности образования ткани [75], коэффициент уплотненности [19,20], коэффициент связанности [21,46]. Рассматриваемые критерии оценки напряженности выработки на ткацких станках касаются только тканей ортогонального строения.

Большое внимание учеными уделяется прогнозированию строения ткани в зависимости от технологических параметров заправки ткацкого станка.

К.Г.Алексеев в своих работах [5,6] рассматривает строение тканей полотняного переплетения в зависимости от натяжения нитей основы. Он указывает, что изгиб утка в ткани осуществляется в момент прибоа уточины под действием зубьев берда и давления нитей основы. Чтобы определить высоты изгиба основы и утка в ткани автор отмечает, что между величиной взаимного давления основы и утка  $Q$  и величинами  $f_o$ ,  $f_y$ ,  $N_{mo}$ ,  $N_{my}$ ,  $E_o$ ,  $E_y$  существует линейная зависимость

$$h_o = Z \cdot Q_o \cdot f_o \cdot N_{mo} \cdot E_o ;$$

$$h_y = Z \cdot Q_y \cdot f_y \cdot N_{my} \cdot E_y,$$

где:  $Z$  – коэффициент пропорциональности.

Подставляя затем в полученные формулы значения  $f_o=100/P_y$  и  $f_y=100/P_o$  (что является ошибочным) и заменяя

$$E_o = \frac{\mu_o}{\Delta L_o \cdot \frac{\pi \cdot d_o^2}{4}}; \quad E_y = \frac{\mu_y}{\Delta L_y \cdot \frac{\pi \cdot d_y^2}{4}}$$

автор получил

$$\frac{h_o}{h_y} = \frac{P_o \cdot N_{mo}^2 \cdot \mu_o \cdot \Delta L_y}{P_y \cdot N_{my}^2 \cdot \mu_y \cdot \Delta L_o},$$

где:  $\Delta L_o$  и  $\Delta L_y$  - разрывные удлинения основы и утка.

Однако К.Г.Алексеев в работах правильно указывает, что при вычислении высоты волн изгиба основы и утка необходимо учитывать смятие нитей.

Л.Д.Ничипорчик [94] уделяет внимание изменению сил, действующих в основе и утке, на строение ткани. При проведении автором силового анализа им была получена формула

$$\frac{Q_o}{Q_y} = \frac{h_o \cdot f_y}{h_y \cdot f_o}$$

где:  $Q_o$  и  $Q_y$  – усилия, действующие вдоль основы и утка.

По результатам проведенного эксперимента автор получил уравнения высот волн изгиба нитей в ткани на участке опушки ткани — грудница

$$y = ax^2 \pm bx \pm c,$$

где:  $y$  – высота волны изгиба основы или утка;

$a, b, c$  – коэффициенты, зависящие от эластичных свойств текстильных материалов.

По утверждению автора геометрические свойства ткани изменяются по закону экспоненциальной функции

$$y = a \cdot e^{-bx}; \quad a = b / 2,$$

где:  $b$  – ширина заправки станка по берду, м.

Э.А.Оников [100] вывел формулы для определения высоты волн изгиба нитей основы и утка в ткани

$$\begin{aligned} h_o &= \frac{N}{T_o} \left( \frac{P_y}{2} - \sqrt{E_o \cdot \Theta_o / T_o} \right); \\ h_y &= \frac{N}{T_y} \left( \frac{P_o}{2} - \sqrt{E_y \cdot \Theta_y / T_y} \right) \end{aligned} \quad (1.19)$$

где  $N$  – сила нормального давления нитей основы и утка;

$T_o, T_y$  – натяжение нитей основы и утка;

$P_o, P_y$  – плотности ткани по основе и утку;

$E_o, E_y$  – модули упругости основы и утка;

$\Theta_o, \Theta_y$  – моменты инерции сечения нитей основы и утка.

Автором было учтено смятие нитей основы и утка в ткани. В работах [62] доказывается, что изгибная жесткость влияет на параметры строения ткани.

В.М.Миляшюс предложил уравнение для определения взаимосвязи технологических параметров с параметрами строения ткани [86]

$$\begin{aligned} h_o &= F_y \cdot P_o (1 + \varepsilon_o); \\ h_y &= F_o \cdot P_y (1 + \varepsilon_y) \end{aligned} \quad (1.20)$$

где:  $\varepsilon_o, \varepsilon_y$  – относительные деформации соответственно основы и утка;

$F_o, F_y$  – натяжение основы и утка;

$P_o, P_y$  – плотности ткани по основе и утку;

$h_o, h_y$  – высоты волн изгиба соответственно основы и утка в ткани.

Однако достаточно трудно точно определить относительную деформацию нитей основы и утка. Кроме этого в работе не учитывалось смятие нитей в ткани.

С.Д. Николаев [93] предложил высоту волны изгиба систем нитей в ткани определять по формулам:

для ткани на станке

$$\begin{aligned}
 h_y &= \frac{N}{2F_y} \left[ \frac{100}{P_o} - \sqrt{\frac{J_y \cdot E_y}{F_y} \operatorname{th} \left( \frac{100}{P_o} \sqrt{\frac{J_y \cdot E_y}{F_y}} \right)} \right]; \\
 h_o &= \frac{N}{2F_o} \left[ \frac{100}{P_y} - \sqrt{\frac{J_o \cdot E_o}{F_o} \operatorname{th} \left( \frac{100}{P_y} \sqrt{\frac{J_o \cdot E_o}{F_o}} \right)} \right],
 \end{aligned} \tag{1.21}$$

для ткани, снятой со станка

$$h_y = \frac{N (100 / P_o)^3}{12 E_y \cdot J_y}; h_o = \frac{N (100 / P_y)^3}{12 E_o \cdot J_o} \tag{1.22}$$

где:  $N$  – сила нормального давления нитей основы и утка;

$F_o, F_y$  – натяжение в нитях основы и утка;

$J_o, J_y$  – моменты инерции сечений нитей основы и утка;

$E_o, E_y$  – модули упругости основы и утка.

В работе С.Д. Николаева [93] доказано, что для математического описания напряженно-деформированного состояния нитей при формировании ткани кроме упругой природы текстильных нитей необходимо использовать наследственную теорию вязкоупругости, разработанную Л. Больцманом и В.Вольтером. Автор утверждает, что за время одного оборота главного вала станка в расчетах натяжения и деформации нитей основы имеются большие расхождения. В другой работе [92] он представил научные исследования по формированию комбинированных тканей с продольными полосами. Доказано, что на строение ткани влияют такие основные технологические параметры, как величина заступа, заправочное натяжение и положение скало по вертикали относительно опушки ткани. К параметрам строения ткани автор отнес уработку основных и уточных нитей, фазу строения полученной ткани и размеры поперечных сечений нитей. При выработке комбинированных тканей с небольшой плотностью по утку наблюдаются ложные остановы ткацкого станка из-за провисания нитей основы. Автор доказывает, что с уменьшением плотности ткани по утку порядок фазы строения в полосах ткани изменяется. Под руководством Николаева С.Д. выполнены работы по

прогнозированию изготовления тканей разных переплетений заданного строения [39,122,188 и др.]. В работе приводятся формулы для определения высот волн изгиба нитей основы и утка в ткани перешивочного переплетения:

$$\begin{aligned}
 h_y &= \frac{N}{2F_y} \left[ a - \sqrt{\frac{J_y \cdot E_y}{F_y}} \right]; \\
 h_o &= \frac{N}{2F_o} \left[ e - \sqrt{\frac{J_o \cdot E_o}{F_o}} \right],
 \end{aligned}
 \tag{1.23}$$

где:  $a$  и  $e$  – расстояние между соседними уточными и строевыми основными нитями.

В работе [73] приводятся зависимости параметров строения ткани ажурного переплетения от заправочных параметров ткацкого станка.

В научных работах [6,29,138,191] установлены взаимосвязи между технологическими параметрами процесса ткачества и параметрами строения ткани. В большинстве научно-исследовательских работ нити основы и утка рассматривают упругими без учета сжатия и смятия нитей в ткани. Следовательно, при нахождении взаимосвязи между технологическими параметрами и параметрами строения ткани можно использовать нелинейную теорию изгиба упругих стержней [115]. Эта теория отражена в работах [87,132].

Из исследований зарубежных ученых, посвященных строению и проектированию тканей, рассмотрению геометрии строения, следует выделить работы А. Кемпа [69], Дж. Хамильтона [97].

Согласно предложенной геометрической модели строения ткани полотняного переплетения ткани, в которой основные и уточные нити имеют круглое поперечное сечение, А.Кемпом [69] были получены следующие формулы для определения основных параметров строения ткани:

$$\begin{aligned}
 h_o + h_y &= d_o + d_y = S; \\
 a_o &= l_o / l_y - 1; a_y = l_y / l_o - 1;
 \end{aligned}
 \tag{1.24}$$

$$\begin{aligned} h_o &= (l_o - \Theta_o \cdot S) \sin \Theta_o + (1 - \cos \Theta_o) S; \\ h_y &= (l_y - \Theta_y \cdot S) \sin \Theta_y + (1 - \cos \Theta_y) S; \end{aligned} \quad (1.25)$$

$$\begin{aligned} l_o &= (l_y - \Theta_y \cdot S) \cos \Theta_y + S \cdot \sin \Theta_y; \\ l_y &= (l_o - \Theta_o \cdot S) \cos \Theta_o + S \cdot \sin \Theta_o, \end{aligned} \quad (1.26)$$

где:  $h_o, h_y$  – высоты волн изгиба основных и уточных нитей в проектируемой ткани, мм;

$a_o, a_y$  – уработки нитей основы и утка, %;

$l_o, l_y$  – геометрические плотности, мм;

$\Theta_o, \Theta_y$  – угол изгиба нити, рад..

Пирс отмечал, что если известны значения любых четырех из указанных величин, то можно вычислить главные параметры строения ткани при любых углах изгиба нитей основы и утка. Автор предлагает с учетом деформации рассматривать эллиптическую форму поперечного сечения при сохранении той же удельной плотности нитей. Работа Ф.Пирса стала объектом подробного изучения, и на её основе делаются дальнейшие разработки зарубежных ученых по расширению области применения его теории.

А.Кемп [69] указал, что если принять форму поперечного сечения нити эллиптической, как наиболее близкую к реальной, то формулы для вычисления параметров строения тканей будут громоздкими. Для облегчения вычисления параметров строения ткани Кемп предложил рассматривать форму сечения нити в виде «стадиона» и скорректировал, в связи с этим, формулы Пирса для определения геометрической плотности, предложив следующие выражения:

$$l_y' = l_y - 2(x_y - b_y) \quad ; \quad l_o' = l_o - 2(x_o - b_o) \quad (1.27)$$

где:  $x_y$  – толщина уточной нити по горизонтали, мм;

$b_y$  – толщина уточной нити по вертикали, мм.

Дж. Хамильтон [97], подробно изучив метод Пирса и Кемпа и остановившись на форме поперечного сечения нитей в ткани в виде

«стадиона», развил их теорию для тканей неплотняного переплетения. Им были предложены формулы для вычисления толщины ткани:

$$\delta_o = h_o + b_o; \quad \delta_y = h_y + b_y$$

Какая из величин будет больше, та и принимается за толщину ткани.

Степень заполнения ткани по основе и утку Хамильтон предложил определять следующим образом:

$$\xi_o' = P_o \cdot x_y / 100; \xi_y' = P_y \cdot x_o / 100; \quad \xi' = \xi_o' + \xi_y' - \xi_o' \cdot \xi_y', \quad (1.28)$$

где:  $\xi_o', \xi_y'$  - величины, показывающие какую долю в общей площади ткани составили соответствующие системы нитей;

$x_o, x_y$  - действительные горизонтальные размеры нитей.

Алпер Бейла [13] распределил теоретические исследования строения ткани на три класса:

- геометрический метод;
- аналитико-эмпирический метод;
- метод, учитывающий геометрические и механические параметры нитей основы и утка.

Все обозначения исходных величин нами принимались одинаковыми для разных авторов.

К геометрическому методу относятся работы [20,72,189]. Метод, относящийся к проектированию «совершенных тканей» (уравновешенных в своих частях по основе и утку), описывается уравнением:

$$P_{\max} = \frac{100 \cdot M \cdot R}{R + t} = \frac{100 \cdot M \cdot F}{F + 1},$$

где:  $P_{\max}$  - максимальная технологическая плотность по основе и утку на десять сантиметров;

$M$  - наибольшее число нитей, которое можно разместить на один миллиметр длины без изменения их форм и размера ( $M = 1/d$ );

$d$  - диаметр нити, мм;

$R$  - раппорт переплетения;

$t$  – число пересечений нитей одной системы нитями другой системы;

$F$  – усредненное значение перекрытия в раппорте ( $F = R/t$ ).

Ашенхерст сделал попытку аналитически выразить строение ткани в зависимости от главных параметров: раппорта переплетения, вида переплетения, диаметров нитей и числа перекрытий. Однако в представленных выражениях отсутствует смятие нитей, влияние переплетения на плотность ткани и т.д.

По методу Лейтеса [71,72] значение  $P$  определялось с учетом использования в основе и утке различных материалов

$$P_{o \max} = \frac{100 R}{R \cdot d_o + t \cdot d_y} = \frac{100 F}{F \cdot d_o + d_y};$$

$$P_{o \max} = P_{y \max} = \frac{100}{d_o + d_y};$$

$$d_o = \frac{C_o}{\sqrt{N_{mo}}}, d_y = \frac{C_y}{\sqrt{N_{my}}},$$

где:  $d_o, d_y$  – диаметры нитей основы и утка, которые определялись с учетом сырьевого состава.

Однако метод Лейтеса имеет те же недостатки, что и метод Ашенхерста.

Л.Лоу корректирует формулу Ашенхерста и с учетом влияния переплетения получает следующее выражение:

$$P_{\max} = \frac{10 \cdot M \cdot F}{F + 1} (1 + a / 100) = 10 \cdot M \cdot Z,$$

где:  $Z$  – коэффициент, зависящий от вида переплетения;

$a$  – процент увеличения плотности, вычисленной по теории пересечения диаметров.

Следует отметить, что работа Л.Лоу является комбинацией метода Ашенхерста и опытных данных.

Е.Пейнтер использовал найденные Пирсом эмпирические зависимости для определения высот волн изгиба

$$h_o \approx 13.6 \sqrt{a_o / P_y}; h_y \approx 13.6 \sqrt{a_y / P_o}, \quad (1.29)$$

где:  $P_o, P_y$  – соответственно плотности по основе и утку.

В работах De Jong S., Postle R. [43,44] показано, что плотность для подобных тканей изменяется в зависимости от значения квадратного корня из номера пряжи. Следовательно, масса ткани изменяется обратно пропорционально квадратному корню из номера пряжи, а степени заполнения  $\wedge$  будут равны между собой. Метод De Jong можно использовать в том случае, если ткань формируется из нитей одинакового сырья.

С. Брайерлей [22] подверг критике работы Ашенхерста, Лоу и других авторов. Он предложил свой метод определения максимальной плотности по основе и утку в ткани с любым видом переплетения. Так для тканей квадратного строения

$$P_{кв} = A \cdot \sqrt{N_{cp}} \cdot F^x,$$

где:  $A$  – коэффициент, зависящий от системы измерения номера пряжи;

$x$  – коэффициент, зависящий от вида переплетения;

$N_{cp}$  – средний номер пряжи,  $N_{cp} = 2N_o \cdot N_y / (N_o + N_y)$ .

Им также предложена эмпирическая формула для определения максимальной плотности по основе и утку неуравновешенных тканей. Формулы, выведенные С. Брайерлеем, имеют ограниченное применение, так как в них не учитываются особенности строения тканей и изменение размеров нитей в ткани.

В литературе известна также работа В. Olofson [109], в которой при проектировании тканей учитываются кроме напряжений, возникающих от изгиба нитей, также усилия при растяжении нитей основы и утка.

Энергетические модели строения ткани были разработаны авторами De Jong S., Postle R. в работах [43] и [44]. Однако предложенные математические модели могут быть использованы только для проектирования тканей полотняного переплетения.

Все научные исследования по строению, проектированию, а также прогнозированию параметров строения в зависимости от технологических

параметров процесса ткачества, как видно из проведенного анализа основных направлений в развитии геометрической модели, теории строения и проектирования однослойной ткани, касались в основном тканей ортогонального строения. Ткани с переменным расположением осей нитей в процессе ткачества исследователями рассматривались мало. Поэтому вопросы исследования структуры, установления взаимосвязи между технологическими параметрами процесса ткачества и параметрами строения неортогональной ткани (ткани с переменным направлением осей нитей в процессе ткачества) являются актуальными.

### **1.5. Анализ работ по методам и средствам определения параметров строения и показателей физико-механических свойств ткани.**

Плотность ткани по основе и утку является тем показателем, к которому при оценке строения тканей предъявляют нормативные требования.

Существуют несколько методов определения плотности ткани по основе и утку:

метод микроскопии, предложенный в работе [137];

фотоэлектрический метод, предложенный Пятигорцем Н.П. [119];

метод определения плотности ткани по основе и утку по ГОСТ 3812-72 [149].

Последний метод отличается простотой выполнения, требует мало времени и позволяет получить конкретные данные по плотности ткани. Поэтому в данной работе плотность ткани по основе и утку определялась по ГОСТ 3812-72 [149].

Уработка нитей различается в ткачестве и в ткани [147]. В данной работе нас интересуют лишь методы определения уработки нитей в ткани, так как именно уработка нитей характеризует параметры строения ткани.

Уработку нитей основы и утка в ткани определяют расчетными и экспериментальными методами. Расчетные методы неточны, имеют много допущений. Экспериментальные методы основаны на анализе размеров ткани и нитей, вынутых из нее. В промышленности наиболее широкое

применение получил ручной способ определения уработки нитей в ткани, а в исследованиях – инструментальный.

Ручной способ является простым, но менее точным; результаты измерения зависят от квалификации лаборанта.

Третьякова Н.Я. [156] предложила метод определения уработки основы в ткани с использованием проекционного аппарата и курвиметра. Этот метод по сравнению с микроскопическим прост, но не дает необходимой точности.

При определении уработки измерение длины нити, извлеченной из ткани, осуществляется инструментальным способом путем распрямления и растяжения нити на динамометре. Это измерение может быть произведено по методу, предложенному Соловьевым А.Н. [146], и по методу, предложенному Ониковым Э.А. [103].

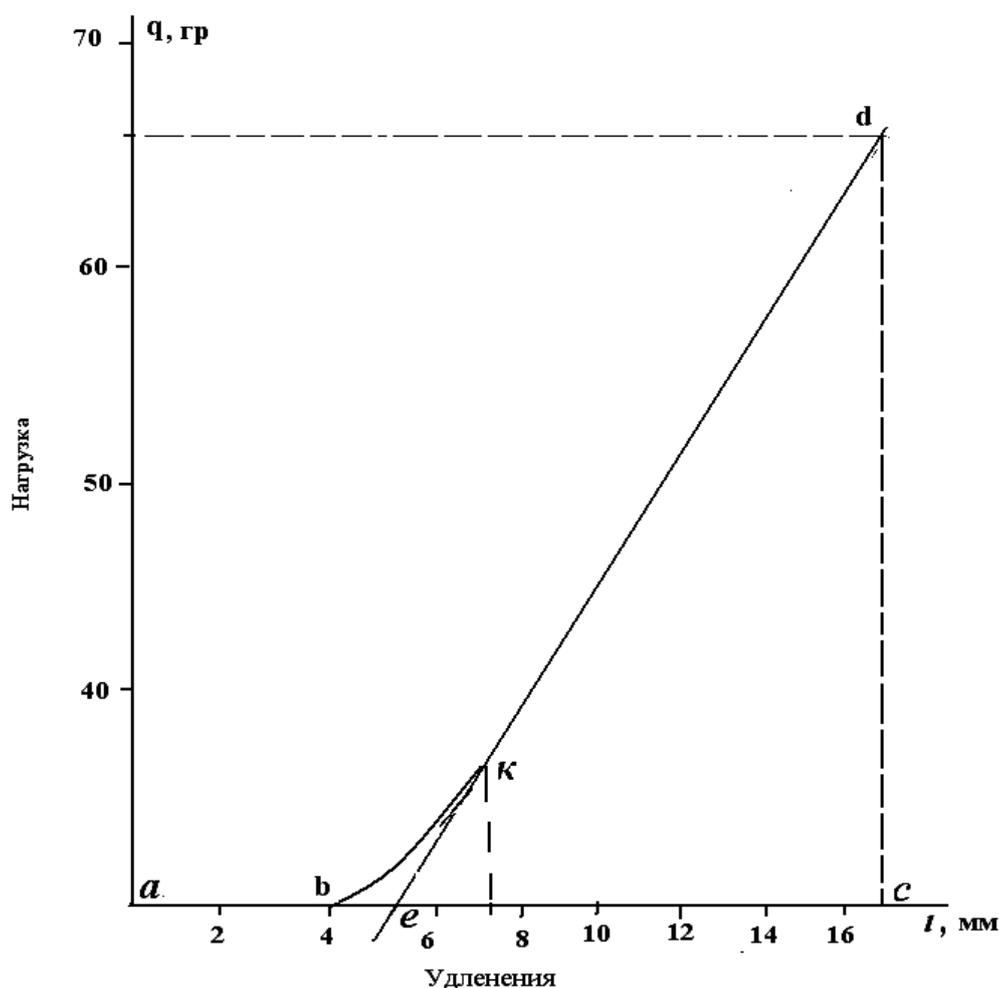
Метод определения длины нити, вынутой из ткани, предложенный Ониковым Э.А., дает более точные результаты.

В обоих методах перед началом измерения кусок ткани помещают в гидростат не менее чем на 24 часа для стабилизации. После этого на полоске ткани тонкими параллельными линиями делают отметки на расстоянии 100 или 200 мм. Вынутые из ткани нити, на которых сохраняются отметки, осторожно помещают в зажимы динамометра, установленные на таком же расстоянии друг от друга, что и метки. При обоих методах особое внимание необходимо обращать на то, чтобы не было раскручивания нити.

По первому методу расстояние между зажимами измеряют в момент начала движения верхнего зажима и останова динамометра, что фиксируется лаборантом визуально. На результат замера влияет инерционность системы динамометра; в этом и заключаются неточность и субъективность замера длины распрямленной нити. Кроме того, на получаемый результат влияет не только фактор распрямления нити, но и ее растяжение, значение которого учесть трудно.

Во втором методе при включении динамометра в работу одновременно снимается диаграмма изменения длины нити как функция изменения растягивающей силы.

В работе [103] показана копия диаграммы, полученной при таком методе (рис.1.6) Здесь  $ab$  – участок, соответствующий распрямлению нити без усилия;  $ac$  – полное приращение длины нити как от распрямления, так и от растяжения;  $ec$  – приращение длины только от растяжения нити;  $ae$  – приращение длины только от распрямления нити;  $bk$  – участок приращения длины одновременно и от распрямления, и от растяжения.



**Рис.1.6. Диаграмма распрямления и растяжения нити вынутой из ткани**

Длина нити, вынутой из ткани, будет равна сумме длины ткани  $L= 200$  мм плюс участок  $ae$ .

Второй метод в отличие от первого фиксирует увеличение длины от распрямления нити и ее растяжения и позволяет исключить влияние растяжения из подсчета длины.

Анализ результатов определения уработок различными методами показывает, что уработка нитей основы в ткани, определенная по методу Соловьева А.Н., больше той, что определена по методу, предложенному Ониковым Э.А.

Таким образом, можно считать, что для определения уработки нитей основы и утка в ткани наиболее точен метод, предложенный Ониковым Э.А. [103]. Поэтому нами для определения уработки нитей основы и утка в ткани был применен этот метод растяжения на динамометре марки Zt-10, с записью диаграммы, которая приведена на рис. 1.5

Фаза строения ткани определяется аналитическим и экспериментальными методами. Без экспериментального исследования только аналитическим методом определение фазы строения ткани затруднительно. Поэтому точную оценку строения ткани можно дать на основании экспериментального исследования.

В настоящее время для определения фазы строения тканей применяют несколько экспериментальных методов исследования. К ним следует отнести методы текстилеграфии, микросрезов и продольно-поперечных разрезов ткани и др. [2]. При использовании метода текстилеграфии образец ткани предварительно заполняют твердыми частицами посредством фильтрации с целью устранения смещения элементов ткани, после чего образец пропитывают вяжущим веществом (смола, бальзам), придающим структуре монолитные свойства. После затвердевания пропитки, блок с образцом ткани как твердое тело шлифуют в плоскости, перпендикулярной или параллельной поверхности ткани. Шлиф готовят в виде тонких срезов или полированных поверхностей с последующим микроскопическим анализом соответственно в проходящем или отраженном свете. При использовании этого метода может

искажаться структура образца при пропитке, требуется много времени на приготовление шлиховых сечений, срез в ходе испытания разрушается [3].

Методы микросрезов и продольно-поперечных разрезов предусматривают заливку образца ткани и центральный срез по его диаметру. После пропитки образца ткани по методу микросрезов центральный срез производится с помощью специальных режущих устройств, а по методу продольно-поперечных разрезов - вручную с помощью линейки и лезвия [4].

В настоящее время при приготовлении разреза ткани применяют следующие пропитки: желатиновый гуммиарабик, вишневый клей, раствор целлоидина в смеси спирта и эфира, раствор 1,5 г целлоидина в 10 м<sup>3</sup> амилацетата, а также клеи БФ-2 и БФ-6.

Известные методы пропитки имеют ряд недостатков. При пропитке водными составами (желатиновый гуммиарабик, вишневый клей) происходит набухание пряжи, вследствие чего существенно изменяется первоначальное строение ткани. Раствор целлоидина в смеси со спиртом и эфиром также дает значительную усадку ткани при пропитке. Раствор 1,5 г целлоидина в 10 м<sup>3</sup> амилацетата вызывает усадку ткани при пропитке до 2-6%, кроме того, он не годится для ацетатных тканей.

Более распространенным является метод продольно-поперечных разрезов, при котором для пропитки тканей используют клеи БФ-2 и БФ-6. Несмотря на некоторое преимущество последнего метода, не исключена возможность деформации образца и искажения структуры в процессе пропитки клеем БФ-2 и БФ-6 при разрезании ткани, а также усадки его при высыхании. Деформация визуально заметна на образце. После высушивания пропитанный образец принимает корытообразную форму. Кроме того, следует отметить большую трудность приготовления центрального среза с микротомом и без него. Качественные микросрезы тканей могут проводиться только специалистами, имеющими большой опыт работы с микротомом. Если учесть, что уточина лежит в ткани не прямолинейно, то искажения

будут еще больше. Был проведен поиск экспериментального метода определения фазы строения, лишенного указанных недостатков.

Опорная поверхность ткани определяется различными методами.

В работе [107] описан метод определения опорной поверхности тканей с помощью прибора ПМ-4, разработанного в ЦНИИШерсти. Он предусматривает оценку величины поглощения света в местах фактического контакта ткани со стеклянным кубом. Опорная поверхность видна в виде темных линий на зеркальном фоне в отраженном свете.

Однако в опорной поверхности, найденной с помощью этого прибора, невозможно определить площадь, занятую вершинами уточных перекрытий, и долю основных перекрытий; поэтому нельзя определить, какая система нитей в большей степени выступает на опорной поверхности.

Фотографический метод определения опорной поверхности тканей, предложенный Новодержкиным П.И. [96], предусматривает пропитывание тканей проявляющим раствором или нанесение проявляющей пасты «Момент» на ткань и прижим ткани с усилием 2-2,5 кПа к предварительно засвеченной фотобумаге или фотопластинке.

По этому методу можно определить опорную поверхность ткани, однако применение водных щелочей и проявляющих эмульсий вызывает набухание нитей в ткани и увеличение площади контакта их с пластиной. К увеличению реальной опорной поверхности ткани приводит и нанесение на ткань проявляющей пасты «Момент».

Известен метод определения опорной поверхности, предложенный Васильевым Ф.В. [23]. Ткань помещается между двумя плоскими предметами, причем один из плоских предметов прижимается к ткани и перемещается по ней стороной, которая покрыта копировальной бумагой. В результате копировальная бумага, перемещаясь по ткани, окрашивает опорную поверхность. Однако окрашивание точек ткани, вступающих в контакт с копировальной бумагой, слабое и нечеткое, а значительным оно становится

лишь при сильном нажатии копировальной бумаги на ткань. Но при сильном нажатии существенно изменяется сама опорная поверхность ткани.

Кроме того, волокна, выступающие на поверхности ткани, при перемещении копировальной бумаги скатываются, начинают еще больше выступать на ее поверхности и тем самым нарушают контакт копировальной бумаги с опорной поверхностью ткани.

Хотя все перечисленные методы все же позволяют определить опорную поверхность, главный их недостаток заключается в том, что невозможно установить, какую долю опорной поверхности ткани составляют уточные нити, а какую основные. Поэтому необходимо было разработать метод определения четких контуров опорной поверхности тканей с долей, создаваемой перекрытиями основных и уточных нитей.

Стойкость ткани к истиранию, которая характеризует их способность противостоять истирающим воздействиям, является важной характеристикой их качества. Поэтому не случайно создано большое количество приборов для оценки этой характеристики.

Для определения стойкости к истиранию хлопчатобумажных тканей используются приборы ДИТ-М, ИТ-3М, ТИ-1М, ТОТ-2 и др. В качестве истирающего материала (абразива) на приборах применяются серошинельное сукно арт.6405, полиамидные (капроновые) щетки и наждачные бумаги, так как именно они обеспечивают примерно такой же характер разрушения материала, как в носке.

В ЦНИХБИ в лаборатории материаловедения был приведен экспериментальный анализ стойкости ткани к истиранию на приборах ТИ-1М и ТОТ-2 [108]. Авторы отмечают, что величины дисперсии воспроизводимости средних результатов эксперимента на приборе ТИ-1М существенно больше, чем на приборе ТОТ-2. Поэтому для определения стойкости к истиранию нами был использован прибор ТОТ-2.

Прочность ткани при разрыве и разрывное удлинение определяли по ГОСТ 3812-72 [149].

Усадка ткани по основе ( $Y_o$ ) и утку ( $Y_y$ ) после стирки определялись по ГОСТ 87-10-84 [149].

$$Y_o = 100 (200 - L_o) / 200 = 100 - 0,5 L_o;$$

$$Y_y = 100 (200 - L_y) / 200 = 100 - 0,5 L_y;$$

где  $L_o, L_y$  – расстояние между метками по основе и утку, мм.

## 1.6. Постановка цели и задач

Анализ литературы позволил определить цель работы: найти пути воздействия на строение ткани с целью увеличения ее опорной поверхности и, следовательно, стойкости к истиранию путем изменения натяжения уточной нити перед закрытием зева и натяжения нитей основы.

Для достижения этой цели необходимо было решить следующие задачи:

1. Определить натяжение уточной нити на различных этапах ее прокидки расчетным путем.
2. Разработать методику проведения экспериментальных исследований для подтверждения выдвинутой рабочей гипотезы.
3. Провести оценку и анализ экспериментальных исследований.
4. Усовершенствовать экспериментальные методы определения высоты волн изгиба нитей в ткани.
5. Разработать рекомендации для выработки ткани с равноопорной поверхностью.

## Выводы по главе 1

Анализ работ по изучению строения и стойкости тканей к истиранию позволяет сделать следующие выводы:

1. Строение ткани, существенно влияющее на ее потребительские свойства, определяется двумя группами параметров. Во – первых, это исходные независимые параметры ткани, такие как переплетение, линейная плотность нитей, их плотность в ткани. Во –вторых, это производные

параметры, зависящие от исходных, такие как характеристики высот волн изгиба основы и утка, толщина ткани, опорная поверхность и др.

2. В научно-технической литературе имеется большое количество исследований зависимости потребительских свойств тканей от параметров их строения, однако вопросы зависимости опорной поверхности ткани от параметров её строения и параметров заправки изучены недостаточно несмотря на то, что зависимость стойкости к истиранию от величины опорной поверхности ткани зафиксирована многими исследователями.

3. Недостаточная изученность зависимости износостойкости ткани от её опорной поверхности объясняется недостатками методов определения опорной поверхности. Главный из этих недостатков заключается в том, что невозможно установить, какую долю опорной поверхности ткани составляют уточные нити и какие основные, и тем самым дать рекомендации по улучшению опорной поверхности.

4. Для определения стойкости ткани к истиранию необходимо использовать прибор ГОТ-2, обеспечивающий минимальную дисперсию воспроизводимости результатов.

5. На строение суровой ткани существенное влияние оказывает натяжение уточной нити, вкладываемой в основу, или её дозировка, а также натяжения нитей основы.

Последний вывод был принят за основу рабочей гипотезы, по которой на строение ткани для получения заданной опорной поверхности и высоты изгиба нитей основы и утка предполагалось воздействовать путем изменения натяжения уточной и основных нитей перед закрытием зева.

## ГЛАВА II. АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДВИЖЕНИЯ ПРОКЛАДЧИКА УТКА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАТЯЖЕНИЯ УТОЧНОЙ НИТИ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ ЕЕ ПРОКИДКИ

В этой главе определяется влияние действующей силы на элементы ткани в процессе ткачества. Определяется траектория скорости и ускорения утка, которая в дальнейшем используется для определения износостойкости ткани и оптимизации их параметров.

### 2.1. Аналитический расчет движения прокладчика утка

На ткацком станке типа СТБ нити утка вводятся в зев маленькими металлическими пластинами – называемыми прокладчиками утка. Боевой механизм сообщает прокладчику с точки А (рис.2.1) максимальную скорость, и при свободном полете через зев прокладчик доводит нить до противоположной стороны станка в точку В. После прокладывания уточной нити движение прокладчика затормаживается и пустые прокладчики из коробки уловителя выталкиваются на транспортер в точку С, который в свою очередь доставляет прокладчики последовательно на противоположную сторону в точку D. Механизм подъема забирает с транспортера (точка D) доставленный прокладчик и поднимает его в приемник уточно-боевой коробки в точку А.



### Рис.2.1 Движения прокладчика утка

Рассмотрим движение прокладчика утка на участке  $AB$ . Этот участок разделим на 2 участка  $AA_1$  и  $A_1B$ . В точке  $A$  прокладчика утка имеет нулевую начальную скорость, т.е.  $V_0 = 0$ . В этой точке на прокладчик утка действует ударная сила  $F$ , действующая за бесконечно малый промежуток времени  $t$ , которая за это время будет иметь конечный импульс  $S$  (рис.2.1). На участке  $AA_1$  импульс конечных сил (не имеющих конечного импульса) можно не учитывать, то применяя теорему об изменении количества движения точки при ударе [Бать М.И.]:

$$mV_1 - mV_0 = S \quad (2.1)$$

$$S = \int_0^t F(v) dv$$

Так как в точке  $A$  материальная точка имеет нулевую скорость:

$$V_0 = 0,$$

то из (2.1) получим скорость, которую приобретает прокладчик утка в конце участка  $AA_1$ :

$$V_1 = \frac{1}{m} \cdot S$$

Для оценки износостойкости тканей необходимо оценить силы, действующие на нити в процессе ткачества. Поэтому полученные результаты расчетов в дальнейшем используются для определения факторов, повышающих износостойкость тканей и оптимизацию их параметров.

Зная массу прокладчика утка,  $m$ , и импульс ударной силы, можно определить скорость прокладчика утка в начале участка  $A_1B$ , т.е. в точке  $A_1$ .

На участке  $A_1B$  прокладчик утка, под действием полученного импульса  $S$  и силы упругости  $\vec{F}$  движется по прямой  $A_1$ , захватывая конец нити (рис.2.2)

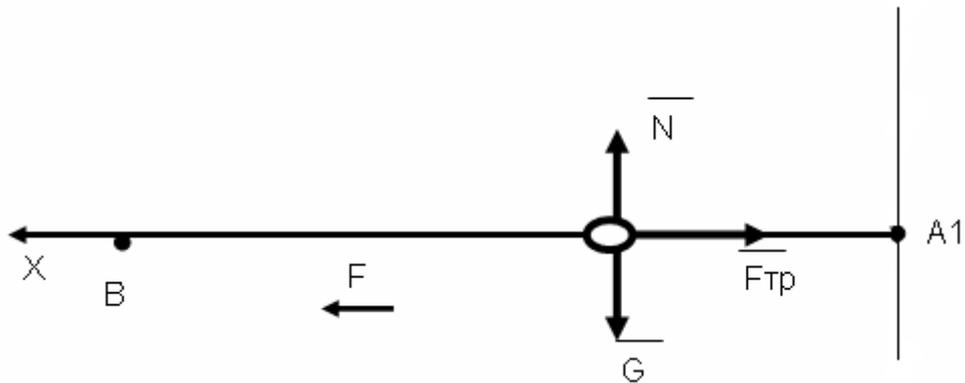


Рис.2.2 Движение прокладчика утка на участке  $A_1B$ .

На участке  $A_1B$  на прокладчик утка будут действовать силы:  $\vec{G}$  – сила тяжести,  $N$ - нормальная сила реакции,  $F_{тр}$  – сила трения скольжения.

Согласно [а] уравнение движения нити на участке  $A_1B$  можно представить в виде

$$m \ddot{x} = \sum F_{kx}$$

Предположим, что возникшие силы трения при движении утка сравнительно малы. Проекция от  $\vec{F}$  и  $\vec{S}$  на ось  $x$  равны  $F_x = -cx$ , где  $c$  – коэффициент упругости;  $S_x = H$  при  $0 < t < T$ .

Запишем дифференциальное уравнение вынужденных колебаний в проекции на ось  $x$  в течение промежутка  $0 < t < T$ .

$$\ddot{x} + \kappa^2 x = \frac{1}{m} f(t), \quad x'' = \frac{d^2 x}{dt^2} \quad (2.2)$$

где обозначено

$$\kappa^2 = \frac{c}{m}; \quad f(t) = \begin{cases} H, & \text{при } 0 \leq t \leq T \\ 0, & \text{при } t \geq T \end{cases}$$

$H$  - заданная величина;  $C$ -коэффициент жесткости;  $m$  - масса утка.

При  $t > T$  возникающая сила отсутствует. Начальные условия движения точки  $M$  при  $t=0$ ,  $x=0$ ,  $\dot{x} = 0$ . Для интегрирования дифференциального уравнения (2.2) воспользуемся методом вариации произвольных постоянных [ ].

$$x(t) = \frac{1}{km} \int_0^t f(\tau) \sin \kappa(t - \tau) d\tau$$

Приняв во внимание  $f(t)$ , имеем

$$x(t) = \frac{1}{km} \int_0^t H \sin \kappa(t - \tau) d\tau$$

Для вычисления  $x(t)$  используем программу «Mathcad» результаты приведены на рис а). из этого рисунка видно, что для преодоления расстояния  $S=1,75$  м, потребуется время  $t=0,0001$ с, и сила импульса должна быть равной  $H=84726,57$ сН.

$$y = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad c = 6.650 \quad f = 0.15 \quad m = 0.000522 \quad k = \frac{c}{m} \quad H = 84726.57 \text{ сН}$$

$$t = 0..0.0001$$

где,  $c$ - жесткость

$f$  – коэффициент трения

$m$  – масса утка

$H$  – сила импульса

$t$  – время прокидки

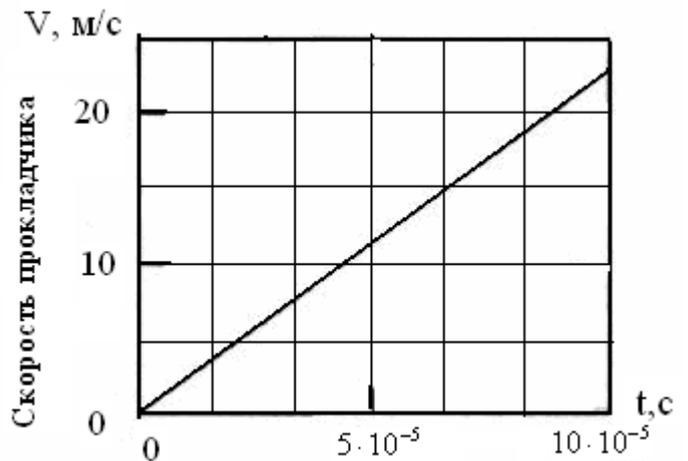
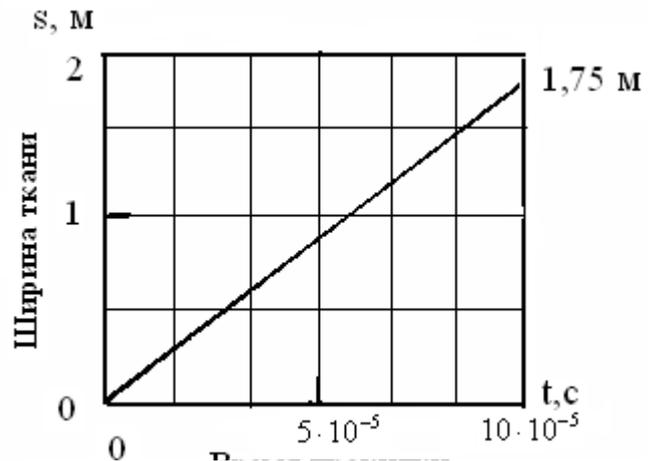
$$D(t, y) = \left[ -k^2 - 9.8 \cdot f + \left( \frac{1}{m} \right) \cdot H \right]$$

$$s = \text{rkfixed} (y, 0, 0.0001, 100, D)$$

$$y_0 = 0$$

$$D(x, y) = -k^2 - 9.8 \cdot f + \left( \frac{1}{m} \right) \cdot H$$

$$V = \text{rkfixed} (y, 0, 10, 50, D)$$



Время прокидки

Для решения использовались ниже приведённые данные:

$$v = 24 \text{ м / с} \quad k = 0.15 \quad T_0 = 10 \text{ сН} \quad \mu = 29 \text{ текс} \quad \rho = 1,2 \quad a := 0.000001 \quad \phi := 0 \quad Fk := 0.2$$

$$L(\phi) = \rho \cdot (\mu \cdot a) + \rho \cdot Fk$$

Натяжение нити утка можно определить следующим уравнением:

$$F(\phi) = v^2 \cdot \mu + (T_0 - v^2 \cdot \mu) \cdot e^{-k \cdot \phi} + \left( \frac{1}{k} \right) \cdot L(\phi) \cdot e^{-k \cdot \phi}$$

$$T(\phi) = 11.6 \text{ сН}$$

## 2.2. Определение натяжения уточной нити на различных этапах ее прокидки расчетным путём

Натяжение нити утка в процессе прокладывания ее через зев на ткацком станке типа СТБ создается натяжением при сматывании нити с бобины, натяжением, создаваемым натяжителем, и натяжением, создаваемым при прохождении по направляющим.

Натяжением нити при сматывании с бобины занимались многие исследователи.

В работе [36] приведена формула ЦКБТМ для определения натяжения нити в баллоне:

$$K_x = 2T(1 + K \sin^2 \beta H^2 / r^2) V^2 * 10^{-8}, \quad (2.19)$$

где:  $T$  – линейная плотность пряжи, текс;

$K$  – коэффициент, зависящий от условий сматывания;

$\beta$  – угол наклона витков нити к оси патрона;

$H$  – высота баллона;

$r$  – радиус початка или бобины в точке сматывания;

$V$  – линейная скорость сматывания.

Натяжение нити у вершины баллона пропорционально  $K_x$ .

Из приведенной формулы видно, что натяжение нити утка, вследствие действия баллона пропорционально квадрату скорости сматывания, линейной плотности пряжи и зависит от квадрата высоты баллона. В то же время, формулой не учитывается начальное натяжение нити при отрыве ее элементов от поковки.

Результаты расчета натяжения нити по этой формуле значительно расходятся с экспериментальными данными. Опытные данные показывают, что с увеличением скорости перематывания натяжение возрастает, но не пропорционально квадрату скорости. Кроме того, экспериментально установлено, что увеличение высоты баллона путем изменения расстояния от конца початка до нитепроводника не вызывает повышения натяжения нити, а по формуле оно зависит от квадрата высоты.

Условия сматывания пряжи с неподвижной бобины более точно отражает формула, полученная Н.П.Исаковым для расчета натяжения нити в баллоне:

$$K_x = K_o e^{f\psi} + mc^2 + (r^2 + R^2) mV^2 / 2, \quad (2.20)$$

где  $K_o$  – величина сопротивления отделению нити при сматывании с тела бобины;

$f$  – коэффициент трения при скольжении отрезка нити по поверхности початка;

$\psi$  – угол обхвата конуса бобины отрезком нити при сматывании;

$m$  – масса единицы длины нити;

$c$  – скорость отделения нити от початка;

$V$  – линейная скорость сматывания пряжи;

$r$  – радиус намотки в початке;

$R$  – радиус баллона в початке, определяемый координатой  $x$ .

Наибольшее натяжение нити в вершине баллона при условии  $R=0$  определяется формулой:

$$P_o = K_o e^{f\psi} + mc^2 + mV^2 r^2 / 2, \quad (2.21)$$

Для нахождения натяжения нити в вершине баллона можно воспользоваться и другой формулой Н.П.Исакова:

$$P_{\sigma} = mV^2 r_{max}^2 / [2 (1 - \cos \alpha)], \quad (2.22)$$

где  $m$  – масса единицы длины нити;

$V$  – угловая скорость сматывания нити с паковки;

$r_{max}$  – наибольший радиус баллона;

$\alpha_0$  – угол наклона нити к оси вращения в вершине баллона.

Формула (2.22) более удобна, так как здесь не учитывается силовая характеристика, связанная с отделением элемента нити от тела паковки, определить которую можно только экспериментально и с большими трудностями.

Угловую скорость в формуле (2.22) находят из соотношения, полученного А.П.Минаковым, которая устанавливает зависимость между осевой скоростью сматывания нити с неподвижной паковки и угловой скоростью перемещения точки схода нити с поверхности тела намотки:

$$V = u \sin \beta / [r (1 \pm \cos \alpha \cos \beta)], \quad (2.23)$$

где:  $u$  – скорость сматывания нити;

$r$  – радиус паковки в точке схода с нее нити;

$\beta$  – угол элемента нити с меридианом;

$\alpha$  – угол касательной к меридиану с осью вращения.

Натяжные устройства в зависимости от способа создания натяжения Э.А.Оников [108] предложил подразделить на три группы. В них натяжение создается:

зажатием нити между двумя неподвижными поверхностями;

при движении нити по неподвижным криволинейным поверхностям;

торможением диска, вращаемого нитью.

Для создания и регулирования определенного натяжения нити утка на станках СТБ-180 используются пластинчатые натяжители, которые относятся к натяжным устройствам первой группы. В этих натяжителях, натяжение нити равно силе трения между нитью и деталями, зажимающими нить.

Натяжение на выходе натяжителя равно сумме начального натяжения и натяжения, создаваемого натяжителем.

Приблизительно конечное натяжение после натяжителя ( $P_k$ ) определяется следующей зависимостью:

$$P_k = P_n + 2 N f, \quad (2.24)$$

где:  $P_n$  – начальное натяжение до натяжителя;

$N$  – нормальное давление на нить;

$f$  – коэффициент трения нити о поверхность натяжителя.

Е.Д.Ефремов дает следующую формулу для определения натяжения точной нити при прохождении ее по направляющим:

$$P_k = P_n e^{f\alpha} - mV^2 (e^{f\alpha} - 1) + ma e^{f\alpha} \int_0^\alpha Q(\alpha) e^{-f\alpha} a \alpha, \quad (2.25)$$

где:  $\alpha$  – угол обхвата нитью поверхности направляющих устройств;

$m$  – масса единицы длины нити;

$V$  – скорость движения нити;

$a$  – ускорение движения нити;

$Q$  – радиус кривизны направляющей поверхности.

При постоянной скорости движения нити, когда ускорение равно нулю, эта формула принимает вид

$$P_k = P_n e^{f\alpha} - mV^2 (e^{f\alpha} - 1) \quad (2.26)$$

Э.А.Оников в работе [99], анализируя формулу (2.26), отмечает, что изменение в суммарном натяжении второго слагаемого, т.е. изменение скорости нити, не играет существенной роли по сравнению с первым. Для пряжи средних линейных плотностей второе слагаемое составляет примерно 3 % всего натяжения. Как видно, влияние его незначительно.

С уменьшением линейной плотности нити и для более низких скоростей влияние второго слагаемого становится настолько незначительным, что практически им можно пренебречь. А если пренебречь вторым слагаемым, то получим известную формулу Эйлера

$$P_k = P_n e^{f\alpha}, \quad (2.27)$$

которую используют в практических расчетах для определения приближенных результатов.

Используя вышеуказанные расчетные формулы, мы можем определить натяжение нити утка в процессе прокидки на двух этапах работы станка:

**1-й этап** – под действием боевого механизма прокладчик разгоняется до необходимой скорости и прокладывает уточную нить в зев. В начальный момент его движения нитенатяжитель полностью освобождает нить, а рычаг компенсатора занимает крайнее нижнее положение (рис. 2.6)

**2-й этап** – прокладчик утка уже переместился в положение у выходной кромки, компенсатор продолжает подниматься, тормоз зажимает уточную нить, чтобы не поступать с бобины (рис.2.7).

Ниже приведены условные обозначения, используемые в расчетных формулах и на рис. 2.6 и 2.7 (буквенные обозначения с одним и двумя штрихами относятся соответственно к 1-му и 2-му этапам):

$F_1$  – натяжение нити утка в баллоне;

$F_2$  – натяжение уточной нити на участке между уточным тормозом и первым нитепроводником;

$F_3$  – натяжение нити утка на участке между первым и вторым нитепроводниками;

$F_4$  – натяжение нити утка на участке между вторым и третьим нитепроводниками;

$F_5$  – натяжение нити в зеве в момент пролета и возврата прокладчика.

На первом этапе натяжение утка на различных участках описывается следующими уравнениями:

$F'_1$  – определяется по формуле (2.22) ;

$$F'_2 = F'_1 + 2 N f = F'_{2l} + 0 = F'_1; \quad (2.28)$$

$$F_3 = F'_2 e_1^{f\alpha} = F'_1 e_1^{f\alpha}; \quad (2.29)$$

$$F'_4 = F'_3 e_2^{f\alpha} = F'_1 e_1^{f\alpha} e_2^{f\alpha} = F'_1 e^{f(\alpha'^1 + \alpha'^2)} \quad (2.30)$$

$$F'_5 = F'_4 e^{fa_3} = F'_1 e^{f(\alpha'^1 + \alpha'^2)} e^{fa_3} = F'_1 e^{f(\alpha'^1 + \alpha'^2 + \alpha'^3)} = F'_1 e^{2f(\alpha_1^1 + \alpha_3^1)} \quad (2.31)$$

Здесь рассматривается статическое положение утка. Поэтому уровень коэффициента определяется экспериментально. При определении используется масса утка, т.е.  $f = f(m, \alpha, x, y, v)$

В качестве примера определим натяжение хлопчатобумажной уточной нити 29 текс при пролете прокладчика через зев на станке СТБ по формуле (2.31).

Имеем:  $u=20$  м/с;  $\beta=50^0$ ;  $r=0.06$  мм;  $\alpha=30^0$ ; при длине 0,45 м  $m=0.0000183$  кг;  $r_{max}=0,2$  м.

1. Определяем угловую скорость сматывания нити с паковки по уравнению (2.23)

$$W = \frac{4 \cdot 0,7660}{0,06 (1 - 0,5)} = 102,13 \text{ с}^{-2}$$

2. Находим натяжение нити в вершине баллона по формуле (2.22)

$$F_1 = \frac{0,0000183 \cdot 102,13^2 \cdot 0,2^2}{2(1 - 0,8660)} = 2,85 \text{ сН}$$

3. Определяем натяжение нити утка на участке между нитенатяжителем и первым нитепроводником по формуле (2.28)

$$F'_2 = F'_1 = 0,0285 \text{ Н} = 2,85 \text{ сН}$$

4. Рассчитываем натяжение нити утка на участке между первым и вторым нитепроводниками по формуле (2.29), где  $f = 0,2$ ;  $\alpha'_1 = 25^0 = 0.4363$  рад.  $e_1^{f\alpha} = e^{0,2 \cdot 0,4363} = 1,09$ .

5. Находим натяжение нити утка на участке между вторым и третьим нитепроводниками по формуле (2.30), где  $\alpha'_2 = \alpha'_1 = \alpha'_3 = 25^0 + 20^0 = 45^0 = 0.7854$  рад;  $\alpha'_1 + \alpha'_2 = 25^0 + 45^0 = 70^0 = 1,2217$  рад;

$$e^{f(\alpha'^1 + \alpha'^2)} = e^{0,2(70^0)} = e^{0,2 \times 1,2217} = 1,27,$$

$$F_4 = 2,85 \times 1,27 = 3,6 \text{ сН}$$

6. Находим натяжение уточной нити в зеве в момент пролета прокладчика по формуле (2.31),

где  $e^{f(\alpha'^1 + \alpha'^2 + \alpha'^3)} = e^{f(25^0 + 45^0 + 20^0)} = e^{0,2 \cdot 90^0} = e^{0,2 \cdot 1,57} = 1,37$

$$F_5 = 2,85 \times 1,37 = 3,8 \text{ cH.}$$

На втором этапе натяжение нити утка на различных участках описывается следующими уравнениями:

$F''_1$  – по формуле (2.22);

$$F''_2 = F''_1 + 2 N f, \quad (2.32)$$

$$F''_3 = F''_2 e^{f\alpha''_1} + (F''_1 + 2 N f) e^{f\alpha''_1} \quad (2.33)$$

$$F''_4 = F''_3 e^{f\alpha''_2} + [F''_1 + 2 N f] e^{f\alpha''_2} e^{f\alpha''_2} = (F''_1 + 2 N f) e^{f(\alpha''_1 + \alpha''_2)}, \quad (2.34)$$

$$F''_5 = \frac{F''_4}{e^{f\alpha''_3}} = \frac{(F''_1 + 2 N f) e^{f(\alpha''_1 + \alpha''_2)}}{e^{f\alpha''_3}} = (F''_1 + 2 N f) e^{2 f\alpha''_1}. \quad (2.35)$$

В качестве примера определим натяжение уточной нити в момент перед закрытием зева на станке СТБ-180 по формуле (2.35):

1. Определяем натяжение нити утка на участке между натяжителем и первым нитепроводником по формуле (2.32), где  $N=10 \text{ cH}$ ,

$$P''_2 = 2,85 + 2 \cdot 10 \cdot 0,2 = 6,85 \text{ cH.}$$

2. Рассчитываем натяжение нити утка на участке между первым и вторым нитепроводниками по формуле (2.33), где

$$\alpha''_1 = 75^0 = 1,309 \text{ рад}; \quad e^{f\alpha''_1} = e^{0,2 \cdot 1,309} = 1,30.$$

3. Находим натяжение нити утка на участке между вторым и третьим нитепроводниками по формуле (2.34), где

$$\alpha''_2 + \alpha''_3 + \alpha''_4 = 140^0 = 2,43 \text{ рад}; \quad e^{f\alpha''_2} = e^{0,2 \cdot 2,43} = 1,62;$$

$$P''_4 = 8,9 \cdot 1,62 = 14,5 \text{ cH.}$$

4. Определим натяжение уточной нити в зеве в момент перед закрытием зева по формуле (2.35), где

$$\alpha''_3 = 65^0 = 2,13 \text{ рад}; \quad e^{f\alpha''_2} = e^{0,2 \cdot 1,13} = 1,25;$$

$$F_5 = \frac{14,5}{1,25} = 11,6 \text{ cH}.$$

Таким образом, в статическом положении определена действующая сила, которая в дальнейшем используется для оптимизации параметров износостойкости тканей при динамическом состоянии.

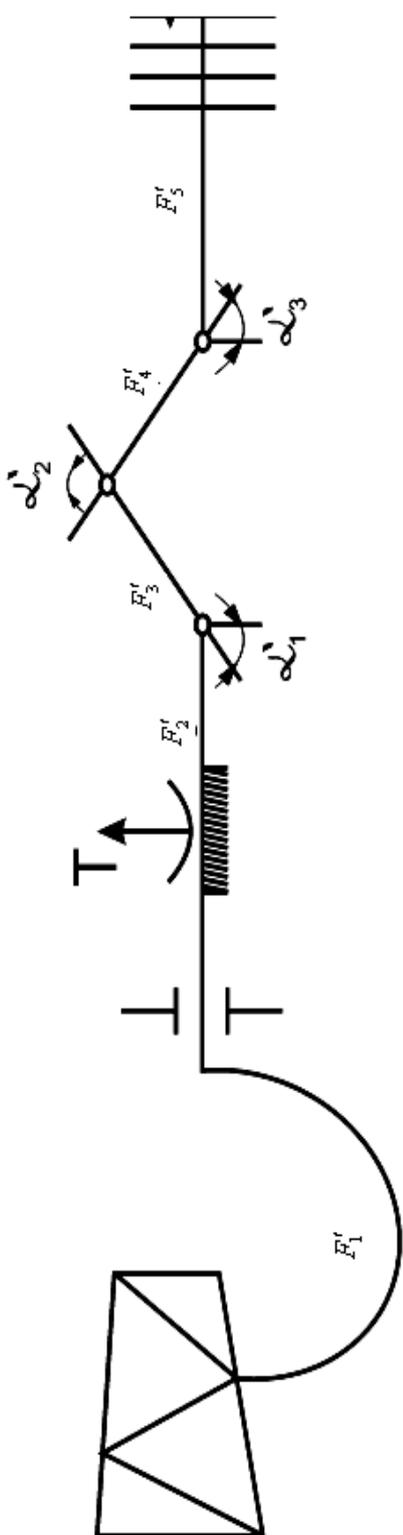


Рис.2.9. Схема для определения натяжения нити утка в процессе прокидки на 1-ом этапе работы станка СТБ

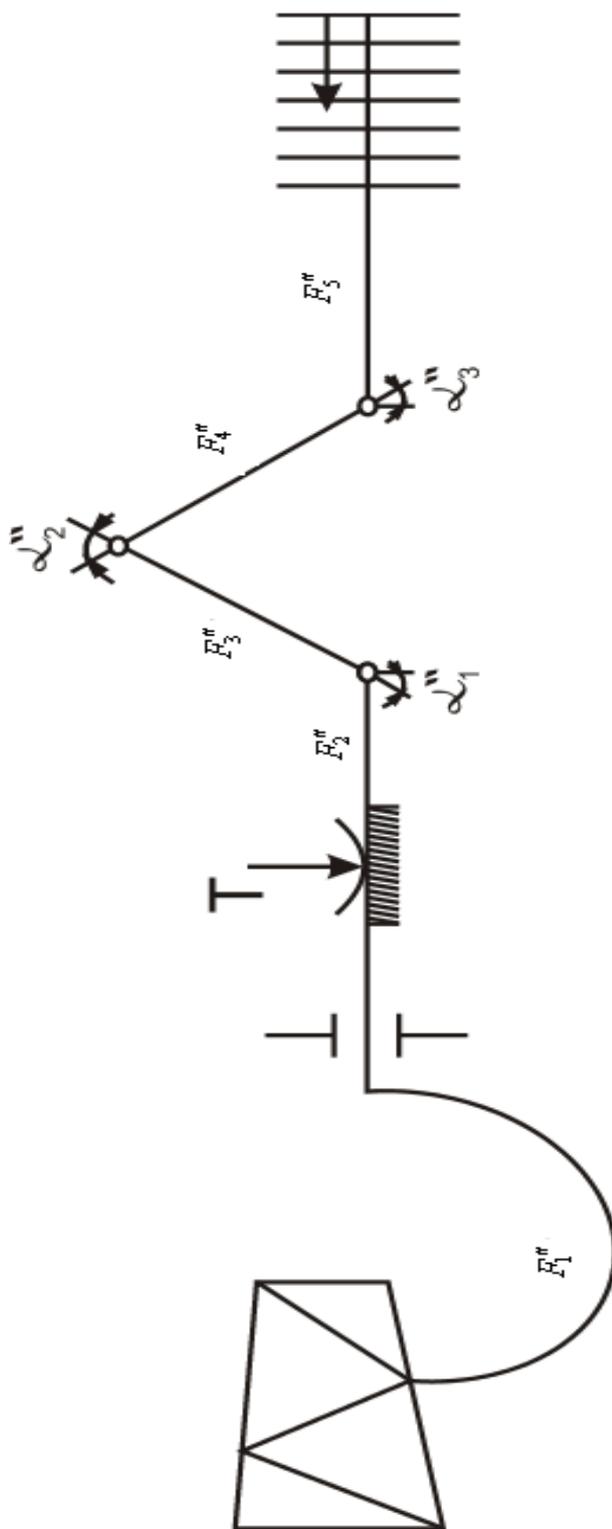


Рис.2.10. Схема для определения натяжения нити утка в процессе прокидки на 2-ом этапе работы станка СТБ

## 2.3. Теоретические основы влияния элементов на прочностные характеристики ткани

В этом разделе на основе формулы сопротивления материалов и механики сплошных сред даются оценки на прочность ткани и определяются их оптимальные параметры, которые обосновываются теоретическим путем. Рассматривается статическое равновесие тканей при различных значениях внутреннего давления. В этом разделе получаются основные теоретические формулы, которые позволяют оценить износостойкость тканей.

### 2.3.1. Равновесие нити на поверхности ткани

Рассмотрим нить, уложенную на поверхность вращения (рис.2.11). Траектория нити представляет собой кривую, направление главной нормали которой  $\bar{\nu}$  не совпадает в общем случае с нормалью поверхности  $\bar{n}$ . Кривизну линии на поверхности, как известно, можно характеризовать как кривизну ее проекции на нормальную плоскость, проходящую через касательную к линии и нормаль к поверхности  $\bar{n}$ .

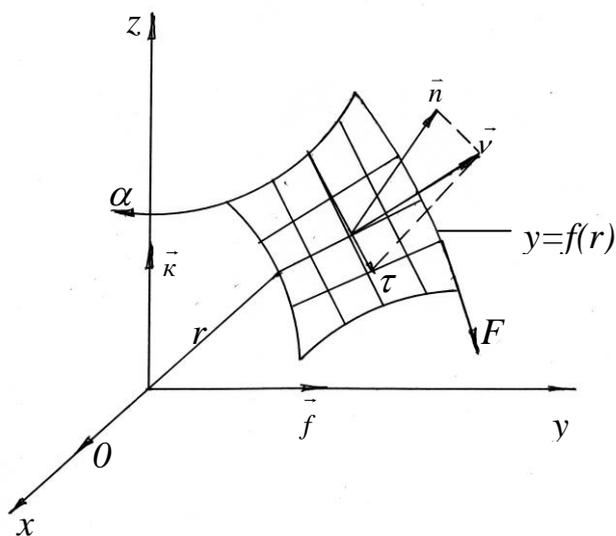


Рис.2.11. Положение нити, лежащей на поверхности ткани

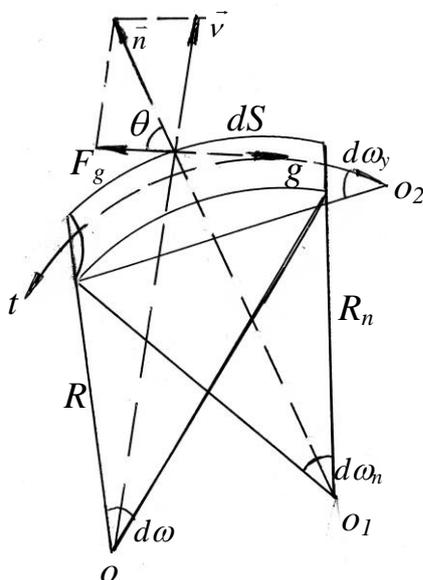


Рис.2.12. Равновесие нити, лежащей на поверхности

При этом вектор кривизны линии, направленной по главной нормали кривой  $v$ , проектируется на нормаль поверхности  $\bar{n}$  и вводится понятие нормальной кривизны [1]

$$\frac{1}{R_n} = \frac{1}{R} \cos \Theta \quad (2.36)$$

где:  $R$  – радиус кривизны линии.

Аналогично можно ввести кривизну проекции линии на касательную плоскость поверхности. При этом вектор кривизны, направленный по главной нормали, проектируется на некоторую прямую, лежащую в касательной плоскости. Из рис. 2.11 имеем.

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R} \sin \Theta \quad (2.2)$$

Величина  $\frac{1}{R_T}$  называется геодезической кривизной линии.

Рассмотрим равновесие элемента нити, лежащей на поверхности. На рисунке (рис.2.12) точкой  $O$  обозначается центр кривизны линии, точкой  $O_1$ - центр нормальной кривизны и точкой  $O_2$ - центр геодезической кривизны.

Пусть нить растянута силой  $\tau$ , которую будем называть натяжением нити, со стороны поверхности на нить действует нормальная реакция  $F_n$  и сила трения  $F_T$ , которая препятствует соскальзыванию нити и определяется законом Кулона

$$F_T = F_n \cdot \beta \quad (2.3)$$

где:  $\beta$ - коэффициент трения.

Отметим, что показанная (рис.2.9) сила трения соответствует предельному равновесному положению нити. В общем случае, угол между  $F_T$  и касательной к кривой может отличаться от прямого угла. Проектируя силы, действующие на элемент нити на касательную к траектории, получим  $d\tau/ds=0$ , т.е.  $\tau=const$ .

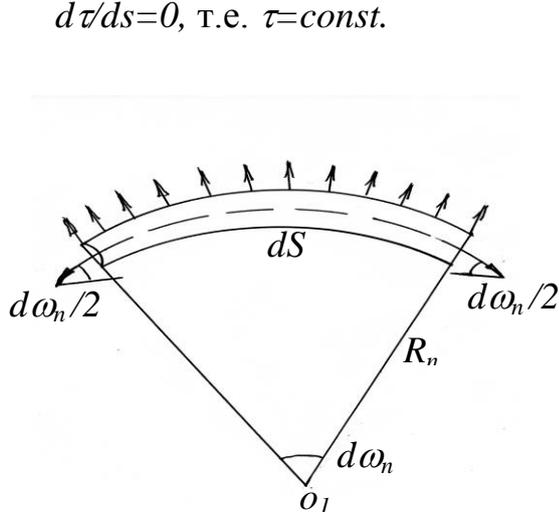


Рис.2.13 . Проекция сил, действующих на нить, на нормальную плоскость поверхности ткани

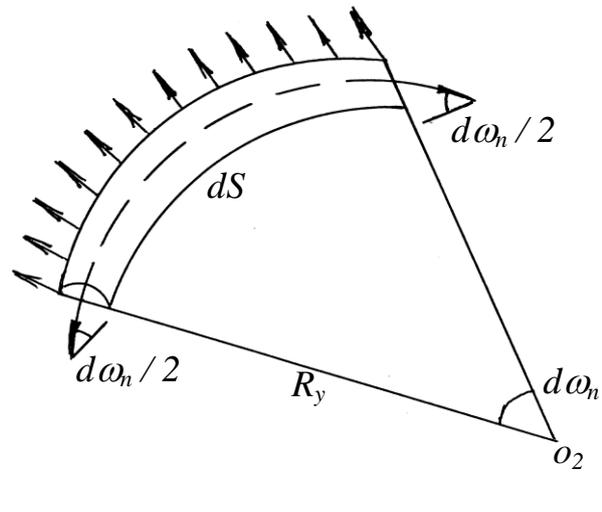


Рис.2.14 . Проекция сил, действующих на нить, на касательную плоскость поверхности ткани

Спроектируем действующие силы на нормаль поверхности  $\bar{n}$ . На основании рис.2.13 получим  $2\tau \sin(d\omega_n)/2 = F_n ds$ . Отсюда, так как  $\sin(d\omega_n)/2 \approx d\omega_n/2$ ;  $ds=R_n d\omega_n$  найдем

$$\tau/R_n = F_n \quad (2.4)$$

или, с учетом равенства (2.1)

$$\frac{\tau}{R} \cos \Theta = F_n \quad (2.5)$$

Аналогично, проектируя действующие силы на направление  $\bar{g}$ , получим (рис.2.14)

$2 \tau \sin (d\omega_T) / 2 = F_T ds$ , так как  $\sin(d\omega_T)/2 \approx d\omega_T/2$ ;  $ds=R_T d\omega_T$ , имеем

$$t / R_T = F_T \quad (2.6).$$

Отсюда, на основании равенств (2.2) и (2.3)

$$\frac{\tau}{R} \sin \Theta = \beta F_n \quad (2.7).$$

Соотношения (2.3) и (2.7) представляют собой уравнения равновесия нити на поверхности.

Из уравнений (2.6) и (2.7) можно получить условие равновесия нити на поверхности

$$\operatorname{tg} \Theta = \beta \quad (2.8).$$

Если ввести конус трения с осью, совпадающей с нормалью поверхности, и углом полуравенства  $\eta = \operatorname{arctg} \beta$ , условию (2.8) можно придать геометрическую интерпретацию. Очевидно, главная нормаль кривой должна быть образующей конуса трения. Равенство (2.8) является предельным условием равновесия. Естественно, что нить будет находиться в равновесии, если во всех точках траектории главная нормаль не выйдет за пределы конуса трения, т.е. условия, обеспечивающие равновесие нити на поверхности ткани, укладываемой с натяжением, определяется неравенством

$$\max |\operatorname{tg} \Theta| \leq \beta \quad (2.9).$$

При отсутствии трения между нитями ( $\beta = 0$ ) условие равновесия принимает вид

$$\Theta = 0,$$

т.е. главная нормаль кривой во всех точках совпадает с нормалью поверхности. Линии, обладающие этим свойством, называются геодезическими.

Таким образом, в процессе ткачества геодезические линии заведомо обеспечивают устойчивое положение нити на поверхности ткани, чем и объясняется широкое распространение геодезических схем на практике.

Ещё одно обстоятельство, существенно упрощающее технологический процесс по геодезическим линиям, связано с тем, что гибкая нить, укладываемая с натяжением на абсолютно гладкую поверхность, принимает форму геодезической линии. Условие равновесия нити (2.9) должно быть заранее обеспечено соответствующим значением коэффициента трения  $\beta$  и параметрами траектории и поверхности, определяющими угол  $\Theta$  геодезического отклонения.

Получим выражение для  $tg \Theta$ . Из равенств (2.1) и (2.2)

$$tg \Theta = R_n / R_T \quad (2.10).$$

Нормальная и геодезическая кривизна линии на поверхности определяются соответствующими соотношениями дифференциальной геометрии [2] и для поверхности вращения с образующей  $y(r)$

$$\left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \cos^2 \varphi + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_n} \quad (2.11)$$

$$\frac{d\varphi}{ds} + \sin \left( \frac{\varphi}{r} \right) \sqrt{1 + (y')^2} = \frac{1}{R_T} \quad (2.12)$$

где  $R_1, R_2$  – главные радиусы кривизны поверхности ткани, определяемые равенствами

$\varphi$  – угол между кривой и меридианом.

Подставляя кривизны (2.11) и (2.12) в формулу (2.10) и учитывая, что радиусы кривизны поверхности  $a$  элемента дуги линии, составляющей угол  $\varphi$  с меридианом

$$\sqrt{1 + (y')^2} ds = dr / \cos \varphi$$

окончательно получим

$$tg \Theta = - \frac{(r \cos \varphi d\varphi + \sin \varphi) dr (1 + (y')^2)}{(ry'' \cos^2 \varphi + y' \sin^2 \varphi (1 + (y')^2))} \quad (2.13)$$

Таким образом, условие равновесия нити (2.9) на поверхности ткани принимает вид

$$R_1 = \left( -\frac{1}{y''} \right) [1 + (y')^2]^{3/2};$$

$$R_2 = \left( -\frac{r}{y'} \right) [1 + (y')^2]^{1/2};$$

$$\sin \alpha = -\frac{y'}{[1 + (y')^2]};$$

$y=y(r)$  – которой определяет положения нити на поверхности ткани.

$$y' = \frac{dy}{dr}; \quad y'' = \frac{d^2 y}{dr^2}$$

Как уже отмечалось, для геодезических линий  $\Theta=0$ . Приравнивая нулю числитель правой части равенства (2.13), получим

$$1/r \cdot d\varphi/dr + \operatorname{tg} \varphi = 0$$

Решение этого уравнения структуры ткани,

$$r \sin \varphi = \cos t$$

определяет геодезические линии на поверхности тканей и неоднократно использовалось ранее при анализе оптимальных форм. Полученные формулы позволяют определить оптимальные формы структуры ткани с помощью направления принятой при процессе ткачества по геодезическим линиям.

Здесь мы предлагаем найти оптимальную структуру ткани, расчет подбора геодезических линий. Теперь определим усилие нитей при внутренних давлениях. Для этого используются основные законы механики деформируемого твердого тела и уравнения математической физики.

### **2.3.2. Оптимальная форма тканых полотен при внутренних давлениях**

Ткань моделируется как армирование оболочки с внутренними давлениями. Проекция главных направлений нитей в ткани приняты в форме [145]

$$\frac{N_{\beta}}{N_{\alpha}} = \frac{1 - (1 - \gamma) \cos^2 \varphi}{\gamma + (1 - \gamma) \cos^2 \varphi} \quad (\text{а})$$

где (1.14)

$$N_{\alpha} = B_{11} \varepsilon_{\alpha} + B_{12} \varepsilon_{\beta} \quad (\text{б})$$

$$N_{\beta} = B_{21} \varepsilon_{\alpha} + B_{22} \varepsilon_{\beta} \quad (\text{с})$$

$$\gamma = \left. \frac{N_{\beta}}{N_{\alpha}} \right|_{\varphi=0}$$

$B_{11}, B_{12}, B_{21}, B_{22}$  – коэффициенты, которые зависят от модуля упругости, коэффициент Пуассона и угла, которые образуют нить с плоскостью.

Подставляя в это равенство значение усилия и радиуса кривизны, в соответствии с выражениями (2.14,б,с), получим уравнение траекторий нитей, определяющих оптимальную форму ткани:

$$\frac{ry''}{y'[1 + (y')^2]} = 2 - \frac{1 - (1 - \gamma) \cos^2 \varphi}{\gamma + (1 - \gamma) \cos^2 \varphi} \quad (2.15)$$

Траектория нити, обеспечивающая равнопрочность ткани, определяется условием (2.14, а). Дифференцируя это равенство, получим

$$dr = -r \frac{\gamma - (1 - \gamma) \cos^2 \varphi}{1 - (1 - \gamma) \cos^2 \varphi} \frac{d[\cos \varphi]}{\cos \varphi} \quad (2.16)$$

С помощью соотношения (2.16) уравнение (2.15) приводится к уравнению с разделяющимися переменными:

$$\frac{d(y')}{y'[1 + (y')^2]} = 2 \frac{dr}{r} + \frac{\gamma - (1 - \gamma) \cos^2 \varphi}{1 - (1 - \gamma) \cos^2 \varphi} \frac{d \cos \varphi}{\cos \varphi}$$

и его первый интеграл

$$y' = - \frac{1}{\sqrt{c_1 \frac{[\gamma + (1 - \gamma) \cos^2 \varphi]^2}{r^4 \cos^2 \varphi} - 1}} \quad (2.17)$$

Постоянная  $c_1$  может быть найдена из условия параллельности касательной к образующей оси вращения при  $r=a$ . Полагая  $y' \rightarrow \infty$  и  $\varphi \rightarrow \varphi_a$  при  $r=a$ , найдем

$$\zeta = \frac{a^4 \cos^2 \varphi_a}{[\gamma + (1 - \gamma) \cos^2 \varphi_a]^2}$$

Таким образом, оптимальная форма образующей рассматриваемой ткани, определяется интегрированием уравнения (2.17)

$$y(r) = - \int_a^r \frac{dr}{\sqrt{\left[ \frac{\gamma + (1 - \gamma) \cos^2 \varphi}{\gamma + (1 - \gamma) \cos^2 \varphi} \quad \frac{a^2 \cos^2 \varphi_a}{r^2 \cos^2 \varphi_a} \right]^2 - 1}} \quad (2.18)$$

Для вычисления интеграла (2.18) применяем метод Ромбери.

Зависимость  $y(r)$  может быть получена численным интегрированием уравнений (2.18). Отметим, что интеграл (2.18) является несобственным и для его оценки в окрестности особой точки  $r = a$  может быть использована формула

$$y(\varepsilon) = -a \frac{\gamma - (1 - \gamma) \cos^2 \varphi_a}{1 - (1 - \gamma) \cos^2 \varphi_a} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{4(1 - \gamma)^2 \cos^2 \varphi_a}{1 - (1 - \gamma) \cos^2 \varphi_a} - \frac{4(1 - \gamma) \cos^2 \varphi_a}{k + (1 - \gamma) \cos^2 \varphi_a} - 4\gamma - 2}} \int_0^\varepsilon \frac{d\varepsilon}{\sqrt{\varepsilon}}$$

где, как уже было отмечено, траектория нити (2.19) не может быть реализована на всей поверхности ткани. Осуществляя достаточно громоздкие преобразования условий (2.15) с помощью соотношений (2.14), можно получить неравенство, определяющее допустимый угол изгиба нити в ткани  $\varphi_l$  в зависимости от угла  $\varphi_a$  при  $r=a$

$$h(\varphi_a) \leq h(\varphi_1) + \beta^2 \Delta(\varphi_1) \quad (2.20)$$

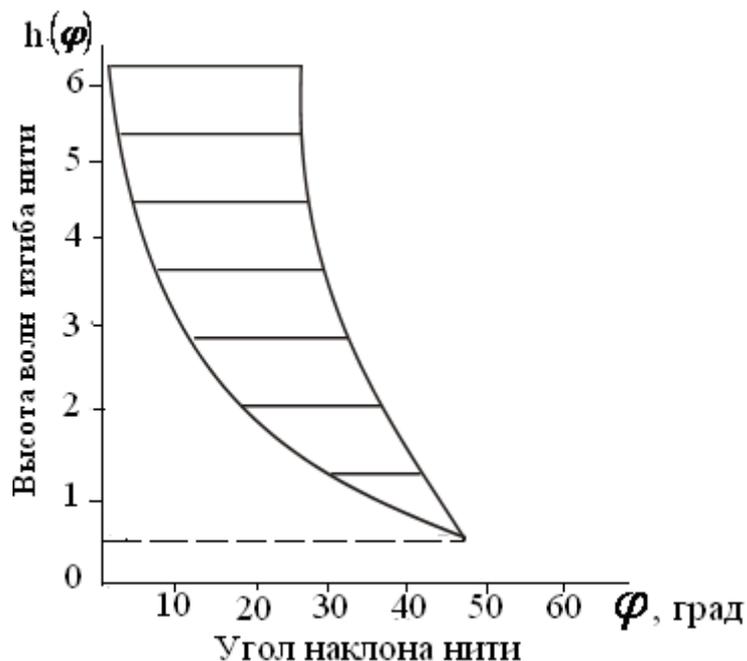
где

$$h(\varphi) = \frac{\cos^{2(1-2k)} \varphi}{[k + (1 - k) \cos^2 \varphi]^2 [1 - (1 - k) \cos^2 \varphi]^{2(1-k)}};$$

$$\Delta(\varphi_1) = \frac{\sin^2 \varphi_1 [k + 2(1 - k) \cos^4 \varphi_1] [k - (1 - k) \cos^2 \varphi_1]^2}{k^2 \cos^{2(2k-1)} \varphi_1 [k + (1 - k) \cos^2 \varphi_1]^4 [1 - (1 - k) \cos^2 \varphi_1]^{2(1-k)}}$$

Решение неравенства, определяющее диапазон возможных ткачеств в зависимости от  $\varphi_a$  при  $k=0,09$  и  $\beta=0,5$ ;  $\beta=1$  показан на рис.2.15. Задавая, например, значение угла  $\varphi_a=11^\circ$  и проведя прямые до пересечения с границами диапазона, получаем, что переплетение по закону (2.19) возможно до угла  $\varphi_1=34^\circ$ .

Заметим, что область существования (2.19) может существенно увеличением коэффициента



Заметим, траекторий быть расширена трения.

**Рис.2.15. Определение предельно возможного угла  $\varphi$  обеспечивающего равнопрочность ткани полотна.**

Таким образом, при изменении угла изгиба нити в ткани от  $\varphi_a$  до  $\varphi_* \leq \varphi_1$ , траектория нити выбирается в соответствии с равенством (2.19), ткань является равнопрочной и форма ее меридиана определяется уравнениями (2.18), (2.17). Ввиду того, что процесс непрерывности ткачества с полюсным

радиуса  $r_0$  требует выполнения равенства  $\varphi(r_0)=\pi/2$ , представляется целесообразным продолжить траекторию нити в ткани (2.19) для  $\varphi \geq \varphi_*$  по геодезической линии, т.е. принять при

$$\varphi_* \leq \varphi_1 \leq \pi / 2 \quad r \sin \varphi = r_0 \quad (2.21)$$

Тогда радиус  $r_*$  и угол  $\varphi_*$ , удовлетворяющие одновременно равенства (2.18) и (2.21), могут быть выражены через параметры  $\varphi_a$  и  $r_0$  (рис. 2.16):

$$r_* = r_0 / \sin \varphi_* \quad (2.22)$$

$$\frac{r_0}{a} = \frac{\cos^\gamma \varphi_a \left[ 1 - (1 - \gamma) \cos^2 \varphi_a \right]^{\frac{1-\gamma}{2}}}{\cos^\gamma \varphi_* \left[ 1 - (1 - \gamma) \cos^2 \varphi_* \right]^{\frac{1-\gamma}{2}}} \sin \varphi_* \quad (2.23)$$

Форма образующей ткани на участке  $r_0 \leq r \leq r_*$  определяется уравнением (1.14) и траекторией нити в ткани (2.22)

$$\frac{r y_1''}{y_1' \left[ 1 + (y_1')^2 \right]} = 2 - \frac{r^2 k + (1 - k) r_0^2}{r^2 - (1 - k) r_0^2} \quad (2.24)$$

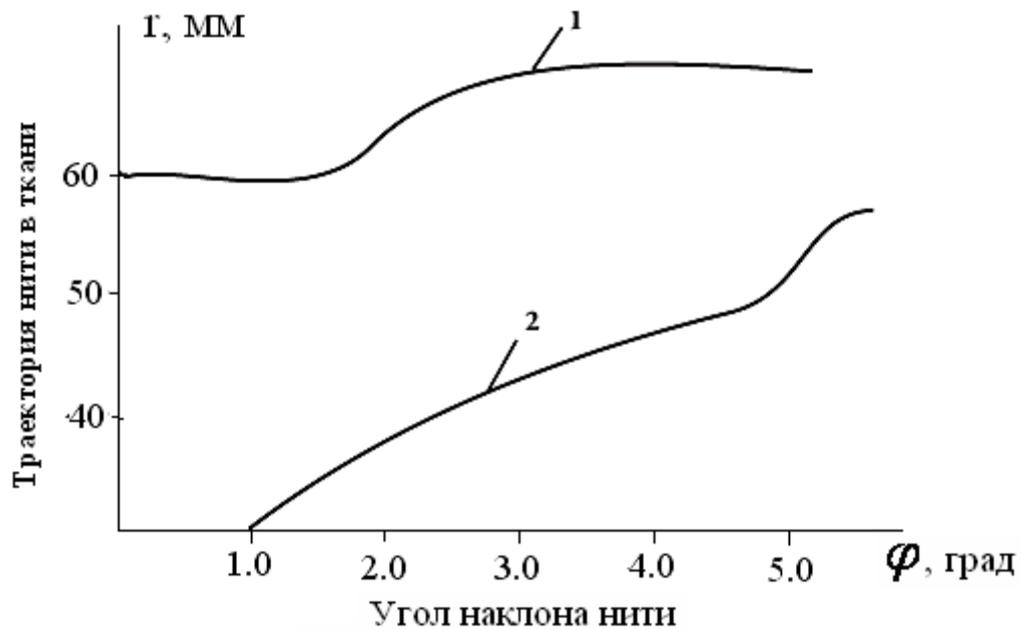


Рис.2.16. Изменение траектория нити при угла наклона нитей  $\varphi_1=29^0$ ,  $\varphi_2=17^0$ ,  $k= 0.09$

Решение уравнения (2.24) имеет вид

$$y_1(r) = - \int \frac{r^3 dr}{\sqrt{c_r \left[ r^2 - (1 - k) r_0^2 \right]^{\frac{1+k}{2}} - r^6}} + C_3 \quad (2.25)$$

Постоянные  $C_2$  и  $C_3$  могут быть найдены из условия непрерывности образующей и ее производной при  $r = r_*$ , т.е.  $y(r_*) = y_I(r_*)$ ,  $y'(r_*) = y'_I(r_*)$ .

При этом с помощью равенств (2.19), (2.25) получим

$$C_2 = \frac{r_*^6}{[r_*^2 - (1-k)r_0^2]^{1+k}} \cdot \frac{1 + [y'(r_*)]^2}{y'(r_*)}; \quad C_3 = y(r_*) \quad (2.26)$$

При  $r_0 \leq r \leq r_*$  ткани, образующиеся в форме (2.25) уже не являются равнопрочными, однако, непосредственное исследование их напряженного состояния показывает, что при изменении  $r$  от  $r_*$  до  $r_0$  напряжения в нитях и связующем уменьшаются, т.е. ткани, удовлетворяющие условию прочности при  $r_0 \leq r \leq a$  будут заведомо прочными и при  $r_0 \leq r \leq r_*$ . Расчетная толщина ткани  $k_a$  при  $r=a$  может быть найдена из условия прочности (2.20). Учитывая, что при  $r=a$  в соответствии с первым равенством (2.26) получим

$$h = \frac{pa \sqrt{F_{11} + kF_{12} + k^2 F_{22}}}{2[k + (1-k) \cos^2 \varphi_a]}.$$

Эта зависимость описывает волны изгиба в зависимости от геометрических и физико-механических параметров нити ткани, а также обобщает ранее известные формулы волны изгиба в зависимости от различных параметров системы.

Наибольшая весовая эффективность ткани реализуется при  $\varphi_a$  и  $\varphi_*$ , которые соответствуют минимальным значениям структуры ткани (высот волн изгиба нитей радиус диаметра нити). При этом величина  $r_*$  должна соответствовать неравенству  $r_* > r_{min}$ , где  $r_{min}$  определяется равенством (2.25). Объем и масса ткани вычисляются по формулам

$$V = \pi \left( \int_{r_*}^a r^2 y' dr + \int_{r_0}^{r_*} r^2 y'_I dr \right);$$

$$G = \rho n f \left[ \int_{r_*}^a \sqrt{1 + (y')^2} \frac{dr}{\cos \varphi} + \int_{r_0}^{r_*} \sqrt{1 + (y'_I)^2} \frac{dr}{\cos \varphi} \right]$$

Здесь  $\rho$  - плотность ткани;  $a$  - длина нити по оси "У"

Методика проектирования тканей с учетом несущей способности связующего при ткачестве по геодезической линии не обеспечивает равнопрочности полотна. Результаты расчета относительных объема и массы ткани для рассмотренных примеров показаны в табл.2.1. Заметим, что в последнем случае масса увеличивается за счет количества нитей.

**Таблица 2.1**

Ткань	S (длина)	v (объём)	g (масса)
1	1,22	0,42	1,26
2	1,21	0,38	1,29
3	1,20	0,32	1,31

С помощью разработанной методики можно определить натяжение нити на различных участках ткани. В следующем параграфе определяется натяжение нити в ткани при различных значениях внутреннего давления. Полученные формулы обобщают ранее известные формулы Н.П.Исакова (2.21, 2.22). Полученные нами формулы являются функцией геометрических и физико-механических параметров системы.

## **Выводы по главе 2**

1. Впервые на основе методов математической физики разработан алгоритм определения волн изгиба в зависимости от геометрических и физико-механических параметров системы.

2. Предложена обобщенная формула для определения натяжений нитей в зависимости от различных параметров системы. Установлено, что натяжения нитей, главным образом, зависят от модуля упругости нитей и их деформационных свойств.

3. На основе разработанного алгоритма построена блок – схема для вычисления волн изгиба, натяжения, деформации, скорости перемещения и других величин в зависимости от различных параметров системы. Полученные численные результаты позволяют оптимизировать параметры системы.

4. Натяжение уточной нити перед закрытием зева определяется по формуле:

$$P_5'' = \frac{P_4''}{e^{f\alpha_3''}} = \frac{(P_1'' + 2Nf) e^{f(\alpha_1'' + \alpha_2'')}}{e^{f\alpha_3''}} = (P_1'' + 2Nf) e^{2f\alpha_1''}$$

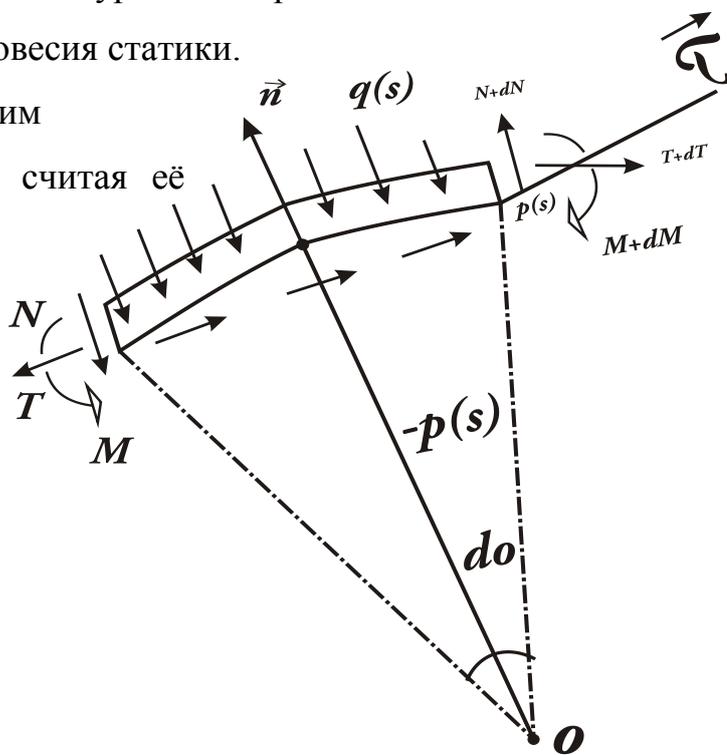
### ГЛАВА III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СТРОЕНИЯ ТКАНИ ОТ НАТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ ОСНОВЫ И УТКА

В этой главе, в отличие от предыдущих, нить рассматривается как криволинейный пространственный стержень. Здесь определяется напряженно - деформированное состояние нитей и даются оценки прочностных свойств криволинейного положения нити. В предыдущей главе нить рассматривалась как один элемент ткани. Уравнения равновесия тканых нитей получены приближённым способом. В этой главе получены точные уравнения тканых нитей как криволинейных стержней. Сравниваются прогибы, полученные по двум теориям.

#### 3.1. Постановка задачи определения натяжения нитей

Для получения уравнения равновесия системы используется известное уравнение равновесия статики.

Рассмотрим элемент нити, считая её (рис.3.1).



равновесие  
упругой

**Рис.3.1. Равновесие элемента нити и её упругость**

$$(T + dT) - T + P(s)ds + N \sin \frac{\alpha}{2} + (N + dN) \sin \frac{\alpha}{2}$$

Уравнения равновесия элемента нити, подверженной распределенным нагрузкам  $q(s)$  и  $p(s)$  имеют вид:

$$\sum F_n = 0 \quad \frac{dN}{dS} - q(s) - \frac{T}{\rho} = 0 ; \quad (3.1)$$

$$\sum F_\tau = 0 \quad \frac{dT}{dS} + \frac{N}{\rho} + P(s) = 0 ; \quad (3.2)$$

$$\sum M_o = 0 \quad \frac{1}{\rho} \frac{dM_o}{dS} + \frac{dT}{dS} + P(s) = 0 . \quad (3.3)$$

Поскольку нить считается упругой, имеет место соотношение:

$$\frac{1}{\rho(s)} = \frac{M}{EZ} \quad (3.4)$$

В общем случае будем считать, что  $Z=Z(S_1)$ , оставляет за собой возможность учета изменения поперечного сечения нити при смятии.

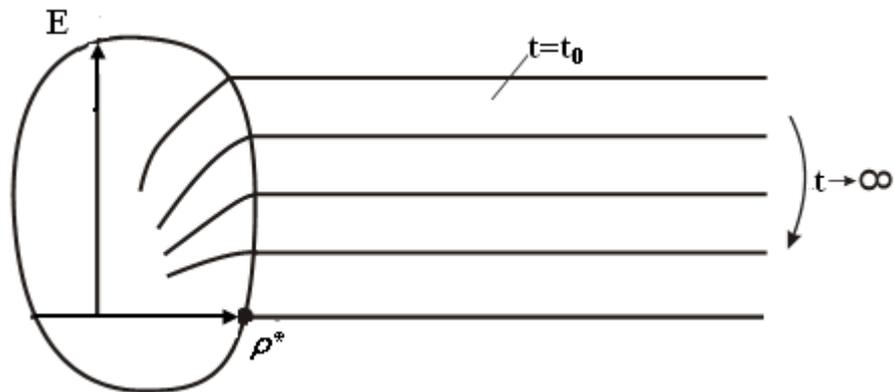
Строго говоря, соотношение  $(u)$  справедливо лишь при больших значениях радиуса кривизны  $\rho(s)$  (что равносильно малым относительным прогибам). Чтобы учесть возможность больших деформаций нити будем считать, что  $E$  является функцией \* радиуса кривизны. Учтём, также, всякого рода действия, вводя зависимость  $E$  от времени. Итак,

$$E = E(\rho, t).$$

Качественно  $E$  должно вести себя так: (рис.3.2)

Область  $\rho = \rho^*$  и само значение  $\rho^*$  должны быть найдены экспериментально. Понятно, что в общем случае  $\rho^*$  зависит от материала и формы поперечного сечения нити.

Применим систему уравнений (3.1÷3.4) к задаче о структуре элемента ткани. В дальнейшем индексом «1» отмечаются величины, относящиеся к уточной нити, индексом «2» - к основной



**Рис.3.2. Изменение радиуса кривизны в зависимости от формы поперечного сечения нити**

Элемент ткани в разрезе ( поперек основным нитям) имеет вид (рис.3.3).

Переноса усилия на нейтральную ось уточной нити, имеем:

$$\frac{dN_1}{dS_1} - q(s_1) - \frac{T_1(s_1)}{\rho_1(s_1)} = 0 \quad (3.5)$$

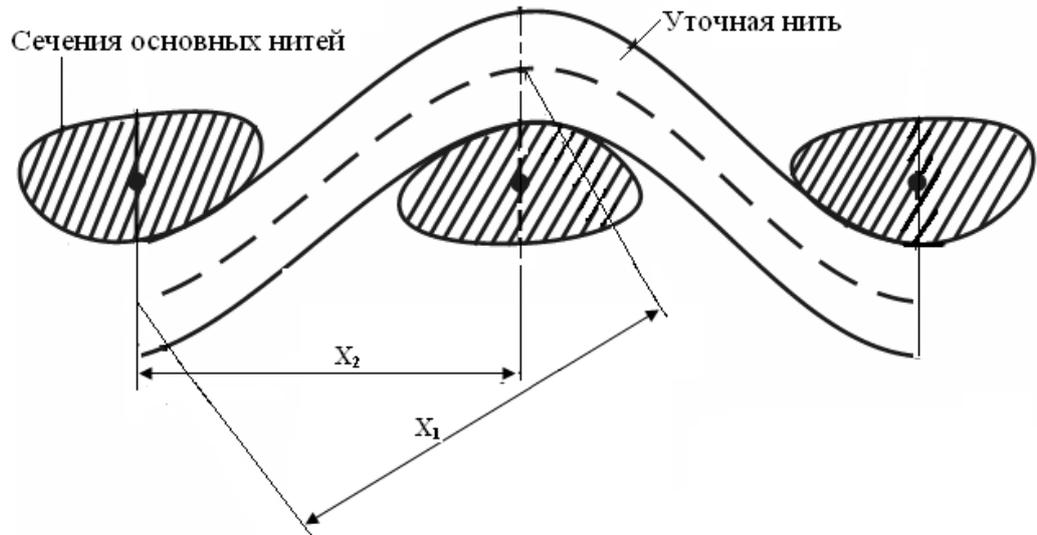


Рис.3.3. Разрез ткани вдоль уточной нити

$$\frac{dT_1}{dS_1} + \frac{N_1(s_1)}{\rho_1(s_1)} + P_1(s_1) = 0 ; \quad (3.6)$$

$$\frac{1}{\rho_1(s_1)} \frac{dM_1}{dS_1} + \frac{dT_1}{dS_1} + P_1(s_1) = 0 ; \quad (3.7)$$

$$\frac{1}{\rho_1(s_1)} = \frac{M_1(s_1)}{E_1(s_1)Z_1(s_1)} . \quad (3.8)$$

Считая распределения  $q_1(s_1)$  и  $p_1(s_1)$  заданными функциями, имеем систему дифференциальных уравнений относительно четырёх неизвестных функций:  $N_1(s_1)$ ;  $T_1(s_1)$ ;  $M_1(s_1)$  и  $\rho_1(s_1)$ . Удобно в дальнейшем иметь дело не с радиусом кривизны, а с обратной величиной

$$K_1(s_1) = \frac{1}{\rho_1(s_1)} ,$$

поскольку  $K$  в отличие от  $\rho$  нигде в  $\infty$  не обращается.

Система уравнений для основной нити имеет аналогичный вид:

$$\frac{dN_2}{dS_2} - q_2(s_2) - \frac{T_2(s_2)}{\rho_2(s_2)} = 0 \quad (3.9)$$

$$\frac{dT_2}{dS_2} + \frac{N_2(s_2)}{\rho_2(s_2)} + P_2(s_2) = 0 ; \quad (3.10)$$

$$\frac{1}{\rho_2(s_2)} \frac{dM_2}{ds_2} + \frac{dT_2}{ds_2} + P_2(s_2) = 0 ; \quad (3.11)$$

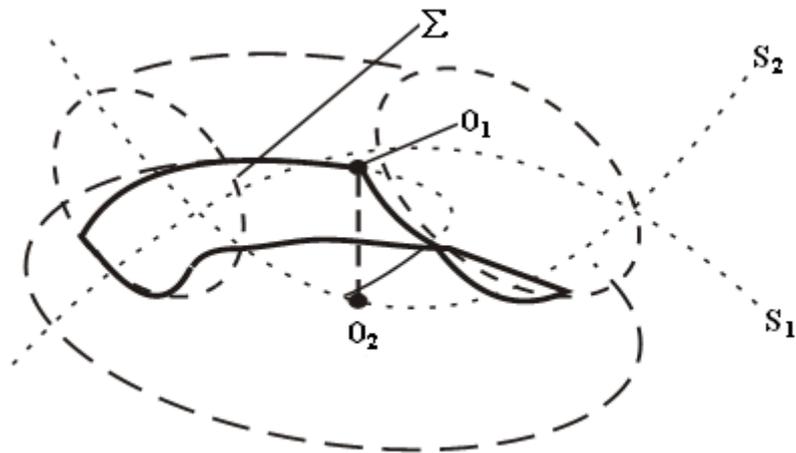
$$\frac{1}{\rho_2(s_2)} = \frac{M_2(s_2)}{E_2(s_2t) \cdot Z_2(s_2)} . \quad (3.12)$$

Система уравнений (3.5)-(3.6) содержит четыре «лишних» неизвестных функции:  $q_1$ ,  $p_1$ ,  $q_2$  и  $p_2$ .

Заметим, что при рассмотрении равновесия элемента свободной ткани, т.е. не подверженной внешним касательным условиям, функции  $p_1(s_1)$  и  $p_2(s_1)$  следует считать равными нулю.

Функции же  $p_1(s_1)$  и  $p_2(s_1)$  не являются независимыми.

Рассмотрим более детально поверхность контакта уточной и основной нитей (рис.3.4):



**Рис.3.4. Поверхность контакта основной и уточной нитей в ткани**  
**Σ - поверхность контакта основной (S1) и уточной (S2) нитей.**

Предположим, что на поверхности контакта Σ действуют только нормальные напряжения. Очевидно, что слабая точка на поверхности Σ

определяется двумя координатами  $s_1$  и  $s_2$ . Началом отсчета будем считать двойственную точку  $O_1-O_2$  ( $O_1$ -лежит на нейтральной оси уточной нити;  $O_2$ -лежит на нейтральной оси основной нити).

Пусть  $Q(S_1S_2)$  - описывает распределение контактных напряжений на поверхности  $\Sigma$ .

При составлении плоских уравнений (3.5) и (3.9) предполагалось составить уравнение,

$$q_1(s_1) - \int Q(s_1; s_2) \cos(\vec{n}_\Sigma, \vec{n}_{s_1}) ds_2, \quad (3.13)$$

где:  $\vec{n}_\Sigma = \vec{n}_\Sigma(s_1, s_2)$  - нормаль к поверхности  $\Sigma$  в точке  $\{s_1; s_2\}$ ;

$\vec{n}_{s_1}$  - нормаль к нейтральной линии уточной нити в точке  $s_1$ .

Интегрирование в (3.13) ведется по всем  $s_2$ , принадлежащим поверхности  $\Sigma$  при фиксированном значении  $s_1$ .

Аналогично для  $q_2(s_2)$  можем записать:

$$q_2(s_2) - \int Q(s_1; s_2) \cos(\vec{n}_\Sigma, \vec{n}_{s_2}) ds_1 \quad (3.14)$$

Помимо распределённых нагрузок  $q_1(s_1)$  и  $q_2(s_2)$ , направленных параллельно векторам  $\vec{n}_{s_1}$  и  $\vec{n}_{s_2}$ , контактные напряжения  $Q(S_1S_2)$  вызывают, очевидно, и боковые распределённые нагрузки, проекции которых на плоскости (рис.1) равны нулю. Мы будем считать, что действие этих боковых сжимающих нагрузок (если оно вообще заслуживает рассмотрения) сказывается на форме изгибаемых нитей только через изменения моментов инерции  $J_1(S_1)$  и  $J_2(S_2)$  в области  $S \in \Sigma$  и  $S_2 \in \Sigma$ , соответственно, для уточной и основной нитей.

Очевидно, что  $q_1(s_1)$  и  $q_2(s_2)$  должны достигать значений в точках  $s_1=0$  и  $s_2=0$ .

Из соотношении (3.13) и (3.14) имеем, следовательно:

$$\int \frac{dQ(s_1 s_2)}{ds_1} \Big|_{s_1=0} \cdot \cos(\vec{n}_\Sigma, \vec{n}_{s_1}) ds_2 = 0 ; \quad (3.15)$$

$$\int \frac{dQ(s_1 s_2)}{ds_2} \Big|_{s_2=0} \cdot \cos(\vec{n}_\Sigma, \vec{n}_{s_2}) ds_1 = 0 . \quad (3.16)$$

При всех вариантах геометрии элемента реальных тканей схема, приведённая на рис.3.4, остаётся справедливой. Иными словами, можем считать, что при всех возможных типах геометрии поверхности контакта  $\Sigma$  становится справедливым, утверждение, что  $q_1(s_1)$  и  $q_2(s_2)$  достигают экспериментальных значений в точке 0.

Произвольность геометрии  $\Sigma$  означает произвольность функций  $\cos(\vec{n}_\Sigma, \vec{n}_{s_1})$  и  $\cos(\vec{n}_\Sigma, \vec{n}_{s_2})$ . Используя это последнее замечание относительно функции  $\cos(\vec{n}_\Sigma, \vec{n}_{s_1})$  и  $\cos(\vec{n}_\Sigma, \vec{n}_{s_2})$  уравнений (3.15) и (3.16), имеем:

$$\frac{dQ(s_1 s_2)}{ds_1} \Big|_{s_1=0} = \frac{dQ(s_1 s_2)}{ds_2} \Big|_{s_2=0} . \quad (3.17)$$

На границе области  $\Sigma$  очевидны следующие уравнения:

$$Q(s_1 s_2) \Big|_{s_1; s_2 \in \Gamma\Sigma} = 0 , \quad (3.18)$$

где  $\Gamma\Sigma$ - граница области  $\Sigma$ .

Запишем разложение функции  $Q(S_1 S_2)$  в степенной ряд около точки (0,0):

$$Q(s_1 s_2) = Q_{(00)} + \frac{dQ}{ds_1} \Big|_{s_1=0} + \frac{dQ}{ds_2} \Big|_{s_2=0} + \frac{1}{2} \left\{ \frac{d^2 Q}{ds_1^2} \Big|_{s_1=0} + 2 \frac{d^2 Q}{ds_1 ds_2} \Big|_{s_1 s_2=0} + \frac{d^2 Q}{ds_2^2} \Big|_{s_2=0} \right\} + O(s^3)$$

С точностью до  $S^3 Q(S_1 S_2)$  оно может быть записано в виде

$$Q(s_1 s_2) = Q_{(00)} + \frac{1}{2} \left\{ \frac{d^2 Q}{ds_1^2} \Big|_{s_1=0} + \frac{1}{2} \frac{d^2 Q}{ds_2^2} \Big|_{s_2=0} \right\} .$$

Вводя обозначения

$$Q_{(00)} = Q_{00} ; \frac{d^2 Q}{ds_1^2} \Big|_{s_1=0} = Q_{11} ; \frac{d^2 Q}{ds_2^2} \Big|_{s_2=0} = Q_{22}$$

окончательно выражение для  $Q(S_1S_2)$  приобретает вид:

$$Q(s_1; s_2) = Q_{00} + \frac{1}{2}Q_{11}s_1^2 + \frac{1}{2}Q_{22}s_2^2 + O(s^3). \quad (3.19)$$

Сделаем некоторые предположения относительно формы поперечного сечения уточной и основной нитей.

Пусть в полярной системе координат контуры поперечного сечения уточной и основной нитей, соответственно, есть (рис.3.5).

$$r_1 = r_1(\varphi_1, s_1), \quad r_2 = r_2(\varphi_2, s_2).$$

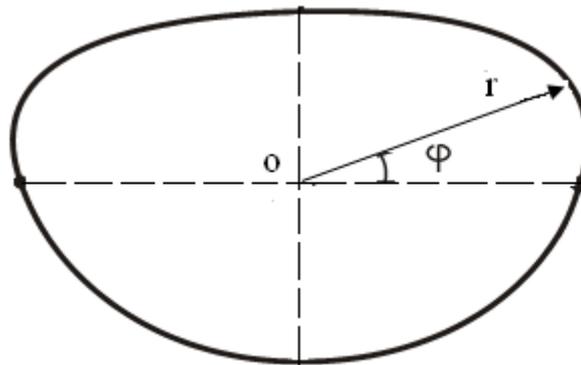


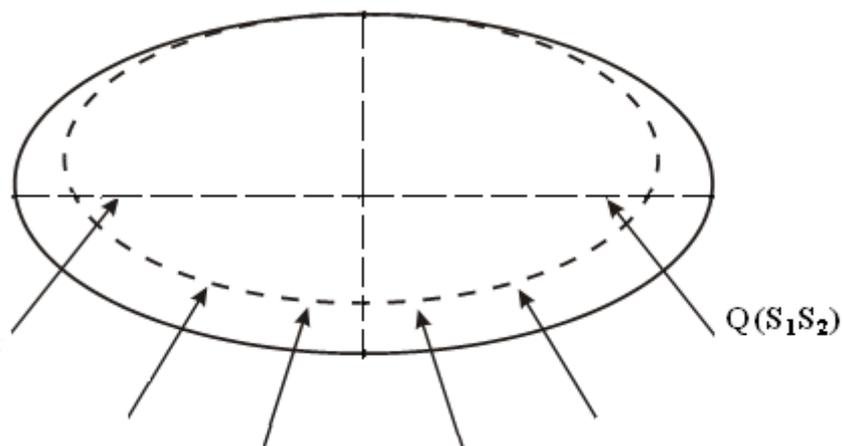
Рис.3.5. Контур поперечного сечения нити.

Очевидны следующие соотношения

$$\frac{dr_1}{ds_1} \Big|_{s_1 \in \Sigma} = 0; \quad \frac{dr_2}{ds_2} \Big|_{s_2 \in \Sigma},$$

выражающие постоянство контуров поперечного сечения вне области  $\Sigma$  контакта нитей.

Рассмотрим деформацию сечения  $r(\varphi)$  под действием распределенной нагрузки  $Q(S_1S_2)$  (рис.3.6).

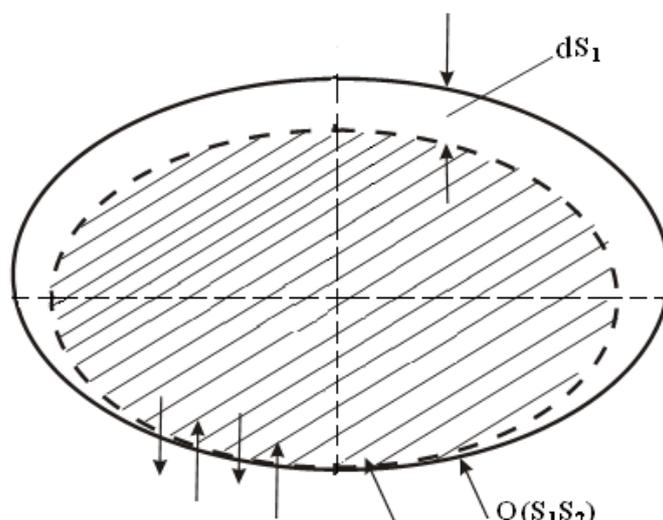


**Рис.3.6. Деформация сечения нитей  $\sqrt{(\varphi)}$  под действием распределенной нагрузки  $Q(S_1, S_2)$**

— Сплошная линия означает недеформированный контур;

----- пунктирная линия деформированный контур нити.

Мы будем считать, что деформация сечения (смятие) происходит только под действием сил  $Q(S_1, S_2)$  (рис. 3.7).



Пусть **Рис.3.7. Смятие нити под действием сил  $Q(S_1, S_2)$**  смятия в дифференциальной форме имеет вид

$$\delta E = V(Q \delta Q) \quad (3.20)$$

Понятно, что в процессе ткачества, когда к уточной нити впервые прикладывается нагрузка  $Q$ , мы должны пользоваться самой нижней кривой  $EQ$ , предполагая при этом, что нагрузка  $Q$  монотонно возрастает. При каждой смене закона производной  $\frac{dQ}{dt}$  необходимо переходить на соответствующую кривую  $EQ$ . Кажется, что при  $t \rightarrow \infty$  кривая  $EQ$  должна выразаться однозначной, хотя и не обязательно линейной функцией:

Итак, пусть

$$dE = V(Q, t) dQ$$

Удобнее иметь обратную зависимость:

$$dQ = B(E, t) dE. \quad (3.21)$$

Понятно, что функция  $B(E,t)$  зависит от конкретного вида нити, её материала и прочности свойств.

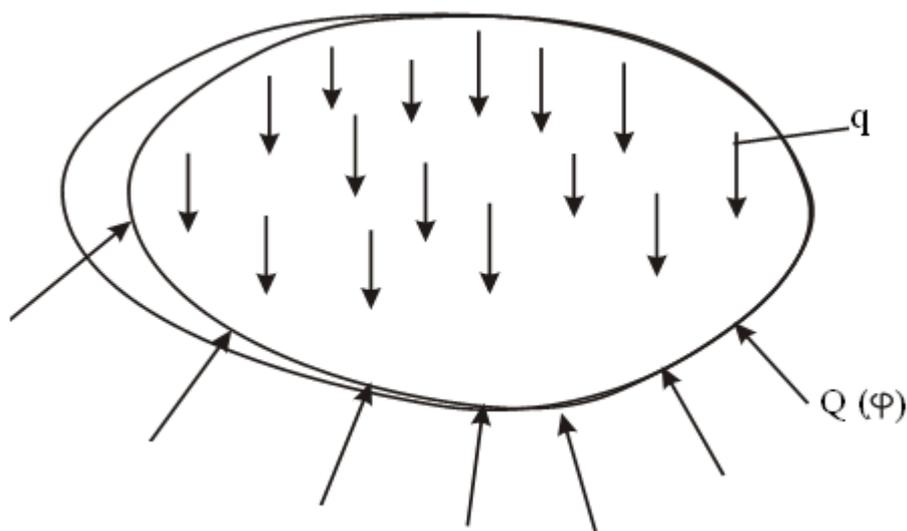
Более или менее строго (вернее строго с допущением (3.21)) задача деформации  $\Gamma$

При заданном недеформированном контуре поперечного сечения  $r(\varphi)$  и заданном нагружении  $Q(\varphi)$  найти деформированный контур  $r^*(\varphi)$  поперечного сечения, принимая в качестве аналога по закону Гука соотношение (3.21) и предполагая, что торцевые сечения нагружены для выполнения условий равновесия рассматриваемого сечения (рис.3.8):

$$q = \frac{1}{25} \int_0^{2\pi} Q(\varphi) d\varphi$$

Пусть решение – такой задачи может быть записано в виде (пока мы откладываем вопрос о действительном получении решения на дальнейшее):

$$r^*(\varphi) = \int_0^{2\pi} F[r(\psi), Q(\psi), \psi, V(Q, t)] d\psi$$



**Рис.3.8. Деформированный контур поперечного сечения нити**

Тут же уместно заметить, что сечение  $r^*(\varphi)$ , вообще говоря, уже не имеет плоскости симметрии касательной к нейтральной линии, но в качестве

нейтральной линии будем считать геометрическое место центров тяжести поперечных сечений. Выбор начала координатов в плоскости сечения и знание  $r^*(\varphi)$  уже однозначно определяют момент инерции  $J(S)$ .

Вернемся к системе уравнений (3.5÷3.12). Введем явные выражения для прогибов и смещений по оси  $x$ :

$$\frac{dN_1}{ds_1} - q(s_1, y_1, y_2) - k_1(s_1)T_1(s_1) = 0; \quad (3.5')$$

$$\frac{dT_1}{ds_1} + k_1(s_1)N_1(s_1) = 0; \quad (3.6')$$

$$k_1(s_1) \frac{dM_1}{ds_1} + \frac{dT_1}{ds_1} = 0; \quad (3.7')$$

$$k_1(s_1) = \frac{M_1(s_1)}{E_1(k_1 t) J(y_1, s_1)}; \quad (3.8')$$

$$\frac{dN_2}{ds_2} - q_2(s_2, y_2, y_1) - k_2(s_2)T_2(s_2) = 0; \quad (3.9')$$

$$\frac{dT_2}{ds_2} + k_2(s_2)N_2(s_2) = 0; \quad (3.10')$$

$$k_2(s_2) \frac{dM_2}{ds_2} + \frac{dT_2}{ds_2} = 0. \quad (3.11')$$

$$k_2(s_2) = \frac{M_2(s_2)}{E_2(k_2 t) \cdot J(y_2, s_2)}; \quad (3.12')$$

$$q_1(s_1, y_1, y_2) = \int \left[ Q_{00} + \frac{1}{2} Q_{11} s_1^2 + \frac{1}{2} Q_{22} s_2^2 \right] \cdot \cos(\vec{n}_\Sigma \vec{n}_{s_1}) ds_2; \quad (3.13')$$

$$q_2(s_2, y_2, y_1) = \int \left[ Q_{00} + \frac{1}{2} Q_{11} s_1^2 + \frac{1}{2} Q_{22} s_2^2 \right] \cdot \cos(\vec{n}_2 \vec{n}_{s_2}) ds_1; \quad (3.14')$$

$$r^*(\varphi_1, s_1, y_1, y_2) = \int_0^{2\pi} F_1[r_1(\psi), r_2(\psi), Q(s_1 s_2), U(Q, t), y_1 y_2] d\psi; \quad (3.15')$$

$$r_2^*(\varphi_2, s_2, y_2, y_1) = \int_0^{2\pi} F_2[r_1(\psi), r_2(\psi), Q(s_1 s_2), U(Q, t), y_1 y_2] d\psi, \quad (3.16')$$

где  $r_1^*$  и  $r_2^*$  - деформированные (смятые) контуры сечений уточной и основной нитей.

$r_1(\psi)$  и  $r_2(\psi)$  – недеформированные контуры сечения.

$Q(S_1S_2)$  – распределения контактных напряжений на поверхности  $\Sigma$ .

$U(Q,t)$  – функция, характеризующая нелинейный закон зависимости  $E$  от  $Q$ :

$$dE = V(Q, t) dQ$$

$y_1$  и  $y_2$  – прогибы соответственно уточной и основной нитей.

Системы уравнений (3.5)-(3.12) со связями (3.13)-(3.16) составляют уже замкнутую систему уравнений.

Запишем граничные условия:

$$N_1(S_o) = 0; \quad (3.22)$$

$$T_1(S_o) = T_1^{(o)}; \quad (3.23)$$

$$k_1 \left( \frac{\alpha_1}{2} \right) = 0; \left( \alpha_1 = \int_o^{x_2} ds_1 \right); \quad (3.24)$$

$$y_1(S_o) = 0; \quad (3.25)$$

$$y_1(S_{o'}) = 0; \quad (3.26)$$

$$M_1(S_o) = k_1(o) \cdot E_1(o, t) y_1(o); \quad (3.27)$$

$$N_2(S_o) = 0; \quad (3.28)$$

$$T_2(S_o) = T_2^{(o)}; \quad (3.29)$$

$$k_2 \left( \frac{\alpha_2}{2} \right) = 0; \quad (3.30)$$

$$y_2(S_o) = 0; \quad (3.31)$$

$$y_2^1(S_o) = 0; \quad (3.32)$$

$$M_2(S_o) = k_2(o) \cdot E(o_1, t) J_2(o). \quad (3.33)$$

Для решения полученной системы уравнений с граничными условиями (3.22-3.33) используем программный комплекс «Mathcad». При этом приняты

следующие числовые значения входящим параметров:  $E =$  ;  $Y_1 =$  ;  $K_1 =$  ;  $K_2 =$  ;  $Y_1 =$  ; ... кроме того в качестве распределенной нагрузки  $q_1(S)$ ,  $q_2(S)$  использована функции

$$q_1(S) = a_1 \sin s; \quad q_2(S) = a_2 \sin s.$$

Полученные результаты приведены на рис 3.9. и 3.10, где сплошные линии характеризует перерезывающий сил соответственно по направлениям  $S_1$  и  $S_2$ . Пунктирные линии характеризует натяжении  $T_1$  и  $T_2$  по этим же направлениям. Изменения изгибающий моментов показаны точечными линиями.

$$y := \begin{pmatrix} 0 \\ 10 \\ 3 \end{pmatrix} \quad D(t, y) := \begin{pmatrix} k_1 \cdot y_2 + 0.12 \sin(10 \cdot 1 \cdot t) \\ -kl \cdot y_1 \\ kl \cdot y_1 \end{pmatrix}$$

$$z := \text{rkfixed}(y, 0, 10, 400, D) \quad n := 0..400$$

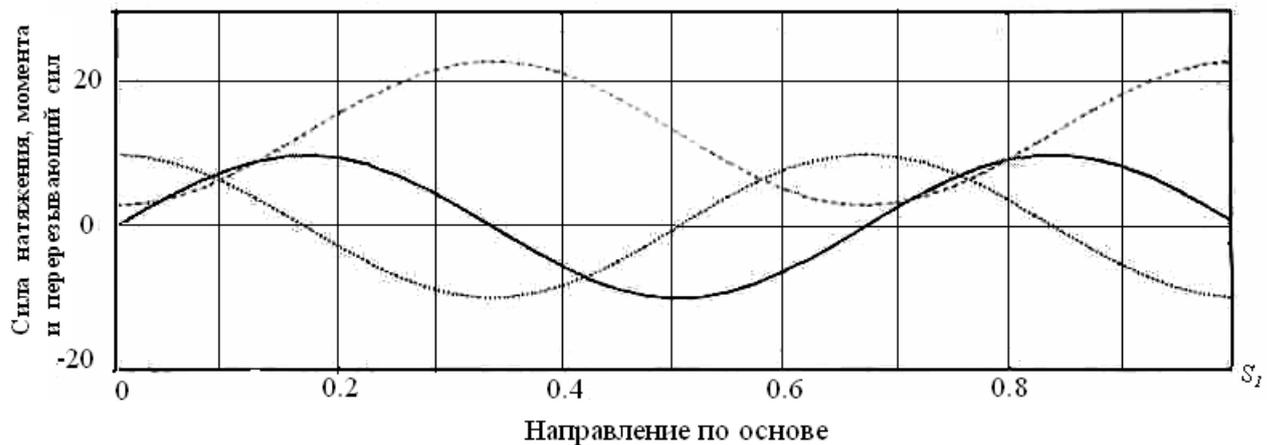


Рис.3.9. Изменения перерезывающий сил ( $N_1$ ) сил натяжения ( $T_1$ ) и моментов ( $M_1$ ) в зависимости от координаты  $S_1$

$$y := \begin{pmatrix} 0 \\ 10 \\ 3 \end{pmatrix} \quad k_2 := 12$$

$$D1(t, y1) := \begin{pmatrix} k_2 \cdot y_2 + 0.12 \sin(10.1 \cdot t) \\ -kl \cdot y_1 \\ kl \cdot y_1 \end{pmatrix}$$

$$z1 := \text{rkfixed}(y1, 0, 10, 400, D) \quad n := 0..400$$

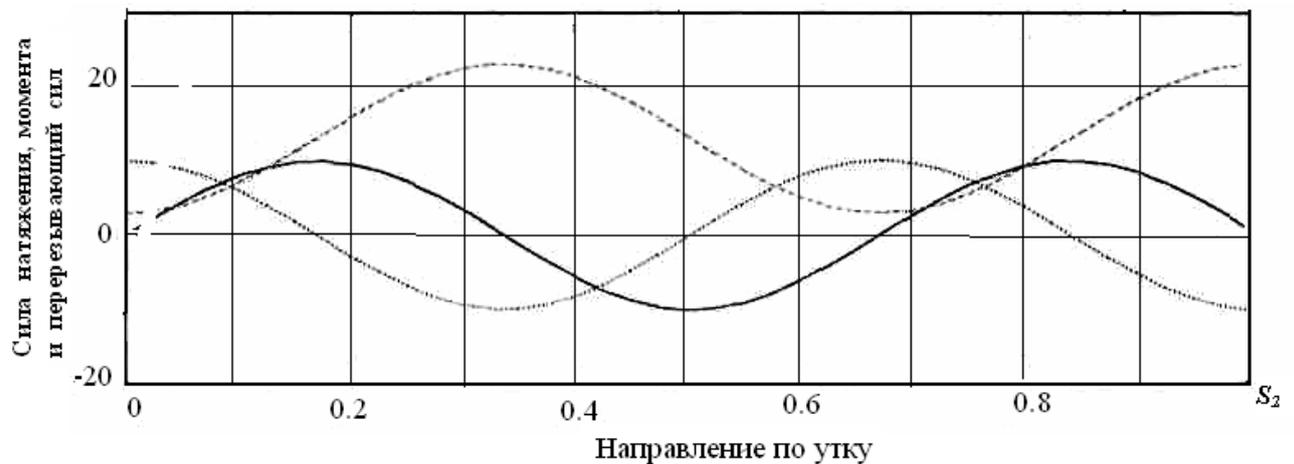


Рис. 3.10. Изменения перерезывающий сил ( $N_2$ ) сил натяжения ( $T_2$ ) и моментов ( $M_2$ ) в зависимости от координаты  $S_2$

### 3.2. Определение зависимости строения ткани от натяжения нитей основы и утка

Форма и площадь поперечного сечения нитей в ткани формируются под воздействием их натяжения и взаимного давления.

В работе [102] была найдена система из четырех уравнений для определения высоты волны изгиба основы и утка ткани.

$$h_y = \frac{N}{T_y} \left( \frac{P_o}{2} - \frac{1}{\sqrt{\frac{T_y}{E_y \Theta_y}}} \right); \quad (3.34)$$

$$h_o = \frac{N}{T_o} \left( \frac{P_y}{2} - \frac{1}{\sqrt{\frac{T_o}{E_o \Theta_o}}} \right); \quad (3.35)$$

$$N = 2T_y \sqrt{\frac{\frac{2T_y P_o}{B_y F_y} + \Delta D}{P_o - \sqrt{\frac{3}{E_o \Theta_y}}}}; \quad (3.36)$$

$$h_o + h_y = d_o + d_y - \frac{10}{c} - \frac{N}{c''}. \quad (3.37)$$

В уравнениях приняты следующие обозначения:

- $h_y; h_o$  – высота волн изгиба уточины и основы;
- $N$  – величина взаимного давления уточины и основы в элементе;
- $P_y; P_o$  – геометрическая плотность ткани по утку и по основе;
- $d_y; d_o$  – диаметры уточной и основной нити до смятия;
- $\Theta_y; \Theta_o$  – момент инерции сечения уточной и основной нити;
- $E_y; E_o$  – первоначальный модуль упругости уточной и основной нитей на изгиб;
- $B_y$  – первоначальный модуль упругости на растяжение уточной нити;
- $F_y$  – площадь поперечного сечения уточной нити;
- $\Delta D$  – абсолютная величина дозировки уточной нити в элементе ткани;
- $P_o$  – натяжение основной нити в опушке;
- $c; c''$  – коэффициенты, зависящие от жесткости основы и утка на смятии.

Используя уравнения (3.34-3.37) проф.Оникова Э.А. и исключая члены, содержащие жесткость нитей на изгиб, можем определить высоты волн изгиба нитей следующими уравнениями:

по утку

$$h_y = \frac{Nl_o}{2F_y}; \quad (3.38)$$

по основе

$$h_o = \frac{Nl_y}{2F_o}, \quad (3.39)$$

где:  $F_o; F_y$  – натяжение нитей основы и утка в момент заступа;

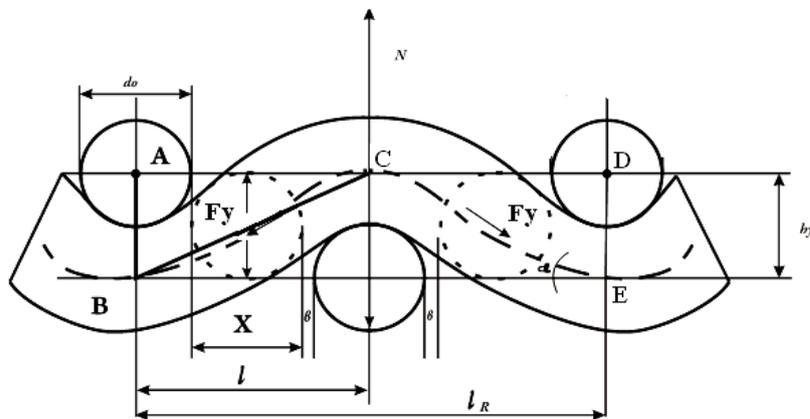
$l_o$  – геометрическая плотность по основе (расстояние между центрами нитей основы в местах пересечения их утком);

$l_y$  – геометрическая плотность по утку (расстояние между центрами нитей утка в местах пересечения их основой)

Рассматривая условия равновесия уточной нити в элементе ткани без учета жёсткости её на изгиб, получаем (рис. 3.11):

$$\begin{aligned} \sum y &= N - F_y \sin \alpha - F_y \sin \alpha = 0; \\ N &= 2F_y \sin \alpha, \end{aligned} \quad (3.40)$$

где:  $\alpha$  - угол наклона уточной нити.



**Рис.3.11. Разрез равноопорной ткани полотняного переплетения вдоль утка.**

Расстояние между центрами одной системы нитей в местах пересечения их с другими системами нити определяем условно:

$$l = d_o + d_y$$

Длина одного раппорта в переплетении ткани по основе и утку можно определить по формуле:

$$l_R = \frac{R \cdot 10}{\Pi}, \quad (3.41)$$

где:  $R$  – число нитей в раппорте переплетения;

$\Pi$  – плотность ткани по основе или по утку (нить на 1 см).

Расстояния в местах пересечения с учетом угла обхвата при перекрещивании нитей (рис.3.12)

$$x = AC - d = l - d + b/R,$$

где  $l_y = x_y + d$ ,  $x_y = l_y - d_o + \frac{b}{R}$ ,  $b_y = l_R - 2d_o + 2d_y$  (только для полотняного переплетения).

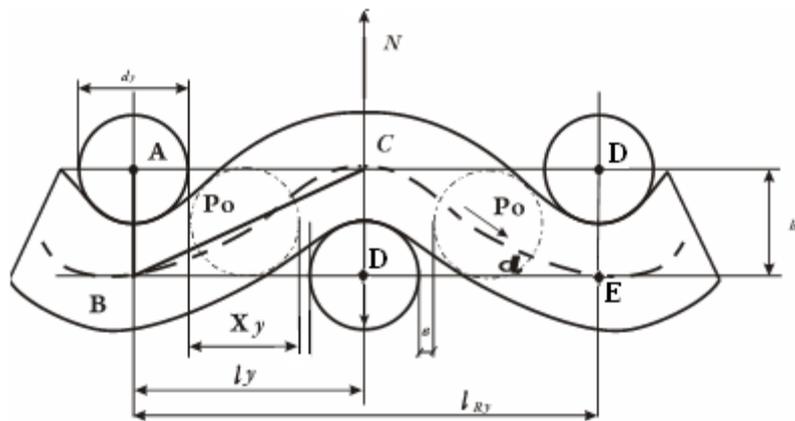


Рис. 3.12. Разрез равноопорной ткани полотняного переплетения вдоль основы.

Уравнение для определения расстояния между центрами одной системы нитей в местах пересечения их с другими системами нити принимает следующий вид:

$$l = \frac{(d_o + d_y)^2}{2} + c/R \quad (3.42)$$

Тогда высота изгиба нитей

$$h = \frac{N \cdot l'}{2F}.$$

В зависимости от того, как длина ВСЕ, по действительной кривой изгиба уточной нити на участках ВС и СЕ (рис.3.11) принимается как гипотенуза прямоугольных треугольников АВС и СДЕ с катетом

$$AB = DE = h \quad \text{и} \quad AC = CD = l_\phi.$$

где:  $BC$  и  $CE$  – участки пересечения нитями утка нитей основы

$$BC = CE = \sqrt{AC^2 + AB^2} = \sqrt{l_{\phi}^2 + h^2}$$

### 3.3. Определение строения ткани бязь

Величина взаимного давления уточины и основы в элементе ткани (бязь арт.4744), с равноопорной поверхностью при  $P_o=27\text{сН}$ ,  $P_y=12\text{сН}$ ,  $\sin\alpha_o=28^{\circ}=0.4695$ ;  $\sin\alpha_y=30^{\circ}=0.50$ :

$$N_o = 2 F_o \cdot \sin \alpha = 2 \cdot 27 \cdot \sin 28^{\circ} = 2 \cdot 27 \cdot 0.4695 = 25.353 ;$$

$$N_y = 2 F_y \cdot \sin \alpha = 2 \cdot 12 \cdot \sin 30^{\circ} = 24 \cdot 0.50 = 12.0.$$

Расстояние между центрами нитей основы и утка принимаем условно по отношению диаметра основы к диаметру утка

$$l_o = l_y = d_o + d_y = 0.213 + 0.213 = 0.426 \text{ мм} .$$

Длина одного раппорта полотняного переплетения ткани по основе и утку:

$$l_{R_o} = \frac{R_o \cdot 10}{P_y} = \frac{2 \cdot 10}{21.5} = 0.930 \text{ мм} ;$$

$$l_{R_y} = \frac{R_y \cdot 10}{P_o} = \frac{2 \cdot 10}{22.8} = 0.877 \text{ мм} ,$$

где:  $R_o;R_y$  – раппорт переплетения по основе и утку;

$P_y;P_o$  – плотность ткани по утку и основе (нить/1 см).

Расстояние в местах пересечения с учетом угла обхвата при перекрещивании основной и уточной нитей при полотняном переплетении:

$$x_o = d_o + b_o / R_o = 0.213 + 0.078 / 2 = 0.252 \text{ мм};$$

$$x_y = d_y + b_y / R_y = 0.213 + 0.025 / 2 = 0.225 \text{ мм};$$

$$b_o = l_{R_o} - 2l_o = 0.930 - 2 \cdot 0.426 = 0.078 \text{ мм};$$

$$b_y = l_{R_y} - 2l_y = 0.877 - 2 \cdot 0.426 = 0.025 \text{ мм};$$

Окончательное расстояние между центрами нитей основы или утка при полотняном переплетении

$$l_o = d_o + d_y + b_o / R_o = 0.426 + 0.078 / 2 = 0.465 \text{ мм} ;$$

$$l_y = d_y + d_o + b_y / R_y = 0.426 + 0.025 / 2 = 0.438 \text{ мм} .$$

Высоты изгиба нитей основы и утка при плотном переплетении с равноопорной поверхностью:

$$h_o = \frac{N_o \cdot l'_o}{2 \cdot F_o} = \frac{25.353 \cdot 0.465}{2 \cdot 27} = 0.218 \text{ мм};$$

$$h_y = \frac{N_y \cdot l'_y}{2 \cdot F_y} = \frac{12 \cdot 0.438}{2 \cdot 12} = 0.219 \text{ мм}.$$

Пересечение нити утка нитями основы на участке BC (рис.3.11):

$$BC = \sqrt{l'^2_y + h_o^2} = \sqrt{0.438^2 + 0.218^2} = 0.4892 \text{ мм}.$$

Пересечение нитей основы нитями утка на участке BC (рис.3.12):

$$BC = \sqrt{l'^2_o + h_y^2} = \sqrt{0.465^2 + 0.219^2} = 0.5139 \text{ мм}.$$

### 3.4. Определение строения хлопчатобумажной ткани саржевого переплетения.

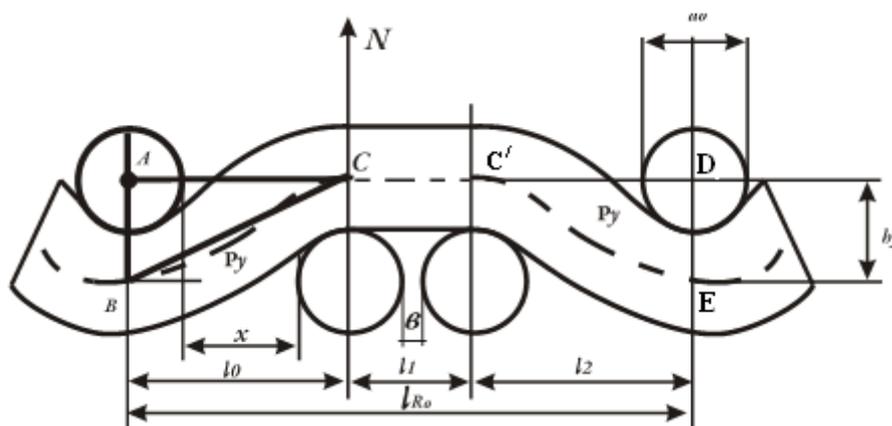
Величина взаимного давления нитей основы и утка в элементе ткани саржа 2/1 (рис.3.13), при  $P_o=20 \text{ сН}$ ,  $P_y=20,5 \text{ сН}$ ,  $T_o=18,5 \times 2 \text{ текс}$ ,  $T_y=37 \text{ текс}$ .

$$N_o = 2P_o \cdot \sin \alpha 28^\circ = 2 \cdot 20 \cdot 0.3420 = 13.6800;$$

$$N_y = 2P_y \cdot \sin \alpha 28^\circ = 2 \cdot 20.5 \cdot 0.4695 = 19.2495.$$

Расстояние между центрами нитей основы и утка:

$$l_o = l_y = d_o + d_y = 0.240 + 0.240 = 0.480 \text{ мм}$$



**Рис. 3.13. Разрез равноопорной ткани саржа 2/1 вдоль утка.**

Длина одного раппорта переплетения саржи 2/1 по основе и утку:

$$l_{R_o} = \frac{R_o \cdot 10}{P_y} = \frac{3 \cdot 10}{210} = 1.428 \text{ мм} ;$$

$$l_{R_y} = \frac{R_y \cdot 10}{P_o} = \frac{3 \cdot 10}{358} = 0.838 \text{ мм} .$$

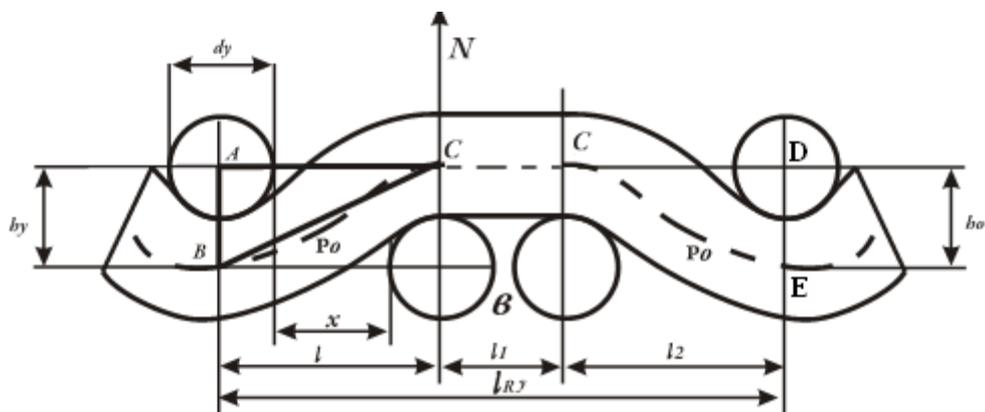
Расстояние в местах пересечения с учетом угла обхвата при перекрещивании основной и уточной нити при переплетении саржи 2/1:

$$x_o = d_o + b_o / R_o = 0.240 + 0.708 / 3 = 0.476 \text{ мм};$$

$$x_y = d_y + b_y / R_y = 0.240 + 0.118 / 3 = 0.279 \text{ мм};$$

$$b_o = l_{R_o} - 2l_o + d_o = 1.428 - 0.480 + 0.240 = 0.708 \text{ мм};$$

$$b_y = l_{R_y} - 2l_y + d_y = 0.838 - 0.480 + 0.240 = 0.118 \text{ мм};$$



**Рис.3.14. Разрез равноопорной ткани саржа 2/1 вдоль основы.**

Окончательное расстояние между центрами нитей основы или утка при переплетении саржи 2/1 (рис.3.14).

$$l_o = d_o + d_y + b_o / R_o = 0.480 + 0.708 / 3 = 0.716 \text{ мм} ;$$

$$l_y = d_y + d_o + b_y / R_y = 0.480 + 0.118 / 3 = 0.519 \text{ мм} .$$

Высоты изгиба нитей основы и утка при переплетении саржи 2/1 с равноопорной поверхностью:

$$h_o = \frac{N_o \cdot l'_o}{2 \cdot F_o} = \frac{13.68 \cdot 0.716}{2 \cdot 20} = 0.2446 \text{ мм};$$

$$h_y = \frac{N_y \cdot l'_y}{2 \cdot F_y} = \frac{19.2495 \cdot 0.519}{2 \cdot 20.5} = 0.2436 \text{ мм}.$$

Пересечение нити утка нитями основы на участке BC (рис.3.13):

$$BC = \sqrt{l'^2_y + h_o^2} = \sqrt{0.519^2 + 0.2446^2} = 0.5737 \text{ мм}.$$

Пересечение нитей основы нитями утка на участке BC (рис.3.14):

$$BC = \sqrt{l'^2_o + h_y^2} = \sqrt{0.716^2 + 0.2436^2} = 0.7563 \text{ мм}.$$

### 3.5. Определение строения хлопчатобумажной ткани сатинового переплетения.

Величина взаимного давления нитей основы и утка в элементе ткани сатин 5/2 с равноопорной поверхностью (рис.3.15) при  $F_o=27 \text{ сН}$ ,  $F_y=10 \text{ сН}$ ,  $T_o=18,5 \text{ текс}$ ,  $T_y=20 \text{ текс}$ .

$$N_o = 2F_o \cdot \sin \alpha 28^0 = 2 \cdot 27 \cdot 0.4695 = 25.353$$

$$N_y = 2F_y \cdot \sin \alpha 19^0 = 2 \cdot 10 \cdot 0.3256 = 6.512$$

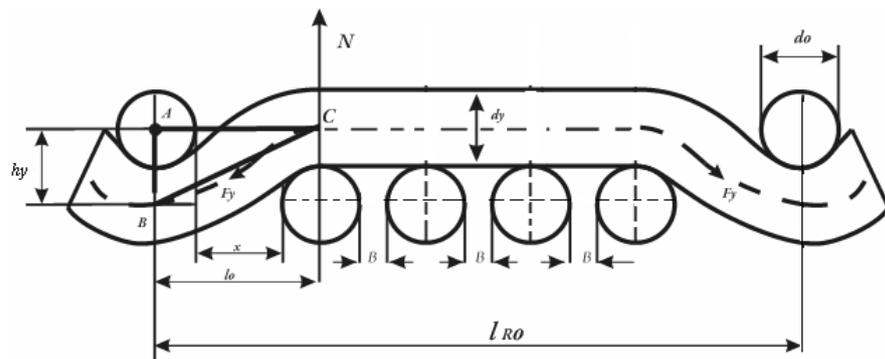


Рис.3.15. Разрез равноопорной ткани сатин 5/2 вдоль утка.

Расстояние между центрами нитей основы и утка:

$$l_o = l_y = d_o + d_y = 0.170 + 0.177 = 0.347 \text{ мм}.$$

Длина одного раппорта переплетения сатина 5/2 по основе и утку:

$$l_{R_o} = \frac{R_y \cdot 10}{P_o} = \frac{5 \cdot 10}{23.5} = 2.127 \text{ мм};$$

$$l_{R_y} = \frac{R_o \cdot 10}{P_y} = \frac{5 \cdot 10}{38.9} = 1.285 \text{ мм}.$$

Расстояние в местах пересечения с учетом угла обхвата при перекрещивании основной и уточной нити при переплетении сатин 5/2:

$$x_o = d_o + b_o / R_o = 0.170 + 0.081 / 5 = 0.1862 \text{ мм};$$

$$x_y = d_y + b_y / R_y = 0.177 + 0.902 / 5 = 0.3574 \text{ мм};$$

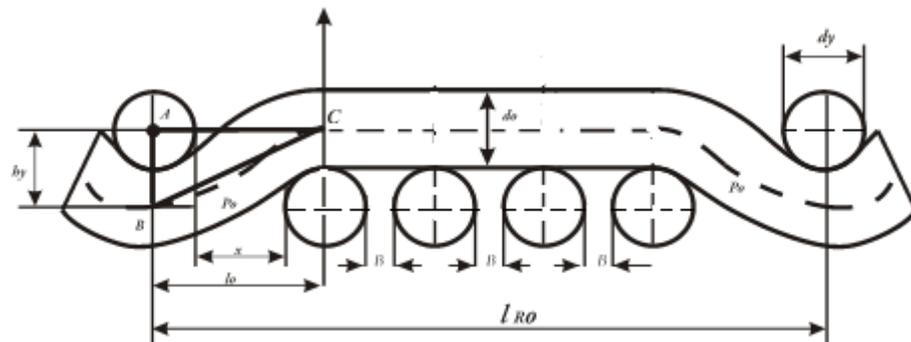
$$b_o = l_{R_o} - 2 l_o + 3 d_o = 1.285 - 2 \cdot 0.347 + 3 \cdot 0.170 = 0.081 \text{ мм};$$

$$b_y = l_{R_y} - 2 l_y + 3 d_y = 2.127 - 2 \cdot 0.347 + 3 \cdot 0.177 = 0.902 \text{ мм};$$

Окончательное расстояние между центрами нитей основы или утка при переплетении сатин 5/2.

$$l_o = d_o + d_y + b_o / R_o = 0.347 + 0.081 / 5 = 0.3632 \text{ мм};$$

$$l_y = d_y + d_o + b_y / R_y = 0.347 + 0.902 / 5 = 0.5274 \text{ мм}.$$



**Рис.3.16. Разрез равноопорной ткани сатин 5/2 вдоль основы**

Высоты изгиба нитей основы и утка при переплетении сатин 5/2 с равноопорной поверхностью.

$$h_o = \frac{N_o \cdot l_o}{2 \cdot F_o} = \frac{25 \cdot 353 \cdot 0.3632}{2 \cdot 27} = 0.1705 \text{ мм}$$

$$h_y = \frac{N_y \cdot l_y}{2 \cdot F_y} = \frac{6.512 \cdot 0.5274}{2 \cdot 10} = 0.1717 \text{ мм}.$$

Пересечение нити утка нитями основы на участке BC (рис.3.15):

$$BC = \sqrt{l_y^2 + h_o^2} = \sqrt{0.5274^2 + 0.1705^2} = 0.554 \text{ мм} .$$

Пересечение нитей основы нитями утка на участке BC (рис.3.16):

$$BC = \sqrt{l_o^2 + h_y^2} = \sqrt{0.3632^2 + 0.1717^2} = 0.402 \text{ мм} .$$

### 3.6. Определение строения хлопчатобумажной ткани атласного переплетения.

Величина взаимного давления нитей основы и утка в элементе ткани атлас 5/2 с равноопорной поверхностью, при  $F_o=25\text{сН}$ ,  $F_y=6\text{ сН}$ ,  $T_o=18,5\text{ текс}$ ,  $T_y=20\text{ текс}$ .

$$N_o = 2P_o \cdot \sin \alpha = 2 \cdot 25 \sin \alpha 21^\circ = 50 \cdot 0.3584 = 17.92;$$

$$N_y = 2P_y \cdot \sin \alpha = 2 \cdot 6 \sin \alpha 29^\circ = 12 \cdot 0.4848 = 58.176.$$

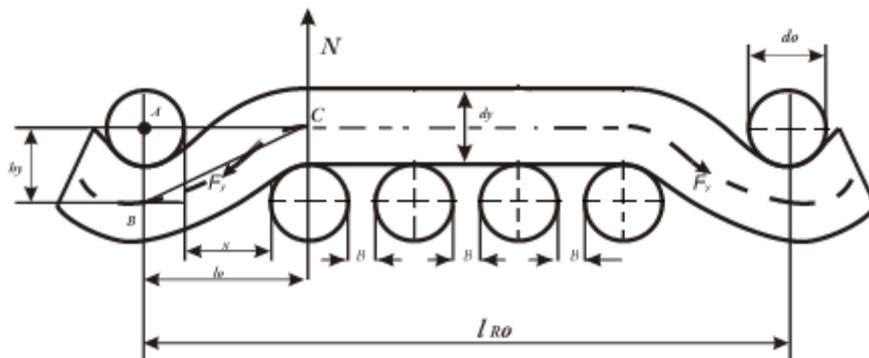


Рис.3.17. Разрез равноопорной ткани атлас 5/2 вдоль утка

Расстояние между центрами нитей основы и утка:

$$l_o = l_y = d_o + d_y = 0.170 + 0.177 = 0.347 \text{ мм}.$$

Длина одного раппорта переплетения ткани атлас 5/2 по основе и утку:

$$l_{R_o} = \frac{R_y \cdot 10}{P_o} = \frac{5 \cdot 10}{25 \cdot 8} = 1.938 \text{ мм} ;$$

$$l_{R_y} = \frac{R_o \cdot 10}{P_y} = \frac{5 \cdot 10}{37 \cdot 5} = 1.333 \text{ мм} .$$

Расстояние в местах пересечения с учетом угла обхвата при перекрещивания основной и уточной нити при переплетении атласа 5/2:

$$x_o = d_o + b_o / R_o = 0.170 + 0.734/5 = 0.3168 \text{ мм};$$

$$x_y = d_y + b_y / R_y = 0.177 + 0.108/5 = 0.1986 \text{ мм};$$

$$b_o = l_{R_o} - 2 l_o + 3d_o = 1.938 - 2 \cdot 0.347 + 3 \cdot 0.170 = 0.734 \text{ мм};$$

$$b_y = l_{R_y} - 2 l_y + 3d_y = 1.333 - 2 \cdot 0.347 + 3 \cdot 0.177 = 0.108 \text{ мм};$$

Окончательное расстояние между центрами нитей основы или утка при переплетении атласа 5/2:

$$l_o = d_o + d_y + b_o / R_o = 0.347 + 0.734 / 5 = 0.4938 \text{ мм};$$

$$l_y = d_y + d_o + b_y / R_y = 0.347 + 0.108 / 5 = 0.3686 \text{ мм}.$$

Высоты изгиба нитей основы и утка при переплетении ткани атлас 5/2 с равноопорной поверхностью.

$$h_o = \frac{N_o \cdot l_o}{2 \cdot F_o} = \frac{17.92 \cdot 0.4938}{2 \cdot 25} = 0.177 \text{ мм};$$

$$h_y = \frac{N_y \cdot l_y}{2 \cdot F_y} = \frac{58.176 \cdot 0.3686}{2 \cdot 6} = 0.178 \text{ мм}.$$

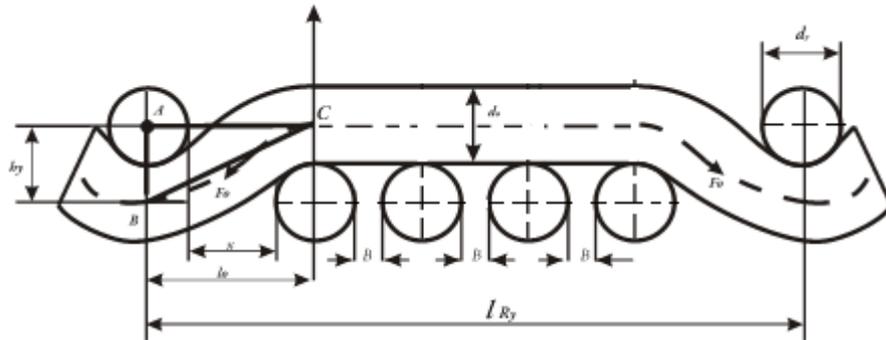


Рис.3.18. Разрез равноопорной ткани атлас 5/2 вдоль основы

Высоты изгиба нитей основы и утка при переплетении атласа 5/2 с равноопорной поверхностью.

$$h_o = \frac{N_o \cdot l_o}{2 \cdot P_o} = \frac{17.92 \cdot 0.4938}{2 \cdot 25} = 0.177 \text{ мм};$$

$$h_y = \frac{N_y \cdot l_y}{2 \cdot P_y} = \frac{58.176 \cdot 0.3686}{2 \cdot 6} = 0.178 \text{ мм}.$$

Пересечение нити утка нитями основы на участке ВС (рис.3.17):

$$BC = \sqrt{l_y^2 + h_o^2} = \sqrt{0.3686^2 + 0.177^2} = 0.554 \text{ мм}$$

Пересечение нитей основы нитями утка на участке ВС (рис.3.18):

$$BC = \sqrt{l'_o{}^2 + h_y{}^2} = \sqrt{0.4938^2 + 0.178^2} = 525 \text{ мм} .$$

### **Выводы по главе 3**

1. Путем изменения натяжения утка , создаваемого натяжителем на станках СТБ-180 перед закрытием зева , можно существенно изменить параметры строения ткани

2. Определение угла наклона нитей основы и утка в ткани на компьютере с помощью прибора SEM «VUPRA -50» даёт возможность вычислить точные значения высоты изгиба нитей в ткани.

3. Разработанные программы оценки опорной поверхности ткани и проектирование ткацких переплетений дают возможность уменьшения траты времени дессинаторов , лаборантов и получение точных данных этих показателей.

4. С уменьшением натяжения нитей основы уменьшается взаимное давление нитей и высоты волны изгиба уточины, растёт высота волны изгиба основы.

5 Найдены уравнения для определения величины высоты изгиба нитей основы и утка в зависимости от геометрических размеров элемента ткани.

## **ГЛАВА IV. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **4.1. Разработка методической программы, проведения экспериментальных исследований**

### **4.1.1. Рабочая гипотеза и ее экспериментальная проверка**

Для бельевых и одежных хлопчатобумажных тканей типа полотна, саржи, сатина и атласа, которые во всем мире выпускаются в больших количествах, наиболее важной характеристикой является износостойкость ткани, а следовательно, долговечность и срок службы. В свою очередь, износостойкость ткани зависит от таких важных факторов, как стойкость пряжи к истиранию, вид волокон, структура пряжи и ее линейная плотность, плотность ткани по основе и утку.

При всех прочих равных условиях, стойкость ткани к истиранию зависит также от показателей ее структуры, т.е. от степени взаимного изгиба нитей основы и утка, которая определяет площадь участков нитей основы и утка, соприкасающихся с поверхностью тела, которое находится в контакте с тканью, или опорной поверхностью.

Если два образца ткани состоят из нитей одинаковых линейных плотностей, то опорная поверхность может характеризоваться количеством точек, находящихся на опорной поверхности ткани площадью  $1 \text{ см}^2$ .

Поясним сказанные выше понятия с помощью условной схемы ткани, приведенной на рисунках 4.1. -4.4.

На рис. 4.1.а-4.4. а изображена схема ткани полотняного, саржевого, сатинового и атласного переплетения.

На рис. 4.1.б-4.4.б показан вариант ткани (уточноопорной), где уточные нити изогнуты больше, чем основные, т.е. величина их прогиба больше условного диаметра основы.

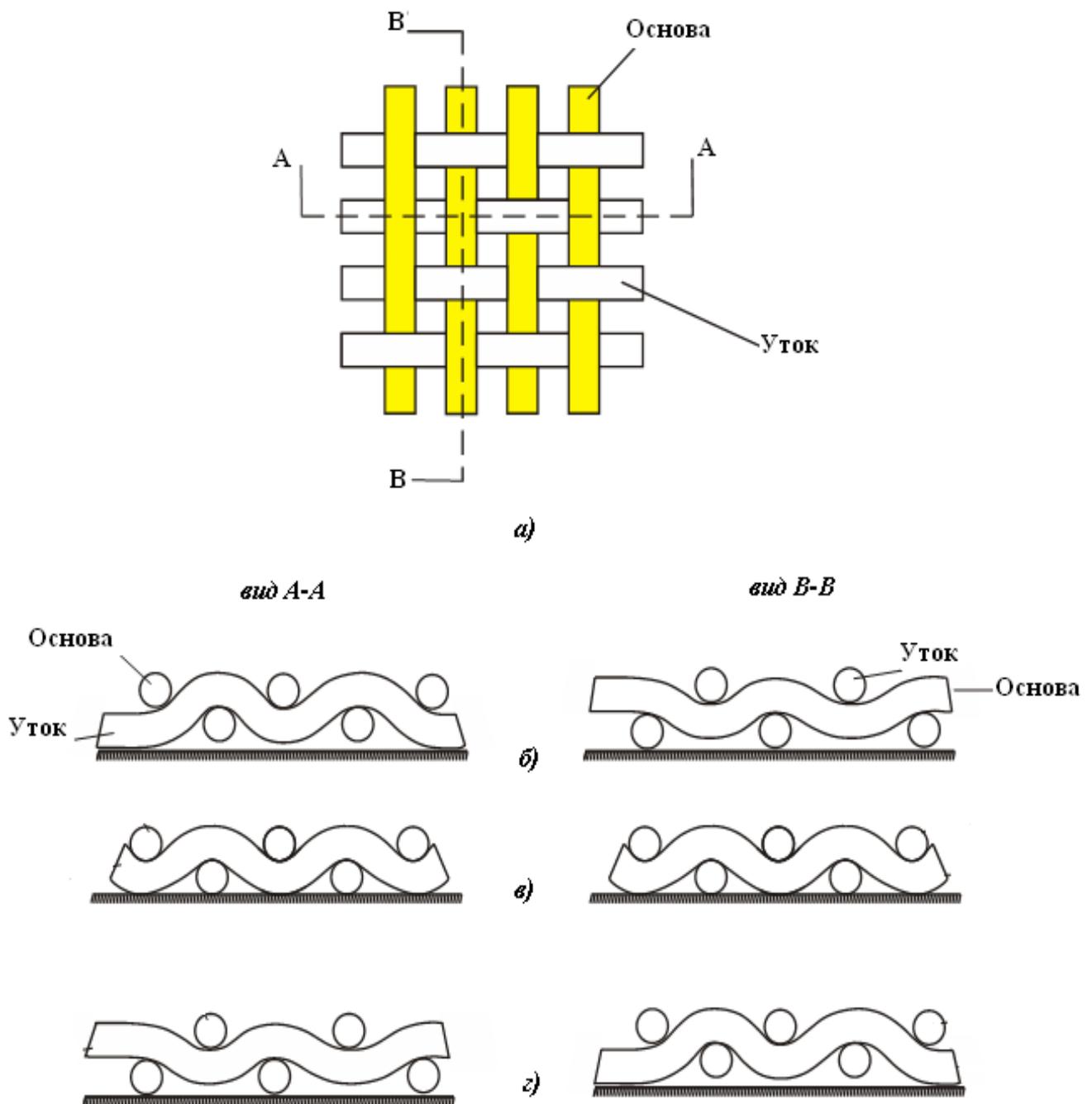


Рис. 4.1. Схема ткани полотняного переплетения (а) и разрезы вдоль основы и утка: б- уточнопорная; в – равноопорная; г – основопорная.

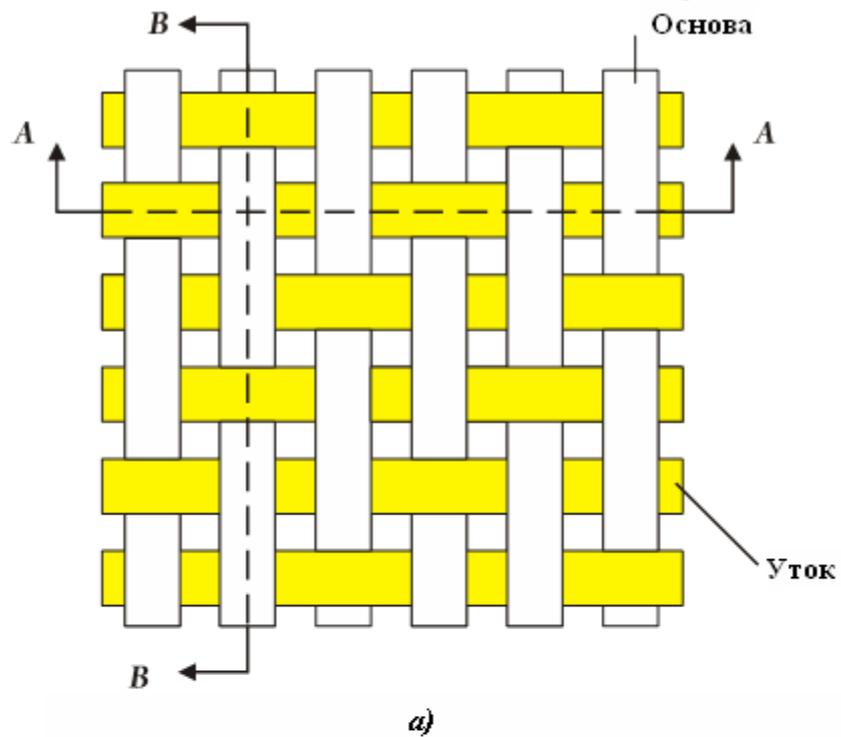
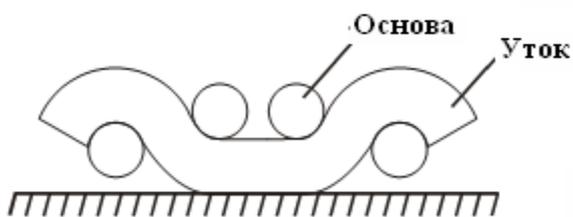


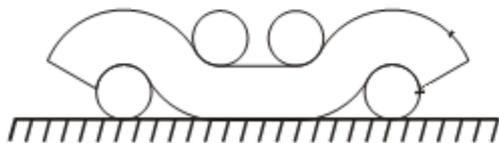
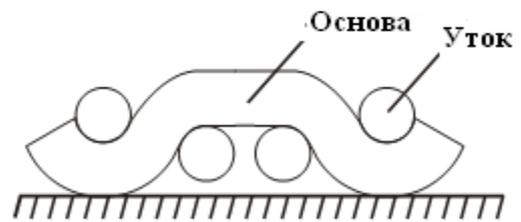
Рис.  
4.2.

вид А-А

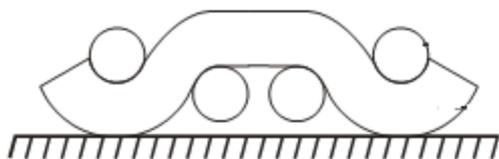
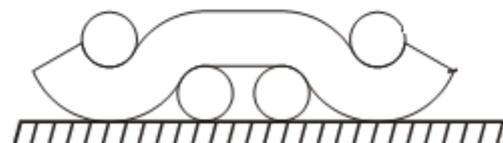
вид В-В



б)



в)



г)

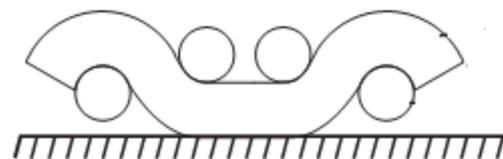


Схема ткани саржевого переплетения (а) и разрезы вдоль основы и утка: б-уточнопорная; в – равноопорная; г – основоопорная

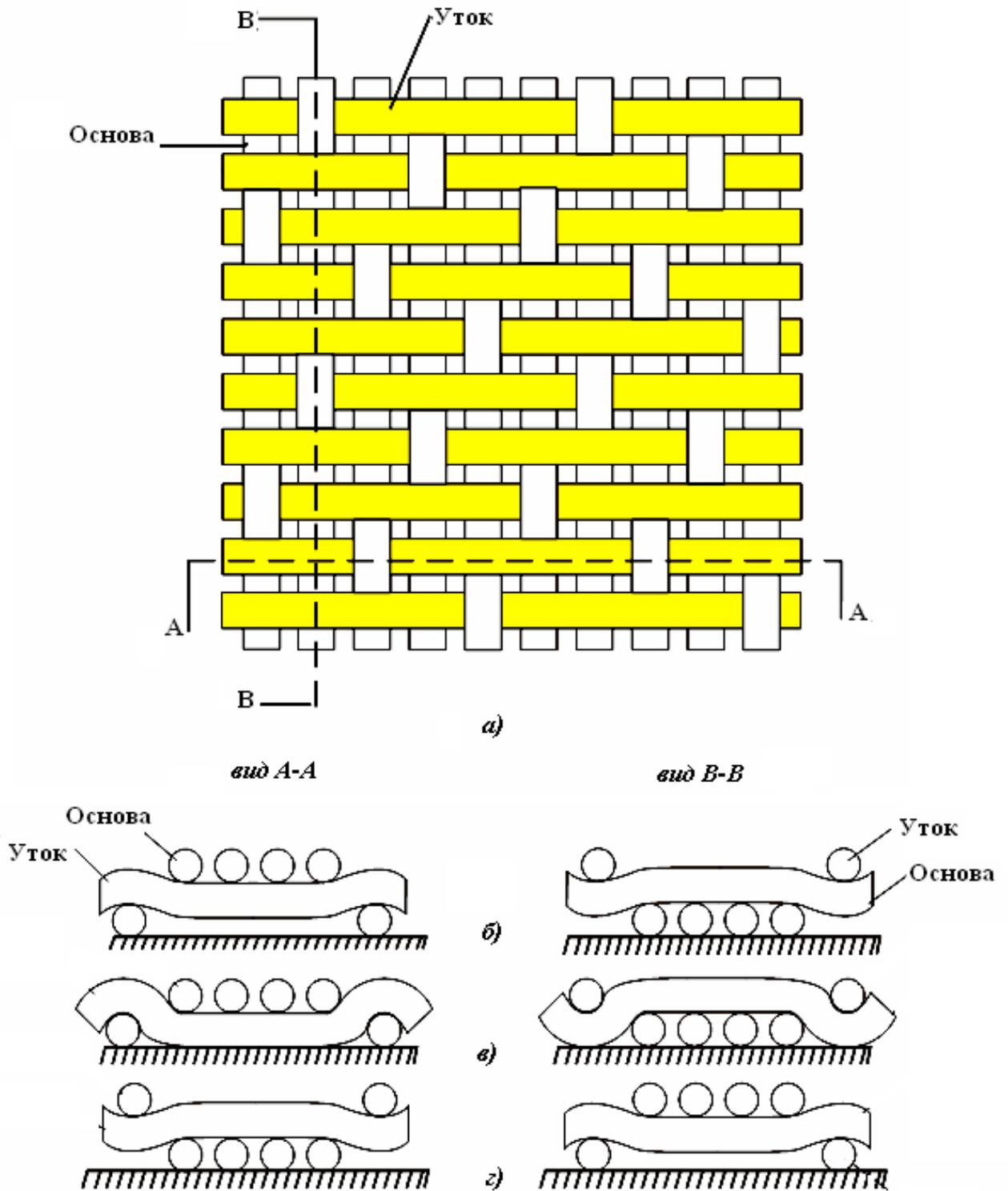


Рис. 4.3. Схема ткани сатинового переплетения (а) и разрезы вдоль основы и утка: б- уточнопорная; в – равноопорная; г – основопорная

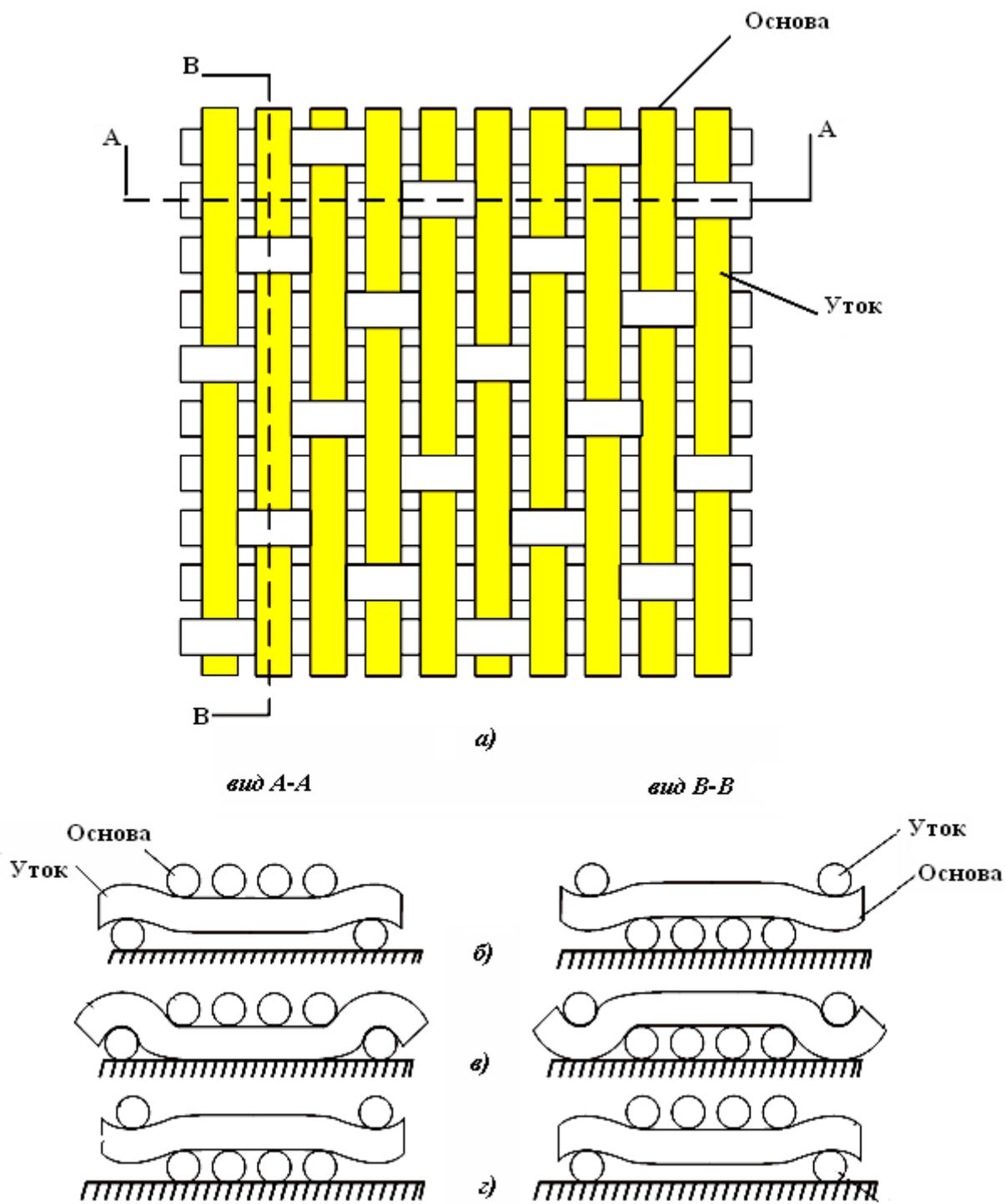


Рис. 4.4. Схема ткани атласного переплетения (а) и разрезы вдоль основы и утка: б- уточнопорная; в – равноопорная; г – основопорная

На рис. 4.1.б-4.4.б приведен вариант (равноопорной) ткани, где уточные нити изогнуты в той же степени, как и основные, т.е. прогиб уточных нитей равен условному диаметру основы.

Наконец, на рис. 4.1.г-4.4.г изображен вариант (основоопорной) ткани, где уточные нити изогнуты меньше, чем основные, т.е. величина прогиба уточных нитей меньше, чем условный диаметр основы.

Для уточноопорной и основоопорной тканей, когда опорная поверхность образуется соответственно, или уточными, или основными нитями, число опорных точек, составляющих опорную поверхность ткани, в два раза меньше, чем в варианте.

Число опорных точек в уточноопорной ткани (первый вариант)

$M_y = P_y \frac{P_o}{2}$ ; число опорных точек в основоопорной ткани (третий вариант)

$M_o = P_o \frac{P_y}{2}$ ; в равноопорной же ткани полотняного переплетения (второй вариант)-

$$\sum M = M_o + M_y = P_o \frac{P_y}{2} + P_y \frac{P_o}{2} = P_o P_y$$

Например, если плотность ткани по основе  $P_o=20$  нитям, а по утку  $P_y=24$  нитям на  $1 \text{ см}^2$ , то для уточноопорной ткани число опорных точек будет  $M_y = 24 \frac{20}{2} = 240$ ; для основоопорной ткани  $M_o = 20 \frac{24}{2} = 240$ , а для равноопорной ткани составит 480 или  $20 \times 24$ , соответственно.

Таким образом, наибольшая площадь контакта ткани с каким – либо телом обеспечивается в том случае, когда на опорную поверхность ткани в одинаковой степени выходят и основные, и уточные нити. Тогда число точек, соприкасающихся с поверхностью тела, равно произведению плотностей ткани по основе и утку. Если же на опорную поверхность ткани выходит только одна из систем нитей, то число ее опорных точек в два раза меньше.

Благодаря неравноте по линейной плотности и наличию шишек, например, уточноопорной ткани, несмотря на то, что изгиб уточных нитей больше условного диаметра основы, на опорную поверхность в местах утолщения нитей выходит также часть основных нитей, а часть уточных нитей в местах их утонения, может не выступать на опорную поверхность ткани.

Но даже при этом во многих случаях на поверхность выступает одна из систем нитей. В исследованных нами простынных тканях на опорную поверхность чаще всего выступают уточные перекрытия. В частности, опытные проверки показывают, что бязь арт. 4744, саржа 2/1, сатин 5/2 и атлас 5/2, выпускаемые на ткацких станках СТБ – 180 в АООТ «Бухоротекс» и «Олоттекс» являются уточно – опорными тканями (табл.4.1).

Очевидно, что при эксплуатации этих тканей, в первую очередь, будет теряться прочность вдоль уточных нитей, а прочность основных нитей будет уменьшаться в меньшей степени.

**Таблица 4.1.**

Ткань суровая до стирки					Ткань суровая после стирки						
Опорная поверхность (число опорных точек)		Плотность (на 10см)		Ширина ткани, мм	Опорная поверхность (число опорных точек)		Плотность (на 10см)		Усадка после стирки, %		Ширина ткани, мм
По основе	По утку	По основе	По утку		По основе	По утку	По основе	По утку	По основе	По утку	
121,5	220	230	224	1670	132	237,5	240	232	8,99	7,6	1550

Приведенные выше соображения ранее высказывались рядом исследователей [72,128], однако определить пути воздействия на опорную поверхность ткани не представлялось возможным, так как известные методы не позволяли выявить, какая из систем нитей в большей степени выходит на опорную поверхность. Поэтому нельзя было принять решение, как нужно изменить параметры ткани, чтобы на опорную поверхность обе системы нитей выходили в равной степени.

Нужно отметить, что ткань саржевого переплетения имеет два вида: основную и уточную. На поверхности основной саржи выступают основные перекрытия, а на поверхности уточной саржи- уточные перекрытия. На поверхности сатина образуются уточные перекрытия, которые длиннее, чем основные, а атласное переплетение образует на поверхности ткани ее основные перекрытия длиннее, чем уточные. Поэтому сатин является уточноопорной тканью, а атлас – основоопорной. Для увеличения опорной поверхности саржи необходимо изменить натяжение или уточной нити, или нитей основы. Чтобы получить равноопорный сатин, нужно изменить натяжение нити утка.

После длительных поисков нами была разработана методика, которая позволяет определить, сколько уточных перекрытий и сколько основных, по отдельности, выходят на опорную поверхность ткани (см. стр.71).

Из работы [100] известно, что путем изменения натяжения утка в момент перед закрытием зева можно изменить дозировку утка в ткани, ее фазу строения, и следовательно, ее опорную поверхность. Это положение легло в основу рабочей гипотезы. Как было показано в главе 2, путем изменения прижима лапки натяжителя уточной нити можно на станке СТБ изменять натяжение уточины в момент перед закрытием зева, т.е. в период подъема лапки компенсатора.

Для проверки данной гипотезы был проведен предварительный эксперимент.

На станках СТБ-180 с микропрокладчиками были выработаны образцы хлопчатобумажной простынной ткани бязь арт. 4744 полотняного переплетения из пряжи  $T_o=T_y=29$  текс, саржа 2/1 из пряжи  $T_o=18,5$  текс,  $T_y=37$  текс, сатин 5/2 -  $T_o=18,5$  текс,  $T_y=20$  текс, атлас 5/2 из пряжи  $T_o=18,5$  текс,  $T_y=20$  текс с разным натяжением утка (сН) в момент перед закрытием зева: вариант 1-6 сН, вариант 2-12 сН, вариант 3-18 сН.

Суровая ткань отделялась на отделочной фабрике по стандартной технологии, далее в лабораторных условиях подвергалась пятикратной

стирке, так как после пяти стирок ткань перестает практически усаживаться, ее структура стабилизируется и сохраняется в течение основного периода эксплуатации.

В таблицах 4.2-4.9 приведены данные, характеризующие суровую и готовую ткань до и после пяти стирок, в том числе данные по потере прочности ткани после тридцатиминутного истирания ее на приборе ТОТ-2. На рис. 4.5-4.16 приведены фотографии опорной поверхности тканей (соответственно уточноопорной, равноопорной и основоопорной), полученные по нашей методике.

Черные точки показывают опорную поверхность тканей, причем по вертикали вытянуты опорные точки, образуемые основными нитями, по горизонтали – уточными.

Опорные точки на основных ( $ОП_o$ ) и уточных ( $ОП_y$ ) нитях образуют, соответственно, опорную поверхность основы и утка. Сумма их на  $1 \text{ см}^2$  характеризует полную опорную поверхность на этом участке ткани ( $ОП_o + ОП_y$ )

Коэффициент опорной поверхности ( $K$ ) характеризует долю основных и уточных перекрытий, выходящих на опорную поверхность по отношению ко всему количеству перекрытий на единице участка ткани и рассчитывается по формуле:

$$K = \frac{ОП_o + ОП_y}{P_o \cdot P_y}.$$

Плотность ткани по основе и утку, уработка нитей и усадка от стирки по основе и утку определялись по стандартной методике.

Коэффициент отношения опорной поверхности ( $K_1$ ) определяли по формуле:

$$K_1 = \frac{ОП_y}{ОП_o}.$$

Таблица 4.2

№	<i>Суровая ткань до стирки</i>														
	Опорная поверхность (число опорных точек)			Стойкость к истиранию (потеря прочности, %)		Разрывная нагрузка пол. 25 x 50 мм				Плотность на 10см		Ширина ткани, мм	Уработка, %		К
						Основы		Уток							
	По ос- нове	По утку	Сум- мар	По основе	По утку	R <sub>н</sub> кг	l мм	R <sub>н</sub> кг	l мм	По основе	По утку	По основе	По утку		
1	110	225	335	28,0	45,0	19,6	3,5	16,6	6,8	230	224	1674	5,9	6,2	0,65
2	254	258	512	22,0	21,0	20,6	3,5	18,7	6,2	234	223	1662	6,9	5,3	0,97
3	226	107	333	43,2	34,2	19,8	4,2	16,9	5,3	238	223	1653	8,0	4,5	0,63

В таблицах 4.2- 4.6 принято обозначение : К – коэффициент опорных точек;

Таблица 4.3

<i>Ткань суровая после стирок</i>																	
№	Опорная поверхность (число опорных точек)			Стойкость к истиранию (потеря прочности, %)		Разрывная нагрузка пол. 25 x 50 мм				Плотность на 10см		Шири на ткани мм	Уработка, %		Усадка после стирок, %		К
	По основе	По утку	Суммар	По основе	По утку	R <sub>H</sub> кг	l мм	R <sub>H</sub> кг	L мм	По основе	По утку		По основе	По утку	По основе	По утку	
1	130	263	393	38,0	56,3	19,8	7,0	16,8	8,0	242	232	1552	17,4	15,7	9,2	7,2	0,70
2	266	276	542	35,0	36,0	20,2	7,1	20,0	8,2	244	230	1525	18,2	14,6	8,0	8,2	0,98
3	249	102	351	67,1	41,1	18,7	7,4	17,3	7,3	247	231	1503	20,0	12,7	7,0	9,1	0,62

таблица 4.4

№	<i>Готовая ткань до стирок</i>														
	Опорная поверхность (число опорных точек)			Стойкость к истиранию (потеря прочности, %)		Разрывная нагрузка пол. 25 x 50 мм				Плотность 210см		Шири на ткани, мм	Уработка, %		К
						Основы		Уток							
	По основе	По утку	Сум- мар	По основе	По утку	R <sub>н</sub> кг	l мм	R <sub>н</sub> кг	l мм	По осно ве	По утку	По осно ве	По утку		
1	84	264	348	32,2	70,4	21,6	3,0	16,3	10,4	252	220	1495	12,0	19,5	
2	235	286	521	30,1	56,0	21,0	3,0	16,7	10,4	254	220	1484	13,2	18,4	0,932
3	207	146	353	64,0	58,1	18,9	3,1	14,9	10,4	256	220	1467	14,3	17,2	0,624

Таблица 4.5

<i>Ткань, готовая после стирок</i>																	
№	Опорная поверхность (число опорных точек)			Стойкость к истиранию (потеря прочности, %)		Разрывная нагрузка пол. 25 x 50 мм				Плотность 210см		Ширина ткани, мм	Уработка, %		Усадка после стирок, %		К
	По основе	По утку	Суммарно	По основе	По утку	R <sub>H</sub> кг	L мм	R <sub>H</sub> кг	l мм	По основе	По утку		По основе	По утку			
1	112	250	362	35	59	19,2	5,6	16,1	9,0	250	229	1482	18,0	16,3	3,6	0,6	0,63
2	268	278	546	31	30	20,9	4,9	20,9	8,2	253	228	1467	18,8	15,0	3,3	1,0	0,97
3	261	98	359	61	49	19,7	5,0	15,7	8,0	255	229	1441	20,0	13,6	2,8	1,7	0,62

Таблица 4.6

№	Варианты	<i>Ткань суровая до стирок</i>														К
		Опорная поверхность (число опорных точек)			Стойкость к истиранию (потеря прочности, %)		Разрывная нагрузка пол. 25x50мм				Плотность на 10см		Ширина ткани, мм	Уработка, %		
							Основы		Утоки							
		По основе	По утку	Суммар.	По основе	По утку	P <sub>н</sub> кг	l мм	P <sub>н</sub> кг	l мм	По основе	По утку		По основе	По утку	
1	Саржа 2/1	382	374	756	34,2	31,1	39,2	8,3	21,4	7,4	374	224	1631	10,9	5,6	0,928
2	Сатин 5/2	448	459	907	19,0	20,0	18,4	3,1	16,8	5,4	250	400	1490	3,5	8,0	0,907
3	Атлас 5/2	483	475	958	20,2	18,8	16,6	5,2	18,2	3,0	274	392	1440	4,0	6,9	0,91

Таблица 4.7

№	Варианты	Ткань суровая после стирок																
		Опорная поверхность (число опорных точек)			Стойкость к истиранию (потеря прочности, %)		Разрывная нагрузка пол. 25x50мм				Плотность на 10см		Ширина ткани, мм	Уработка, %		Усадка после стирок, %		К
							Основы		Уток									
		По основе	По утку	Суммар.	По основе	По утку	P <sub>н</sub> кг	l мм	P <sub>н</sub> кг	l мм	По основе	По утку	По основе	По утку	По основе	По утку		
1	Саржа 2/1	398	390	788	33,2	34,6	37,4	15,8	22,6	9,0	382	230	1527	12,3	10,6	5,0	6,4	0,90
2	Сатин 5/2	458	446	904	32,4	33,8	17,8	6,1	16,6	7,2	252	404	1418	4,0	12,4	4,2	4,8	0,904
3	Атлас 5/2	493	488	981	33,8	34,1	13,8	6,8	18,8	5,1	277	400	1374	5,2	9,4	4,3	4,6	0,889

Таблица 4.8.

№	Варианты	<i>Суровая ткань до стирок</i>														К
		Опорная поверхность (число опорных точек)			Стойкость к истиранию (потеря прочности, %)		Разрывная нагрузка пол. 25x50мм				Плотность на 10см		Ширина ткани, мм	Уработка, %		
							Основы		Уток							
		По основе	По утку	Суммар.	По основе	По утку	P <sub>н</sub> кг	l мм	P <sub>н</sub> кг	l мм	По основе	По утку	По основе	По утку		
1	Саржа 2/1	385	378	763	32,2	50,5	40,0	7,9	19,8	11,2	398	220	1530	19,4	16,6	0,88
2	Сатин 5/2	451	473	924	28,2	44,2	19,6	2,8	14,6	8,8	268	389	1298	6,4	12,9	0,88
3	Атлас 5/2	496	489	985	28,4	37,1	16,8	4,6	15,4	6,7	289	388	1286	7,4	10,7	0,870

Таблица 4.9

№	Варианты	<i>Ткань, готовая после стирок</i>																
		Опорная поверхность (число опорных точек)			Стойкость к истиранию (потеря прочности, %)		Разрывная нагрузка пол. 25x50мм				Плотность на 10см		Ширина ткани, мм	Уработка, %		Усадка после стирок, %		К
							Основы		Уток									
По основе	По утку	Суммар.	По основе	По утку	P <sub>н</sub> кг	l мм	P <sub>н</sub> кг	l мм	По основе	По утку	По основе	По утку	По основе	По утку	По основе	По утку		
1	Саржа 2/1	396	418	814	33,2	32,8	38,6	8,8	35,9	10,4	395	226	1512	21,6	14,8	3,4	1,2	0,914
2	Сатин 5/2	482	497	979	29,0	31,0	18,7	3,4	17,4	7,6	267	392	1283	9,6	10,0	2,8	1,0	0,927
3	Атлас 5/2	498	509	1007	29,8	31,6	15,4	5,4	16,6	8,8	290	391	1269	9,8	9,4	2,4	1,3	0,89

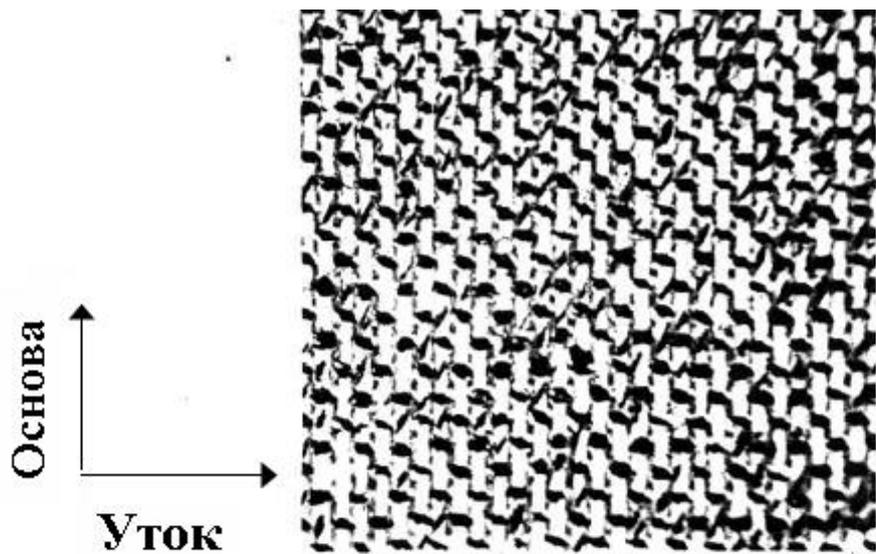


Рис.4.5.  
Полотно  
уточнопорная

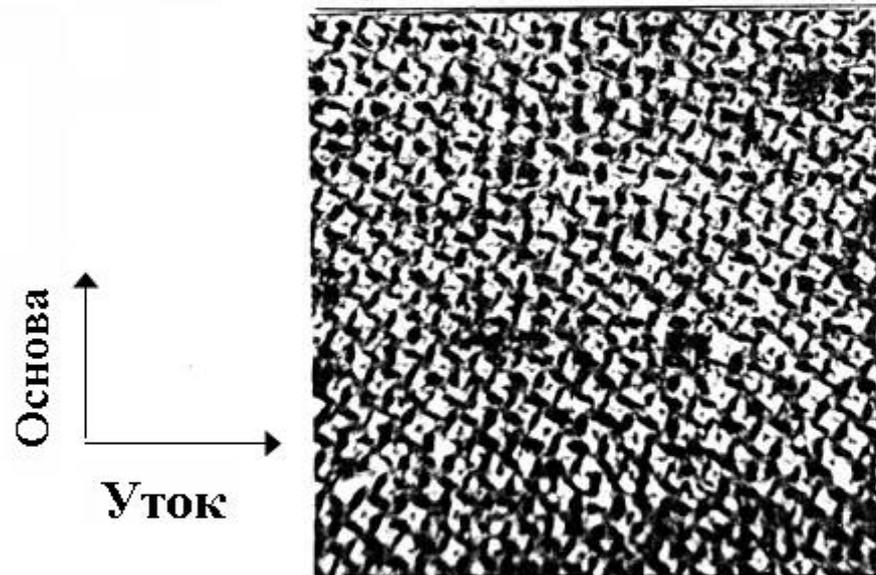


Рис.4.6.  
Полотно  
равнопорная

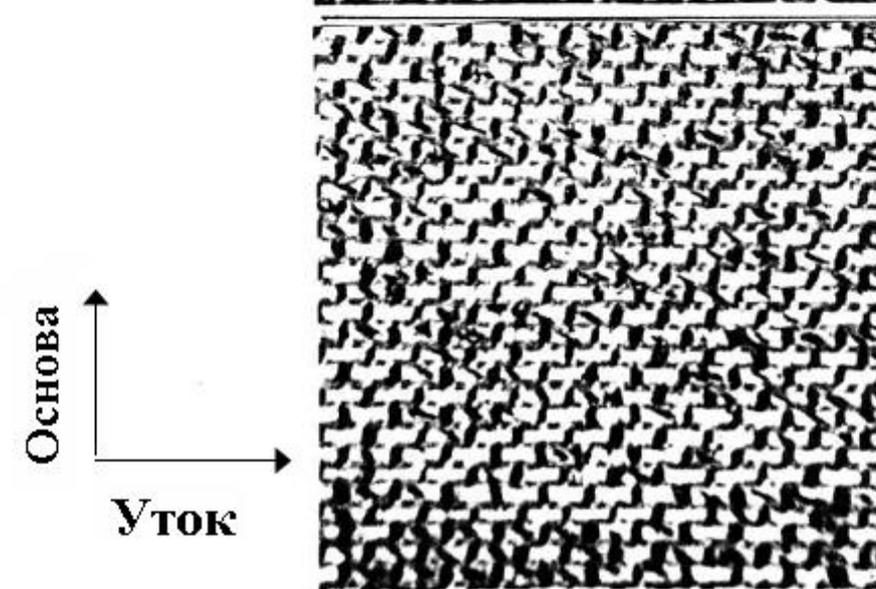
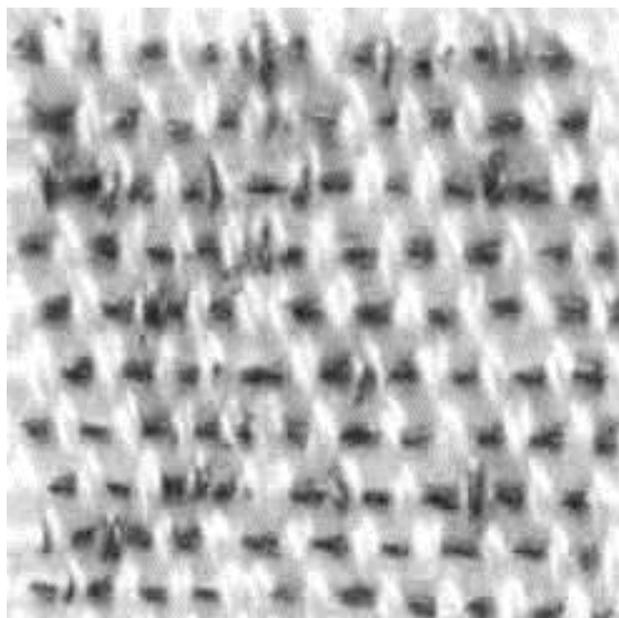
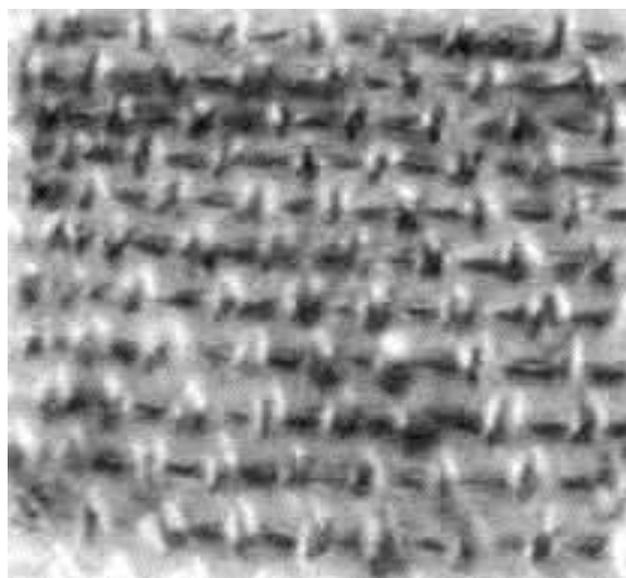


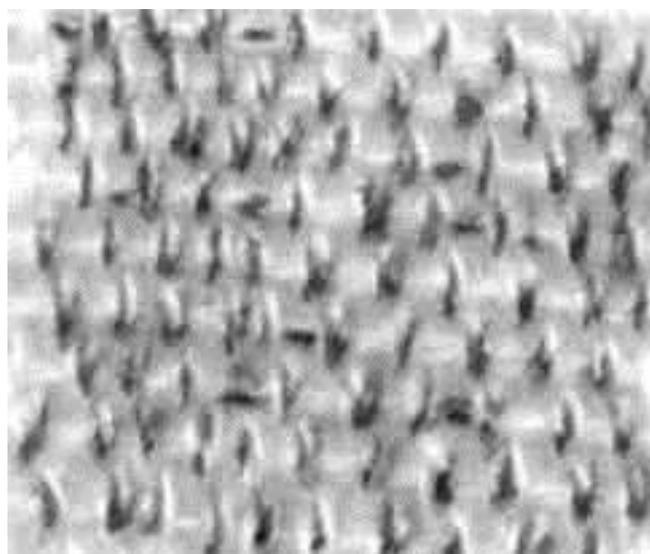
Рис.4.7.  
Полотно  
освопорная



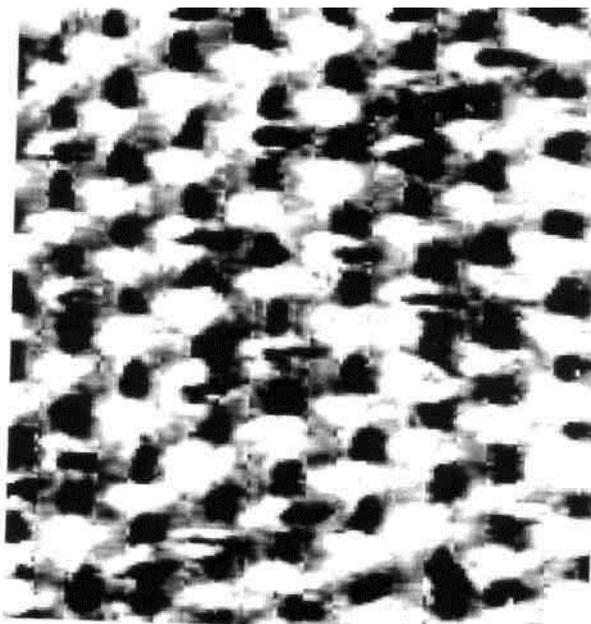
**Рис.4.8.**  
**Основоопорная**  
**саржа**



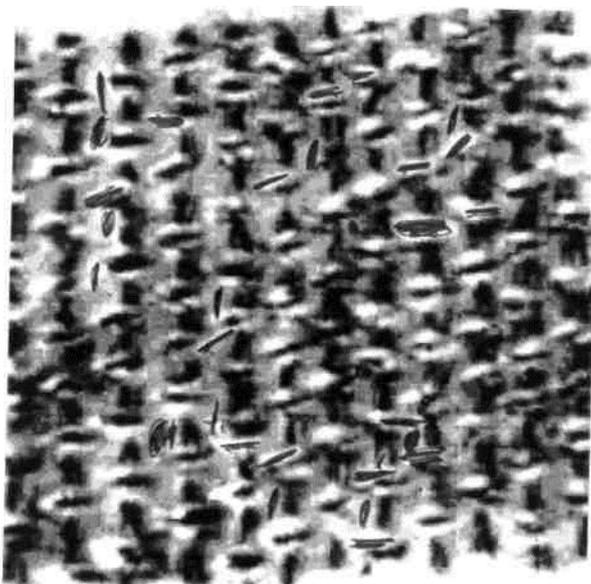
**Рис.4.9**  
**Равноопорная**  
**саржа**



**Рис.4.10**  
**Уточноопорная**  
**саржа**



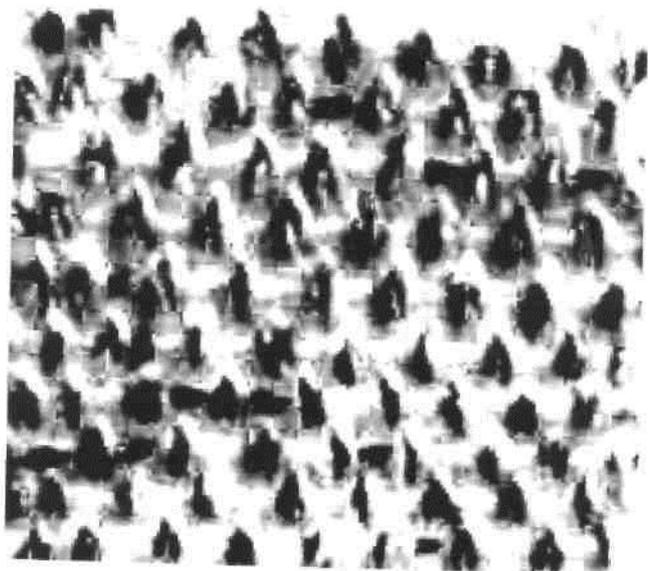
**Рис.4.11**  
**Основоопорный**  
**сатин**



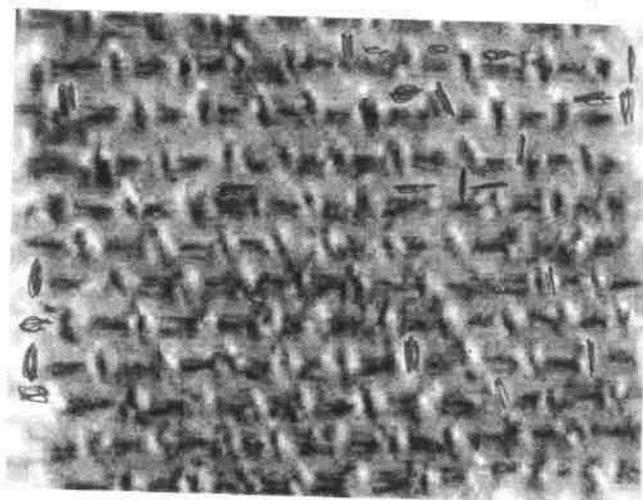
**Рис.4.12**  
**Равноопорный**  
**сатин**



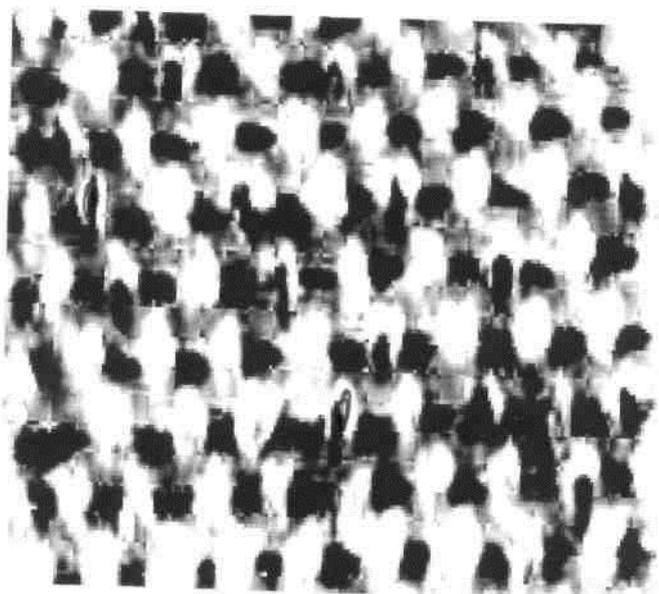
**Рис.4.13**  
**Уточноопорный**  
**сатин**



**Рис.4.14**  
**Основоопорный**  
**атлас**



**Рис.4.14**  
**Равноопорный**  
**атлас**



**Рис.4.16**  
**Уточноопорный**  
**атлас**

Потеря прочности ткани после истирания определялась путем истирания образцов ткани на приборе ТОТ-2 и дальнейшего разрыва их на динамометре.

Как видно из данных, приведенных в таблицах 4.2-4.5, равноопорная ткань (вариант 2) имеет одинаковое число точек по основе и утку и большую в сумме опорную поверхность, чем уточноопорная и основоопорная ткани (варианты 1 и 3).

Наименьшую потерю прочности, т.е. наибольшую сопротивляемость к истиранию, также имеет равно опорная ткань, причем потеря прочности у равноопорной ткани по основе и по утку одинаковая.

С повышением натяжения нити утка в момент перед закрытием зева уработка по основе увеличивается, а по утку уменьшается, а усадка после стирок, наоборот, по основе уменьшается, а по утку увеличивается. Характер изменения уработки и усадки связан с изменением высоты волн изгиба основы и утка ткани. Плотность ткани по основе растет с повышением натяжения нитей утка в момент перед закрытием зева, плотность ткани по утку при этом заметно не изменяется.

Для облегчения анализа по данным таблиц 4.2-4.9 была составлена таблица 4.10 и проведен сравнительный анализ суровых и готовых нестиранных и стиранных тканей.

Анализ экспериментальных данных показывает, что несмотря на увеличение уработки по основе и уменьшение уработки по утку, при увеличении натяжения уточины суммарная уработка остается без существенных изменений, что говорит о том, что увеличение уработки по основе происходит за счет уменьшения уработки по утку. Усадка же после стирок с увеличением натяжения утка по основе уменьшается, а по утку возрастает, а суммарная их величина остается без существенных изменений.

Таблица 4.10

№	Ткань суровая							Ткань готовая						
	До стирок			После стирок				До стирок			После стирок			
	Суммарное число опорных точек	Суммарная уработка	К	Суммарное число опорных точек	Суммарная уработка	Суммарная усадка	К <sub>1</sub>	Суммарное число опорных точек	Суммарная уработка	К	Суммарное число опорных точек	Суммарная уработка	Суммарная усадка	К <sub>1</sub>
1	334	12,1	2,0	403	33,1	16,4	2,08	350	31,5	3,0	376	34,3	4,2	2,25
2	522	12,2	1,0	576	32,8	16,2	1,0	526	31,6	1,2	572	33,8	4,4	1,0
3	337	12,5	0,46	363	32,7	16,1	0,41	357	31,5	0,7	368	33,6	4,3	0,4

#### 4.1.2. Выбор объекта, факторов и критериев экспериментальных исследований

Для основных экспериментальных исследований была выбрана хлопчатобумажная ткань, бязь арт. 4744, полотняного переплетения, без артикульные саржа 2/1, сатин 5/2 и атлас 5/2 относящиеся к бельевой и одежной группе. Все они вырабатываются на станках СТБ на многих хлопчатобумажных фабриках нашей страны и их характеристики приведены в таблице 4.11.

Характеристики бязи арт. 4744, саржи 2/1, сатина 5/2 и атласа 5/2

Таблица 4.11.

Наименование показателей	Виды ткани			
	Бязь арт.4744	Саржа 2/1	Сатин 5/2	Атлас 5/2
Ширина суровой ткани , мм	165	165	140	142
Пряжа основная				
Линейная плотность, текс	29	37	18,5	18,5
Сорт пряжи	1	1	1	1
Пряжа уточная				
Линейная плотность, текс	29	37	20	20
Сорт пряжи	1	1	1	1
Плотность ткани (на 10 см):				
По основе	228	374	274	315
По утку	228	224	392	304
Номер берда	105		85	100
Переплетение	Полотняное	Саржа 2/1	Сатин 5/2	Атлас 5/2
Уработка суровой ткани, %:				
По основе	7,8	10,9	4,0	5,0
По утку	6,6	5,6	6,9	7,4
Ширина готовой ткани, мм	1480± 15		120± 10	122± 12

Ткацкий станок СТБ –180, выбранный для исследований, позволяет изменять натяжение нити утка в момент перед закрытием зева. На рис. 4.5 и в табл. 4.11 представлена цикловая диаграмма работы механизмов станка СТБ-180.

На рис. 4.6 показана конструктивная схема линии заправки уточной нити при установке электромагнитного натяжителя.

С бобины 1, уточная нить 2, сматывается при движении в зев прокладчика 10, проходя через баллоноограничитель 3, глазки натяжителя 5, между электромагнитным натяжителем 6 и его силовой пластиной 4, через тензодатчик 7, направляющие глазки 9 и глазок лапки компенсатора 8.

Нити основы и утка, взаимодействуя в процессе ткачества, изгибаются. Этим объясняется разница между длиной нитей, вводимых в ткань, и длиной и шириной выработанной нити.

Большое влияние на строение ткани оказывают технологические параметры процесса ткачества, в том числе натяжение нитей основы и утка. Чрезмерное увеличение натяжения уточной нити на станках СТБ –180 в момент перед закрытием зева оказывает с одной стороны, положительное влияние на процесс прокладки, обеспечивая равномерное строение ткани, отсутствие петель в ткани и правильную закладку кромки; с другой оно сказывается отрицательно, так как создаются условия для обрыва или потери нити и недолета прокладчика.

Поэтому, в процессе ткачества устанавливается определенная величина натяжения с помощью регулировки силы прижатия нити в тормозной паре натяжителя утка. Указанная регулировка осуществляется органолептически, а критерием оценки правильной установки служит визуальное наблюдение за образованием кромки ткани.

Однако, применение механического натяжителя не позволяет изменять натяжение уточины в момент перед закрытием зева, независимо от натяжения уточины в момент пролета уточины через зев.

Подобное несовершенство механического натяжителя можно устранить, если использовать регулятор натяжения уточной нити с электромагнитным управлением прижатия тормозной ленты к уточной нити, например, электромагнитный натяжитель, разработанный в КазГУ.

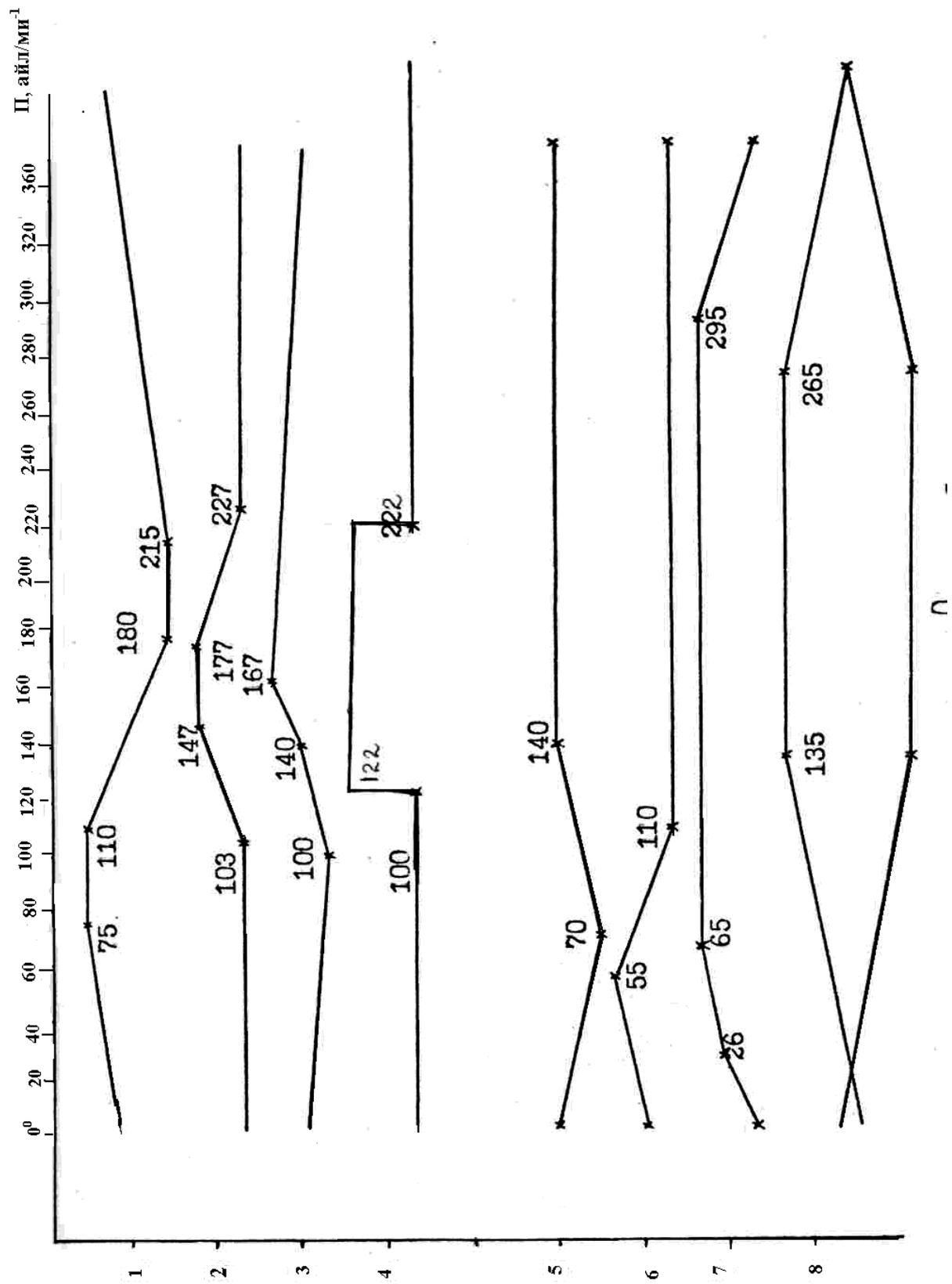


Рис 4.5. Циклическая диаграмма работы механизмов станка СТБ-180

Таблица 4.11

№ механизма	Механизм	Угол поворота главного вала в градусах	Осуществляемая механизмом работа
1	Компенсатор нити	75-110 110-180 180-215 215-75	Выстаивание вверху Опускание Выстаивание внизу Подъем
2	Натяжитель уточной нити (механический)	133-145  145-248  248-278  278-133	Подъем лапки уточного тормоза Выстаивание лапки в верхнем положении Опускание лапки уточного механизма Выстаивание лапки в нижнем положении
3	Боевой механизм	140-164 164-100 161-71	Бой Обратный ход Зарядка торсионного вала
4	Натяжитель уточной нити (электронный)	122-123  122-173 173-174  174-122	Подъем лапки уточного тормоза Выстаивание лапки вверху Опускание лапки уточного натяжителя Выстаивание лапки внизу
5	Батанный механизм	0-70 70-140	Прибой нити Обратный ход
6	Тормоз прокладчиков утка	0-55 55-100	Освобождение нити Торможение прокладчика утка
7	Возвратчик прокладчиков утка	0-65 295-360	Обратный ход Возврат прокладчика утка
8	Зевобразовательный механизм	17-135 135-265 265-17	Открытие зева Выстраивание зева Закрытие зева

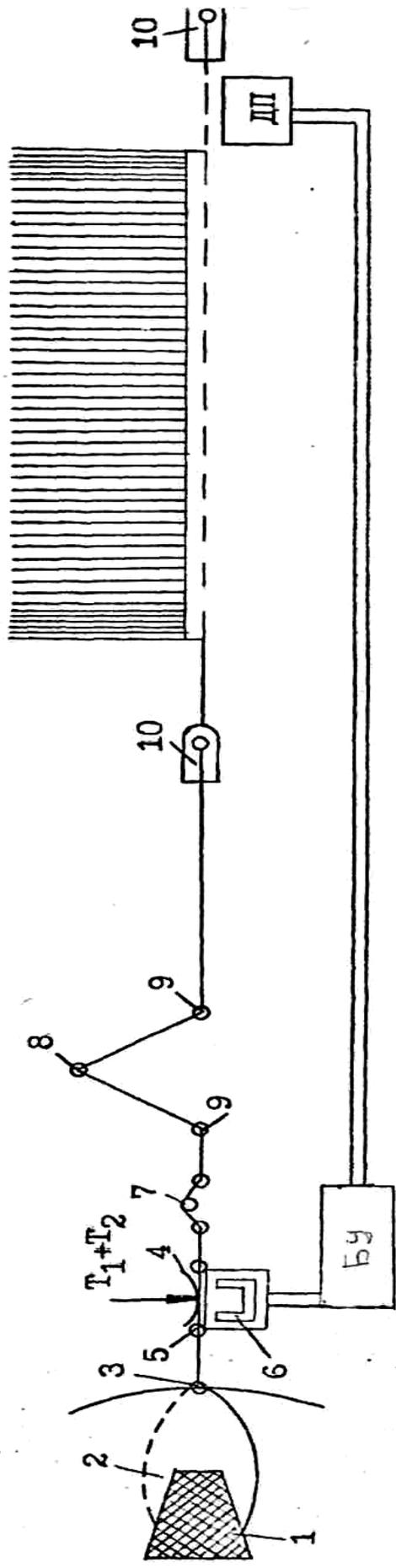
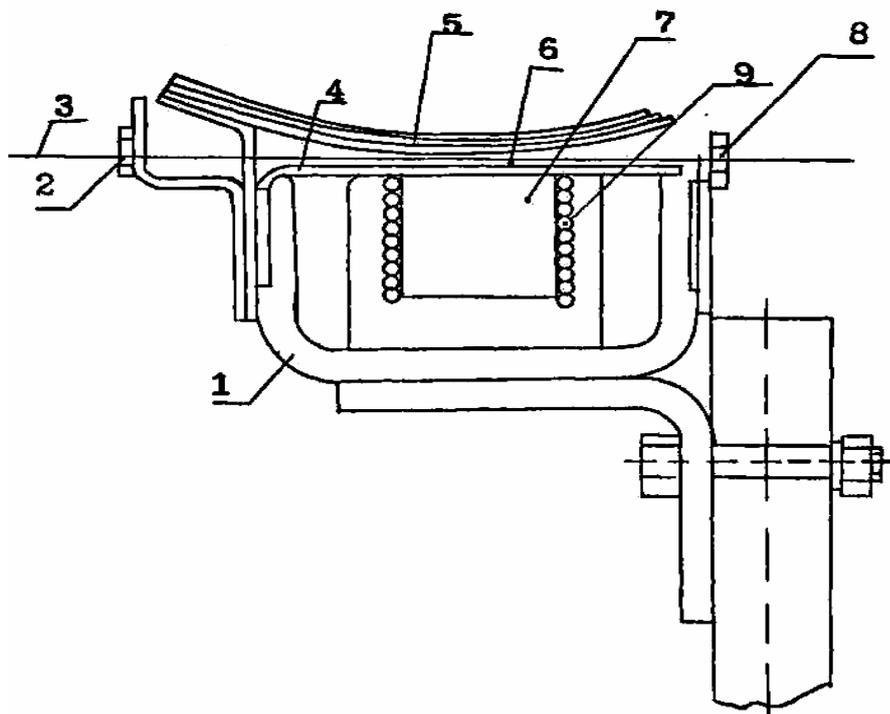


Рис 4.6. Схема линии заправки уточной нити при  
установке электромагнитного натяжителя.  
БУ – блок управления, ДП – датчик прилета

Подобное несовершенство механического натяжителя можно устранить, если использовать регулятор натяжения уточной нити с электромагнитным управлением прижатия тормозной ленты к уточной нити, например, электромагнитный натяжитель, разработанный в КазГУ.

На рис. 4.7 показана конструкция электромагнитного натяжителя. Внутри корпуса 1 натяжителя расположены электрическая катушка 9 и ферромагнитный сердечник 7, которые создают магнитное поле в зазоре 6 между пластинками 4 и 5, благодаря чему возникает натяжение для нити 3.

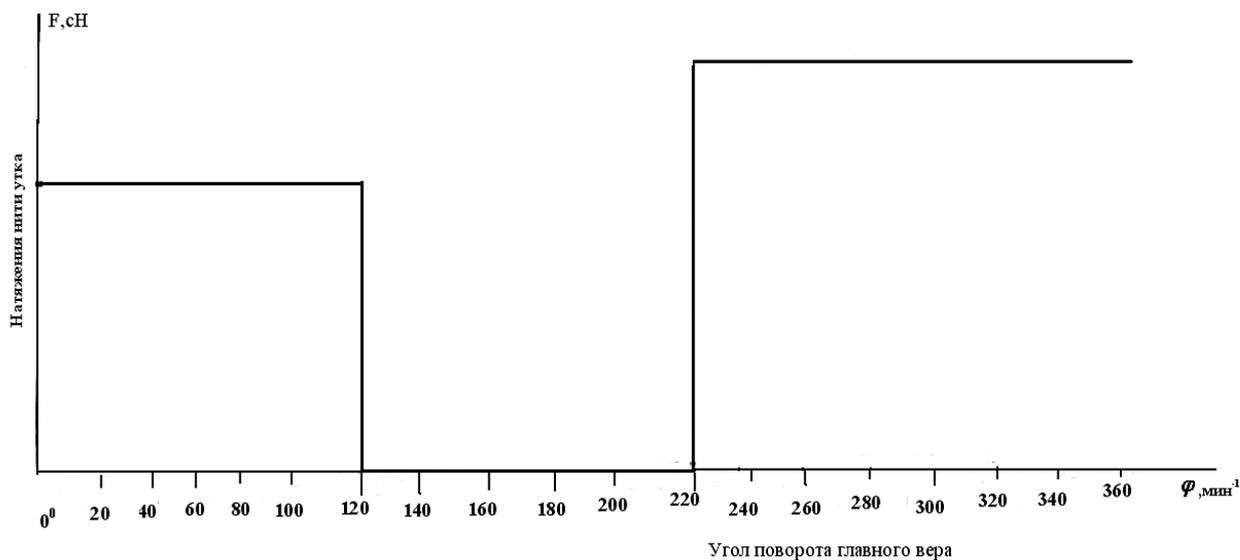
Устройство дополнительно содержит направляющие глазки 2 и 8. Цикловая диаграмма работы электромагнитного натяжителя приведена на рис. 4.8.



**Рис.4.7. Схема конструкции электромагнитного натяжителя**

В эксперименте исследовалась ткань в четырех различных состояниях:

- ткань суровая до и после стирки;
- ткань готовая до и после стирки.



**Рис 4.8. Циклическая диаграмма работы электромагнитного натяжителя**

Число возможных воздействий на объект исследования неограниченно. От выбора числа факторов зависит множество различных состояний объекта, которые обуславливают размерность факторного пространства и сложность решаемой задачи. Для отбора факторов при предварительном изучении объекта исследования проводился их анализ.

Общеизвестно, что процесс формирования ткани определяется множеством технологических параметров. Это натяжение нитей основы, величина заступа, натяжение нити утка, параметры зева, положение скало и др.

### **Выбор факторов**

Фактором называется управляемая, независимая, переменная, соответствующая одному из возможных способов воздействия на объект исследований. Фактор считается заданным, если указаны его название и область определения. В выбранной области определения он может иметь несколько значений, которые соответствуют числу его различных состояний. Выбранные для эксперимента количественные или качественные его фактора носят название уровней фактора.

В планировании эксперимента значения факторов, соответствующие определенным уровням их варьирования, выражают в кодированных величинах. Под интервалом варьирования фактора подразумевается разность между двумя именованными его значениями, принятая за единицу при кодировании.

В процессе выбора факторов рекомендуется учитывать ряд требований. В качестве факторов целесообразно выбирать такие независимые переменные, которые соответствуют одному из разумных в рассматриваемом случае воздействий на объект исследований, могут быть измерены имеющимися средствами с достаточно высокой гарантированной точностью, являются управляемыми и однозначными, совместимы один с другим, не связаны между собой линейными корреляционными связями. Желательно, чтобы факторы оценивались количественно, хотя, как уже отмечалось, планирование эксперимента возможно, если факторы характеризуются только качественно.

Требование управляемости связано с необходимостью обеспечения в ходе эксперимента нескольких уровней варьирования каждого фактора, причем в отдельном опыте выбранный уровень варьирования должен поддерживаться достаточно точно. Каждый фактор должен быть точной характеристикой определённого воздействия на объект исследований, которым можно управлять.

Важное значение имеет учет однозначности факторов. Хорошо, когда выбранные факторы непосредственно воздействуют на объект исследований, не являются функцией других факторов, могут точно фиксироваться во всей выбранной области их определения. В связи с этим при выборе факторов нужно ответить на ряд вопросов: что и где измеряется, в какой области изменяется, как и с какой точностью определяется.

Многие затруднения при постановке задачи связаны с тем, что исследователь выбирает в качестве факторов параметры, которые являются функцией других факторов. Так, в одной из работ [149] при оптимизации

процесса сушки сначала предполагали рассматривать температуру в отдельных зонах сушилки. Однако учет однозначности фактора показал, что в данном случае правильнее говорить о факторах, функцией которых является температура в сушилке: число излучателей тепла и их расположение в зонах сушилки.

Вопрос о корреляции факторов заслуживает особого внимания. Существует правило – при наличии линейной корреляции между факторами эксперимент нельзя планировать. Это связано с тем, что при планировании эксперимента каждый фактор в отдельном опыте должен принимать значение, которое фиксируется постоянным независимо от уровней других факторов. Кроме того, так же как в случае корреляции критериев, включение в эксперимент коррелированных факторов не способствует получению дополнительной информации по сравнению с той, которая найдена при анализе одного фактора из этой совокупности [56, 149].

При наличии коррелированных факторов, прежде всего, нужно рассмотреть вероятность того, что они являются функциями других измеряемых параметров, поскольку использование последних в качестве новых факторов часто позволяет упростить задачу. К сожалению, на практике часто встречаются случаи, когда известно, что коррелированные факторы связаны с влиянием на них других, более общих, параметров, но последние нельзя непосредственно измерить. В таких ситуациях рекомендуется переходить к новым факторам, которые определяются методом главных компонент. Указанные новые факторы называются главными компонентами.

Главные компоненты – линейные комбинации исходных факторов, они не коррелированы. Некоторое количество «первых» из них позволяет обычно описать изменение критерия с необходимой эффективностью.

По мнению некоторых исследователей, при наличии коррелированных факторов планирование эксперимента может привести к правильным решениям, если применяется ортогональное линейное преобразование переменных.

Иногда с целью упрощения задачи на практике, когда при постановке задачи учитывается существенная априорная информация об объекте исследований, используют сложные факторы – критерии подобия, соотношения компонентов, логарифмы и т.д. Оптимизация усложняется, если не удастся выразить все рассматриваемые факторы количественно, так как наличие качественных факторов очень часто связано с недостатком знаний об объекте исследований.

Если имеются качественные факторы, то при постановке задачи принимают одно из двух решений:

1. Оптимизацию ведут отдельно для каждого уровня качественного фактора, а затем сравнивают оптимальные решения;
2. Принимают для качественного фактора несколько уровней и осуществляют оптимизацию с учетом одновременно всех этих уровней.

Выбор решения зависит от особенностей конкретной задачи.

Обычно первый из приведенных вариантов дает более надежные результаты, но требует больших затрат времени и средств.

Наличие качественных факторов, как правило, присуще исследованиям в легкой и текстильной промышленности. Отсюда затруднения в обеспечении необходимого постоянства уровней в процессе эксперимента.

При выборе области определения факторов рекомендуется обращать специальное внимание на выбор нулевой точки, или нулевого уровня факторов. Выбор нулевой точки эквивалентен определению такого состояния объекта исследований, которое принимается за исходное при поиске оптимума. Оптимизация связана с улучшением состояния объекта исследований по сравнению с состоянием в нулевой точке, поэтому желательно, чтобы данная точка была в области оптимума или как можно ближе к ней; тогда ускоряется поиск оптимальных решений.

Если проведению эксперимента предшествовали другие исследования по рассматриваемому вопросу, то за нулевую принимается такая точка,

которой соответствует наилучшее значение параметра оптимизации, установленное в результате формализации априорной информации. В этом случае нулевыми уровнями факторов являются те значения последних, сочетания которых соответствуют координатам нулевой точки.

Часто, при постановке задачи, область определения факторов бывает заданной, является локализованной областью факторного пространства. Тогда центр этой области принимается за нулевую точку.

После установления нулевой точки выбирают интервалы варьирования факторов. Это связано с определением таких значений факторов, которые в кодированных величинах соответствуют  $+1$  и  $-1$ .

При выборе интервалов варьирования факторов в области эксперимента находят некоторую подобласть, симметричную относительно нулевой точки, которая предназначена для изучения на первой стадии эксперимента. Интервал варьирования фактора выбирают с учетом того, что значения факторов, соответствующие уровням  $+1$  и  $-1$ , должны быть достаточно отличимы от значения, соответствующего нулевому уровню. Поэтому во всех случаях величина интервала варьирования  $\varepsilon$  должна быть больше удвоенной квадратичной ошибки фиксирования данного фактора. Правда, и чрезмерное увеличение интервалов варьирования нежелательно, так как это может привести к снижению эффективности поиска оптимума, например, когда движение в область оптимума ведется методом крутого восхождения. Очень малый интервал варьирования уменьшает область эксперимента, что замедляет поиск оптимума.

Очень часто на практике выбор интервала варьирования не вызывает затруднений, поскольку заранее известна область определения факторов и, более того, имеется некоторая информация о предполагаемом порядке математической модели объекта исследований.

В работе [149] например, при постановке задачи было установлено, что предстоит влияние пяти факторов, верхние и нижние границы определения которых известны. Было известно также, что оптимум должен находиться в

районе нулевой точки, а для математического описания объекта исследований потребуется, вероятно, планирование второго порядка, так как линейная модель вряд ли будет адекватной. В этих условиях считалось целесообразным применение ротатабельного планирования, связанного с варьированием каждого фактора на пяти уровнях при условии, что в области определения каждого фактора все его уровни варьирования находятся на одинаковом расстоянии один от другого (-2,-1,0,+1,+2). Для установления интервала варьирования потребовалось разделить область определения каждого фактора на четыре равные части, которые были эквивалентны по величине интервалам варьирования соответствующих факторов.

Важно подчеркнуть, что при выборе интервалов варьирования целесообразно учитывать, если это возможно, число уровней варьирования факторов в области эксперимента от которых уровней зависят объем эксперимента и эффективность оптимизации.

В общем виде зависимость числа опытов от числа уровней факторов имеет вид

$$N = p^k,$$

где:  $N$  – число опытов;

$p$  – число уровней;

$k$  – число факторов.

Соотношение справедливо для случая, когда число уровней для всех факторов плана одинаково.

Минимальное число уровней, которое допустимо обычно на первой стадии работы, равно 2. Это верхний и нижний уровни, связанные с границами определения факторов и обозначаемые в кодированных координатах через +1 и -1. Варьирование факторов на двух уровнях используется в отсеивающих экспериментах, на стадии движения в области оптимума и при описании объекта исследований линейными моделями. Но такого числа уровней недостаточно для построения моделей второго порядка.

С увеличением числа уровней повышается чувствительность эксперимента, но одновременно возрастает число опытов. При построении моделей второго порядка необходим, как правило, эксперимент, который связан с варьированием факторов на 3, 4 или 5 уровнях.

В каждом отдельном случае число выбирают с учетом условий задачи и предполагаемых методов планирования эксперимента. При этом иногда возникают затруднения, если задача связана с качественными факторами или они изменяются дискретно.

При качественных факторах, например, не имеет ясного физического смысла нулевой уровень, когда планирование эксперимента осуществляется на двух уровнях. Данное обстоятельство не сказывается на эффективности оптимизации, если модель линейная. Сложнее ситуация, когда учет качественных факторов нужен при построении моделей второго порядка. Трудно, в частности, найти волокно, соответствующее нулевому уровню фактора, который характеризует влияние природы волокон (например, если нижнему уровню соответствует вискозное волокно, а верхнему - капроновое). Качественные факторы рекомендуется учитывать только в отсеивающих экспериментах и при использовании тех методов планирования эксперимента, которые не связаны с построением нелинейных уравнений.

Многими исследователями отмечалось, что на строение ткани в наибольшей степени влияет натяжение нитей основы и утка и их соотношение. Поэтому нами были выбраны два основных независимых фактора:

$X_1$  – натяжение уточной нити;

$X_2$  – натяжение основной нити.

Выбранные факторы, что очень важно, отвечают всем требованиям, предъявляемым к факторам в теории планирования эксперимента. Во-первых, они могут изменяться в достаточно широких пределах минимальных и максимальных значений и устанавливаться с необходимой точностью. Во-

вторых, они являются независимыми. И, наконец, эти факторы могут быть измерены имеющимися средствами.

Что касается остальных технологических параметров заправки станка, они были установлены в соответствии с регламентированным режимом выработки тканей бязь арт.4744, саржа 2/1, сатин 5/2 и атлас 5/2 на станках СТБ-180 и поддерживались постоянными при исследовании объекта.

### **Выбор критериев оптимизации**

Выбор критериев оптимизации является одним из главных этапов работы на стадии предварительного изучения объекта исследований, так как правильная постановка задачи зависит от правильности выбора критерия оптимизации, являющегося функцией цели. Недооценка этого этапа исследований иногда приводит к ошибкам при постановке задачи, которые сводят на нет всю последующую работу по поиску оптимальных решений.

В общем виде о критерии оптимизации говорят как о количественной характеристике цели.

С позиций математической постановки задачи при выборе критерия оптимизации необходимо учитывать, что его функции должен выполнять единственный показатель, поскольку только тогда имеет смысл задача поиска экстремального значения функции цели. К сожалению, на практике очень редко встречаются ситуации, когда одного показателя достаточно для полной оценки качества объекта исследований. Поэтому в большинстве случаев приходится иметь дело с задачами, для которых характерно применение нескольких критериев оптимизации.

Рассмотрим особенности выбора единичного критерия.

Критерий оптимизации рекомендуется выбирать с учетом комплекса требований [56], в результате тщательного, объективного и непредубежденного анализа особенностей объекта исследований и целей работы. Критерий оптимизации должен быть эффективным. Необходимо, чтобы он однозначно и с достаточной полнотой количественно

характеризовал качество объекта исследований, чтобы его можно было оценивать с максимальной статистической эффективностью, просто и удобно. Желательно, кроме того, чтобы критерий оптимизации имел физический смысл и был понятен исследователю.

При выборе критерия оптимизации возможны различные ситуации: критерий известен заранее, он неизвестен вообще или известен, но с недостаточной точностью. Постановка задачи упрощается, если критерий оптимизации очевиден. В этом случае на стадии предварительного изучения объекта исследований нужно оценить соответствие известного критерия перечисленным выше требованиям и, в первую очередь, установить возможности его количественной оценки с достаточной статистической эффективностью. В остальных случаях решается задача по выбору критерия.

Когда не удастся найти количественной оценки качества функции цели, а такое на практике не исключено, исследователю не следует сразу отчаиваться. Часто задачу оптимизации все же можно поставить и решить, если при сравнении различных состояний объекта исследований имеется возможность понять, что одни из них «хуже» или «лучше» других. В подобных случаях хорошие результаты дает эксперимент, выполняемый с использованием симплекс – планирования или неполноблочных планов.

Если при выборе критерия оптимизации возникают трудности из – за сложности его количественной оценки, то иногда выход из положения удастся найти с помощью субъективных ранговых оценок функции цели, соответствующих по смыслу, например, различным сортам материала, хотя такие оценки, конечно, являются обычно менее предпочтительными по сравнению с количественными критериями, имеющими физический смысл.

Оптимальность и эффективность ранговых критериев для различных ситуаций рассматриваются в работе [32].

Требование, связанное с необходимостью применять критерии с определенным физическим смыслом, определяется не только стремлением к более точным оценкам качества функции цели. Использование таких

критериев облегчает интерпретацию полученных в результате эксперимента результатов исследований. Требование однозначности критерия связано с учетом методологических концепций планирования эксперимента: определенному набору значений факторов должно соответствовать только одно значение критерия оптимизации. Обратное требование не является обязательным, поскольку часто одному значению критерия соответствуют многие наборы различных сочетаний факторов. Наконец, требование статистической эффективности критерия оптимизации заставляет обращать особое внимание на точность его оценок, оно обязательно должно учитываться при выборе числа параллельных опытов. Существует мнение [32], что не всегда целесообразно использовать критерий оптимизации, величина которого выражается в процентах, так как этот критерий иногда недостаточно статистически эффективен. Уместнее применять параметры, выраженные в относительных единицах. При выборе критерия важно, чтобы его существенные количественные оценки имели место для всех различимых состояний объекта исследований.

Нами были выбраны те критерии, которые позволили оценить достижение поставленной цели:

1. Опорная поверхность ткани.
2. Износостойкость ткани.
3. Высота изгиба нитей основы и утка.

Кроме того, были выбраны критерии, которые характеризуют остальные параметры строения ткани:

1. Плотность ткани по основе и утку.
2. Ширина ткани.
3. Усадка ткани по основе и утку.
4. Уработка нитей основы и утка в ткани.

#### 4. 1.3. 4.1.3. Оптимизация параметров формирования тканей станка СТБ

Ткацкий станок СТБ является централизованной системой управления от главного вала.

Различают цикловую и фактическую производительность ткацкого станка.

Под цикловой производительностью подразумевается максимальная производительность ткацкого станка, которую можно достичь при отсутствии простоев.

Цикловая производительность определяется по формуле [ ]

$$Q_{ц} = n \cdot L \quad (4.1)$$

где  $n$  - обороты главного вала об/мин,  $L$  — ширина ткани в м.

Под фактической производительностью подразумевается производительность с учетом всех видов простоев.

$$Q_{ф} = Q_{ц} \cdot \text{кпв} \quad (4.2)$$

где  $\text{кпв}$  — коэффициент полезного времени работы станка.  $\text{Кпв}$  зависит от величины простоев станка в процессе работы. Все виды простоев станка разделяются на 4 группы:  $P_1$ — технологические,  $P_2$ -механические, связанные с износом, поломкой, с разладкой отдельных механизмов,  $P_3$  - простои, связанные с планово - предупредительным ремонтом,  $P_4$  - организационные простои.

Из формул ( ) и ( ) видно, что фактическую производительность станка можно повысить за счет увеличения числа оборотов главного вала и за счет увеличения  $\text{кпв}$ .

Запишем формулы связи оборотов главного вала с параметрами станка.

$$n = \frac{\alpha_{ab} \left( V_H - \frac{\Delta V}{2} \cdot F_y \right)}{6(L + R + K)} \quad (4.3)$$

где  $\alpha_{ab} = a - b$ ,  $a$  - угол прилета прокладчика по циклограмме в приемную коробку,  $b$  - угол боя по циклограмме,  $L$  - заправочная ширина станка, м,  $R$  - путь прокладчика, проходящего в уточно-боевой коробке в момент разгона, м,  $\Delta V$  - падение скорости прокладчика на метр ширины

заправки,  $V_n$  - начальная скорость прокладчика, м /сек,  $K$  - константа, учитывающая промежуток, занимаемый нитеуловителями и тормозной путь прокладчика, м.,  $F_y$ -натяжение уточной нити, сН.

Из формулы ( ) видно, для увеличения оборотов главного вала  $n$  при фиксированных параметрах  $L, R, K, \Delta V$  станка, необходимо увеличить скорость прокладчика  $V_n$  и  $\alpha_{ab}$  - угол полета прокладчика по циклограмме. Начальная скорость прокладчика  $V_n$  зависит от прочности нити и от скоростных характеристик боевого механизма и от натяжение уточной нити.

Будем рассматривать возможность увеличения кпв только за счет уменьшения группы простоев  $P_2$ , основными причинами которых являются отказы механизмов вследствие ненадежной работы и износа из за недостаточной их долговечности.

Для уменьшения группы простоев  $P_2$  существует два пути: дальнейшее усовершенствование отдельных механизмов станка за счёт снижения уровня напряжений в их звеньях.

Так как станок состоит в основном из кулачково-рычажных механизмов наиболее слабым местом которых являются высшие пары, кулачковых механизмов, работоспособность которых зависит от величины нормальных контактных напряжений. В свою очередь контактные напряжения зависят от геометрических размеров механизма, величины внешней нагрузки, закона движения, материала и от величины фазового угла срабатывания механизма и т.д. Одним из путей снижения уровня контактных напряжений является расширение тех фазовых углов срабатывания  $\alpha_{ij}$  механизмов, в которых контактные напряжения превышают допустимые.

Их проведенного выше анализа для повышения фактической производительности станка необходимо решение следующих задач:

1. Увеличение цикловой производительности станка за счет увеличения угла полета прокладчика  $\alpha_{ab}$  по циклограмме путем ее оптимизации и

увеличение начальной скорости  $V_n$  прокладчика утка.

2. Увеличение КПВ за счет оптимизации циклограммы и усовершенствование отдельных наиболее важных механизмов станка.

Для решения этих задач необходимо:

1. Построить математическую модель циклограммы работы станка.
2. Провести исследования движения прокладчика утка, движение прокладчика утка в процессе полета и торможения и натяжение уточной нити.
3. Рассмотреть динамику боевого механизма станка СТБ, механизма смены цвета утка, электромагнитного уточного тормоза.
4. Провести разработку и усовершенствование наиболее важных механизмов станка СТБ.
5. Провести экспериментальные исследования боевого механизма станка СТБ, процесса прокладывания уточной нити в зеве и ее натяжение, колебаний скорости главного вала станка СТБ.

Отсюда следует для повышения фактической производительности станка и увеличить фазовые углы  $\alpha_{ij}$  отдельных механизмов согласно циклограмме.

Циклограмма механизмов станка СТБ-180 для удобства ее исследование расчленена на 6 групп механизмов и представлена в виде векторных многоугольников в соответствии с рисунками (4.21-4.26).

Механизмы в группах повторяются и их нумерация является сквозной для всех групп механизмов.

Первая группа механизмов: 1-батанный механизм, 12-механизм вертикальной подачи нитеуловителя, 11 -механизм горизонтальной подачи нитеуловителя, 13-механизм подачи крючка поперек основы, 14 – механизм додачи крючка вдоль основы.

Условия совместной работы механизмов:

1. Крючок подходит к линии приборя позже, чем батанный механизм.
2. Батанный механизм начинает движение к линии приборя раньше движения

нитеуловителя.

3. Крючок начинает движение под шпарутки раньше начала движения батанного механизма к линии прибоа.

4. Горизонтальное движение крючка поперек основы под шпарутки начинается раньше чем его движение вдоль основы.

5. Поперечное движение крючка для захвата нити начинается раньше вертикального движения нитеуловителя на раскрывание.

6. Поперечное движение крючка для захвата нити начинается раньше вертикального движения нитеуловителя на раскрывание.

7. Поперечное движение крючка для захвата нити начинается раньше горизонтального движения нитеуловителя к линии пролета после второго его выстоя.

8. Горизонтальное и вертикальное движение в момент передачи нити крючку должно начинаться раньше движения крючка поперек основы под шпарутки.

По данным условиям составлена циклограмма в виде векторных многоугольников механизмов первой группы в соответствии с рисунком 4.21.

Вторая группа механизмов: 1-батанный механизм, 2-механизм возврата прокладчиков, 3-боевой механизм, 9-раскрыватель пружины прокладчиков (правый), 15-выталкиватель прокладчиков.

Условия совместной работы механизмов: 1- Батанный механизм может начинать движение к линии прибоа раньше, чем возвратчик закончит возврат прокладчика.

2. Батанный механизм приходит к линии пролета не позже начала боя боевого механизма

3. Возвратчик. возвращается в исходное положение раньше боя боевого механизма

4. Выталкиватель возвращается в исходное положение раньше боевого механизма

5. Раскрыватель начинает свое движение на раскрывание прокладчика раньше, чем возвратчик закончит возврат прокладчика.

6. Момент раскрывания может начинаться только после окончания возврата прокладчиков.

7. Раскрыватель фиксирует прокладчик раньше начала выталкивания прокладчика выталкивателя.

8. Пока не закончится процесс выталкивания прокладчика раскрыватель не может знать своего движения вверх.

9. Выталкиватель начинает свое обратное движение не раньше, чем крючок раскрывателя выйдет из прокладчика. По данным условиям составлена циклограмма в виде векторных многоугольников в соответствии с рисунком 4.22.

Третья группа механизмов: 3-боевой механизм, 5-раскрыватель пружины прокладчиков (левый), 6-подъемник прокладчиков, 4-компенсатор точной нити, 16-тормоз утка.

Условия совместной работы механизмов:

1. Боевой механизм приходит в исходное положение раньше прихода подъемника в верхнее положение.

2. Компенсатор заканчивает вытягивание нити раньше прихода подъемника в верхнее положение.

3. Компенсатор может начинать свое движение раньше начала боя боевого механизма

4. Раскрыватель начинает свое движение для фиксации прокладчика раньше движения подъемника к линии боя.

5. Раскрыватель может прийти в верхнее положение раньше, чем подъемник закончит верхний прижим.

6. Раскрыватель выходит из пружины прокладчика для смыкания губок раньше начала движения компенсатора вниз.

7. Тормоз утка заканчивает свое движение верх раньше начала боя боевого механизма

8. Тормоз утка заканчивает свое движение верх раньше начала боя боевого механизма

По данным условиям составлена циклограмма в виде векторных многоугольников механизмов третьей группы в соответствии с рисунком 4.23.

Четвертая группа механизмов: 3-боевой механизм, 8-тормоз прокладчиков, 10-укладчик прокладчиков, 15-выталкиватель, 9-раскрыватель прокладчиков (правый).

- Условия совместной работы механизмов:
- 1- Тормоз прокладчиков возвращается в исходное положение раньше начала боя боевого механизма.
  2. Тормоз прокладчиков освобождает прокладчик раньше начала движения выталкивателя.
  3. Раскрыватель начинает свое движение вверх раньше начала движения укладчиков на укладку.
  4. Раскрыватель приходит в верхнее положение раньше боя боевого механизма
  5. Выталкиватель возвращается в исходное положение раньше боя боевого механизма.

По данным условиям составлена циклограмма в виде векторных многоугольников механизмов четвертой группы в соответствии с рисунком 4.24. Пятая группа механизмов: 3-боевой механизм, 7-уточные ножницы, 8-тормоз прокладчиков утка, 2-возвратчик прокладчиков, 16-тормоз утка.

Условия совместной работы механизмов:

1. Уточные ножницы возвращаются в исходное положение раньше начала боя боевого механизма.
2. Тормоз утка заканчивает окончательный прижим нити раньше начала отрезания уточной нити ножницами.
3. Возвратчик заканчивает возврат прокладчика раньше движения тормоза прокладчиков на освобождение прокладчика.

По данным условиям составлена циклограмма в виде векторных многоугольников механизмов пятой группы в соответствии с рисунком 4.25.

Шестая группа механизмов: 3-боевой механизм, 7-уточные ножницы, 4-компенсатор уточной нити, 18-механизм смены цвета, 17-зевобразовательный механизм.

Условия совместной работы механизмов:

1. Лапки уточного тормоза опускается раньше начала движения компенсатора вниз.
2. Лапки уточного тормоза опускается позже отрезания нити ножницами.
3. Компенсатор начинает высотой раньше начала отрезания уточной нити ножницами.
4. Механизм зевобразования раскрывать зев раньше начала боя боевого механизма. По данным условиям составлена циклограмма в виде векторных многоугольников механизмов шестой группы в соответствии с рисунком 4.26.

Запишем векторные уравнения в соответствии с рисунками (4.21-4.26).

$$\sum_{j=1}^{m_i} \bar{P}_j = \bar{P}, i \quad (4.4)$$

Таблица 4.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
m <sub>i</sub>	3	5	4	7	5	5	5	5	6	9	3	10	6	5	4	7	5	5

Запишем управления для векторов связи по группам механизмов.

Первая группа механизмов в соответствии с рисунком 4.21.

$$\begin{aligned}
 \bar{S}_{12} &= \bar{b}_{13,1} - \bar{b}_{11} - 0 \\
 \bar{S}_{13} &= \bar{b}_{14,1} - \bar{b}_{11} - 0 \\
 \bar{S}_{11,1} &= \bar{b}_{11,6} + \bar{b}_{11,7} + \bar{b}_{11,8} + \bar{b}_{11,9} - \bar{b}_{14,1} - 0 \\
 \bar{S}_{11,2} &= \bar{b}_{11,9} - \bar{b}_{135} + 0 \\
 \bar{S}_{12,1} &= \bar{b}_{12,9} + \bar{b}_{13,5} + 0 \\
 \bar{S}_{13,1} &= \bar{b}_{13,4} + \bar{b}_{13,5} + \bar{b}_{11,9} + 0 \\
 \bar{S}_{13,2} &= \bar{b}_{13,4} + \bar{b}_{13,5} + \bar{b}_{12,9} - \bar{b}_{12,10} - 0
 \end{aligned} \quad (4.5)$$

Вторая группа механизмов в соответствии с рисунком 4.22.

$$\begin{aligned}
 \bar{S}_{12} &= \bar{b}_{13} + \bar{b}_{32} - \bar{b}_{11} - \bar{b}_{12} + 0 \\
 \bar{S}_{91} &= \bar{b}_{21} + \bar{b}_{22} - \bar{b}_{91} - 0 \\
 \bar{S}_{92} &= \bar{b}_{34} - \bar{b}_{15,6} - 0 \\
 \bar{S}_{93} &= \bar{b}_{95} + \bar{b}_{96} + \bar{b}_{15,5} - \bar{b}_{15,6} - 0 \\
 \bar{S}_{15,1} &= \bar{b}_{94} + \bar{b}_{95} + \bar{b}_{96} - \bar{b}_{154} - \bar{b}_{15,5} - \bar{b}_{156} + 0 \\
 \bar{S}_{152} &= \bar{b}_{15,6} - \bar{b}_{34} + 0 \\
 \bar{S}_{15,3} &= \bar{b}_{91} + \bar{b}_{92} - \bar{b}_{151} - \bar{b}_{152} + 0
 \end{aligned} \tag{4.6}$$

Третья группа механизмов в соответствии с рисунком 4.23.

$$\begin{aligned}
 \bar{S}_{31} &= \bar{b}_{34} - \bar{b}_{44} - \bar{b}_{45} - 0 \\
 \bar{S}_{52} &= \bar{b}_{31} + \bar{b}_{32} - \bar{b}_{51} + 0 \\
 \bar{S}_{53} &= \bar{b}_{53} + \bar{b}_{54} + \bar{b}_{55} - \bar{b}_{63} - \bar{b}_{64} - 0 \\
 \bar{S}_{62} &= \bar{b}_{41} - \bar{b}_{61} - 0 \\
 \bar{S}_{162} &= \bar{b}_{16,5} + \bar{b}_{16,6} - \bar{b}_{54} - \bar{b}_{55} + 0
 \end{aligned} \tag{4.7}$$

Четвертая группа механизмов в соответствии с рисунком 4.24.

$$\begin{aligned}
 \bar{S}_{81} &= \bar{b}_{31} + \bar{b}_{32} - \bar{b}_{81} - \bar{b}_{82} - \bar{b}_{83} + 0 \\
 \bar{S}_{82} &= \bar{b}_{15,1} - \bar{b}_{81} - 0 \\
 \bar{S}_{93} &= \bar{b}_{10,1} - \bar{b}_{91} - \bar{b}_{92} - 0 \\
 \bar{S}_{31} &= \bar{b}_{31} + \bar{b}_{32} + \bar{b}_{33} - \bar{b}_{21} - \bar{b}_{22} - \bar{b}_{23} - 0 \\
 \bar{S}_{82} &= \bar{b}_{71} - \bar{b}_{81} + 0 \\
 \bar{S}_{16,3} &= \bar{b}_{71} + \bar{b}_{72} - \bar{b}_{16,1} - \bar{b}_{16,2} - 0
 \end{aligned} \tag{4.8}$$

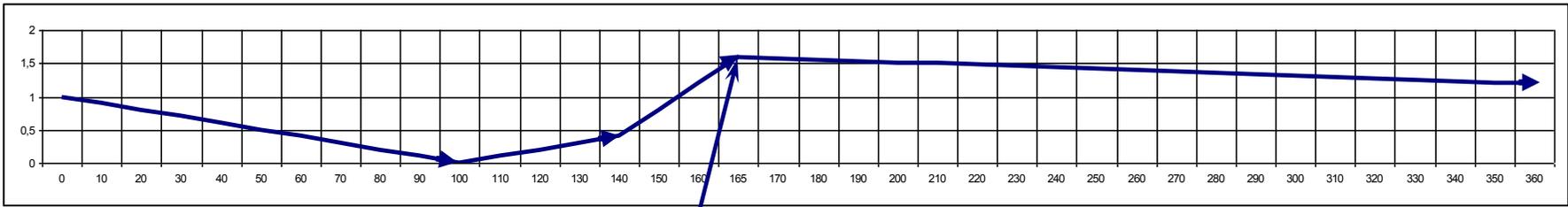
Пятая группа механизмов в соответствии с рисунком 4.25.

$$\begin{aligned}
 \bar{S}_{42} &= \bar{b}_{71} - \bar{b}_{72} - \bar{b}_{41} - 0 \\
 \bar{S}_{72} &= \bar{b}_{181} - \bar{b}_{71} + 0 \\
 \bar{S}_{172} &= \bar{b}_{31} + \bar{b}_{32} + \bar{b}_{33} - \bar{b}_{171} + 0 \\
 \bar{S}_{181} &= \bar{b}_{18,5} - \bar{b}_{173} + 0
 \end{aligned} \tag{4.10}$$

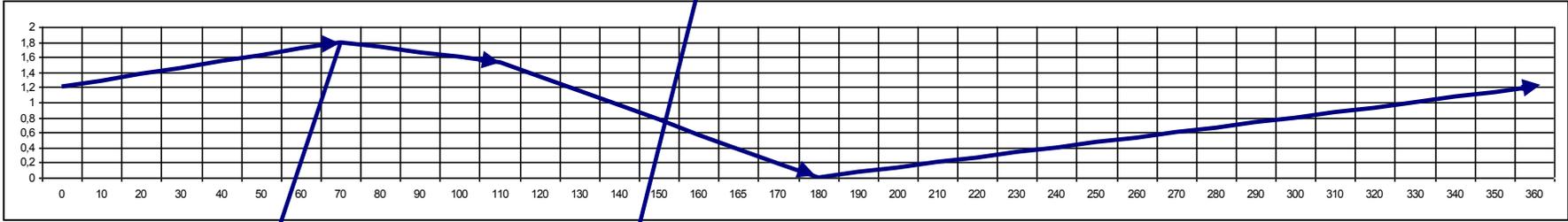
$$\sum_{j=i}^{m_1} \alpha_{ij} = 2\pi, \quad i = \overline{1,18}$$

$$\begin{aligned}
& \alpha_{13,1} - \alpha_{11} \geq 0; \alpha_{14,1} - \alpha_{11} \geq 0; \alpha_{11,6} + \alpha_{11,7} + \alpha_{11,8} + \\
& + \alpha_{11,9} - \alpha_{14,1} \geq 0; \alpha_{13,4} + \alpha_{13,5} + \alpha_{11,9} \geq 0 \\
& + \alpha_{13,4} + \alpha_{13,5} - \alpha_{12,9} - \alpha_{12,10} \geq 0; + \alpha_{31} + \\
& + \alpha_{32} - \alpha_{11} - \alpha_{12} \geq 0; \alpha_{21} + \alpha_{22} + \alpha_{91} \geq 0; \\
& + \alpha_{95} + \alpha_{96} - \alpha_{15,5} - \alpha_{15,6} \geq 0; \alpha_{94} + \alpha_{95} + \\
& + \alpha_{96} - \alpha_{15,4} - \alpha_{15,5} - \alpha_{15,6} \geq 0; \alpha_{91} + \\
& + \alpha_{92} - \alpha_{15,1} - \alpha_{15,2} \geq 0; \alpha_{34} - \alpha_{44} + \\
& + \alpha_{45} \geq 0; \alpha_{31} + \alpha_{32} - \alpha_{51} \geq 0; \alpha_{53} + \\
& + \alpha_{54} + \alpha_{55} - \alpha_{63} - \alpha_{64} \geq 0; \alpha_{16,5} + \\
& + \alpha_{16,6} - \alpha_{54} - \alpha_{55} \geq 0; \alpha_{31} + \alpha_{32} - \\
& - \alpha_{81} + \alpha_{87} - \alpha_{83} \geq 0; \alpha_{71} - \alpha_{81} \geq 0; \\
& \alpha_{71} + \alpha_{72} - \alpha_{16,1} - \alpha_{16,2} \geq 0; \alpha_{17} - \\
& - \alpha_{72} - \alpha_{41} \geq 0; - \alpha_{181} - \alpha_{71} \geq 0; \alpha_{31} + \\
& + \alpha_{32} + \alpha_{33} - \alpha_{17,1} \geq 0; \alpha_{18,5} - \alpha_{17,3} \geq 0
\end{aligned}
\tag{4.11}$$

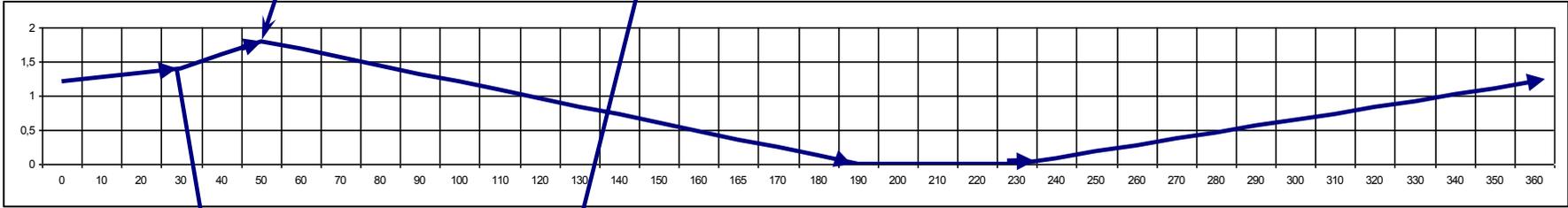
3



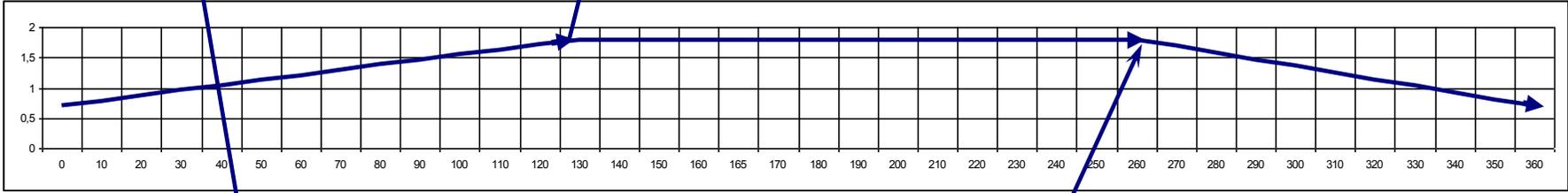
4



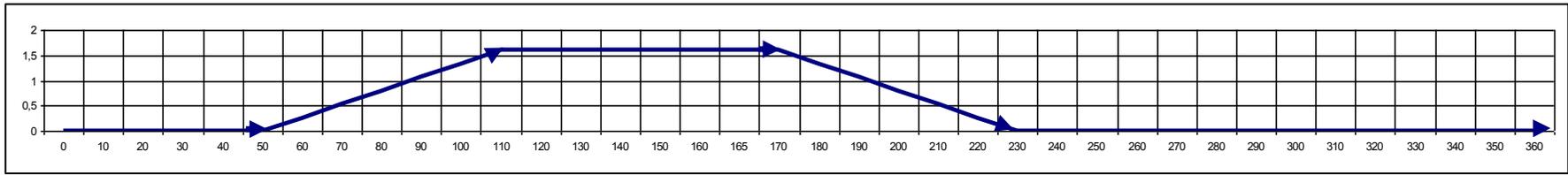
7



17



18

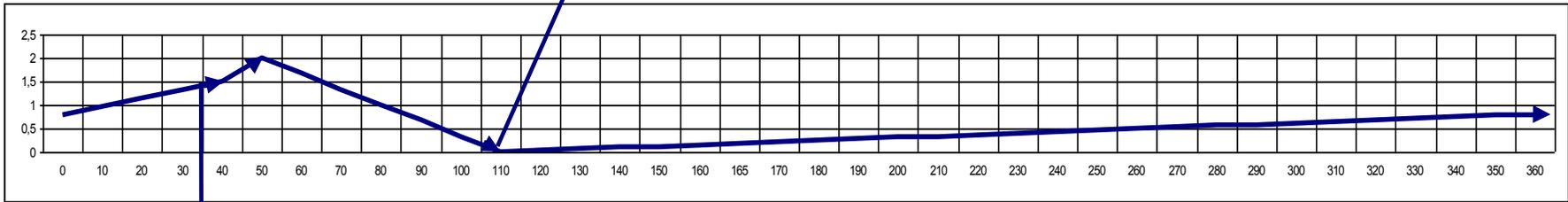


3

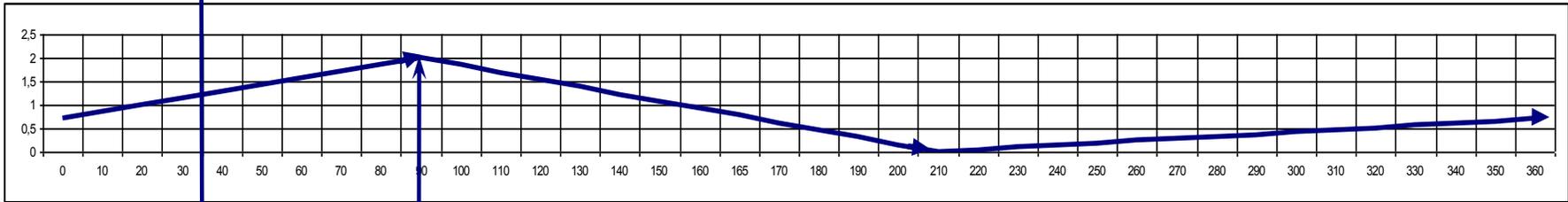


Рис. 4.26. Шестая группа

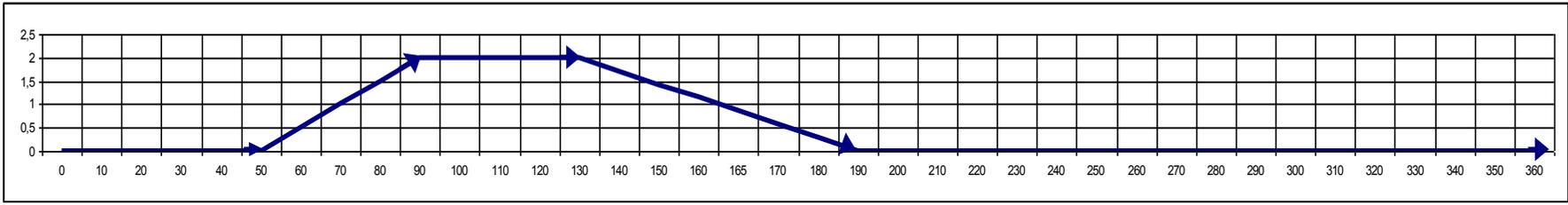
8



10



9



15

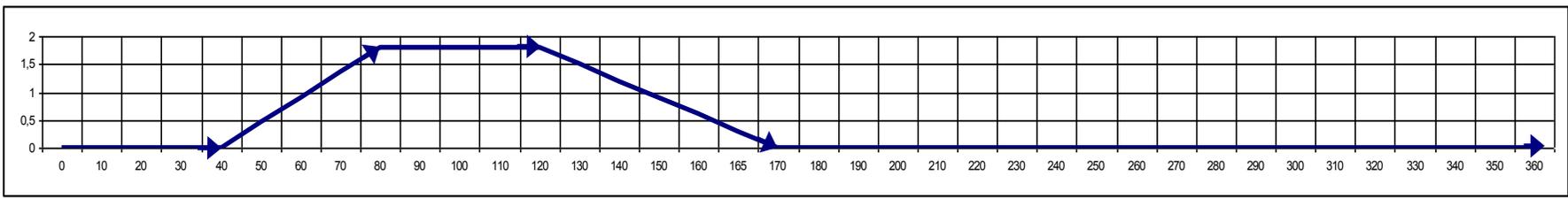
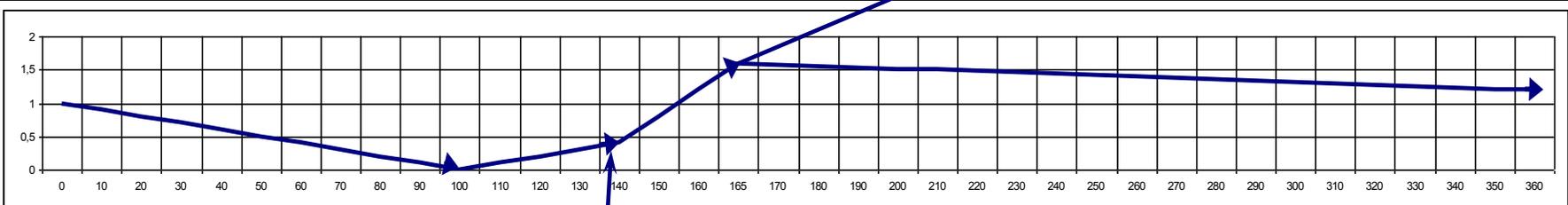


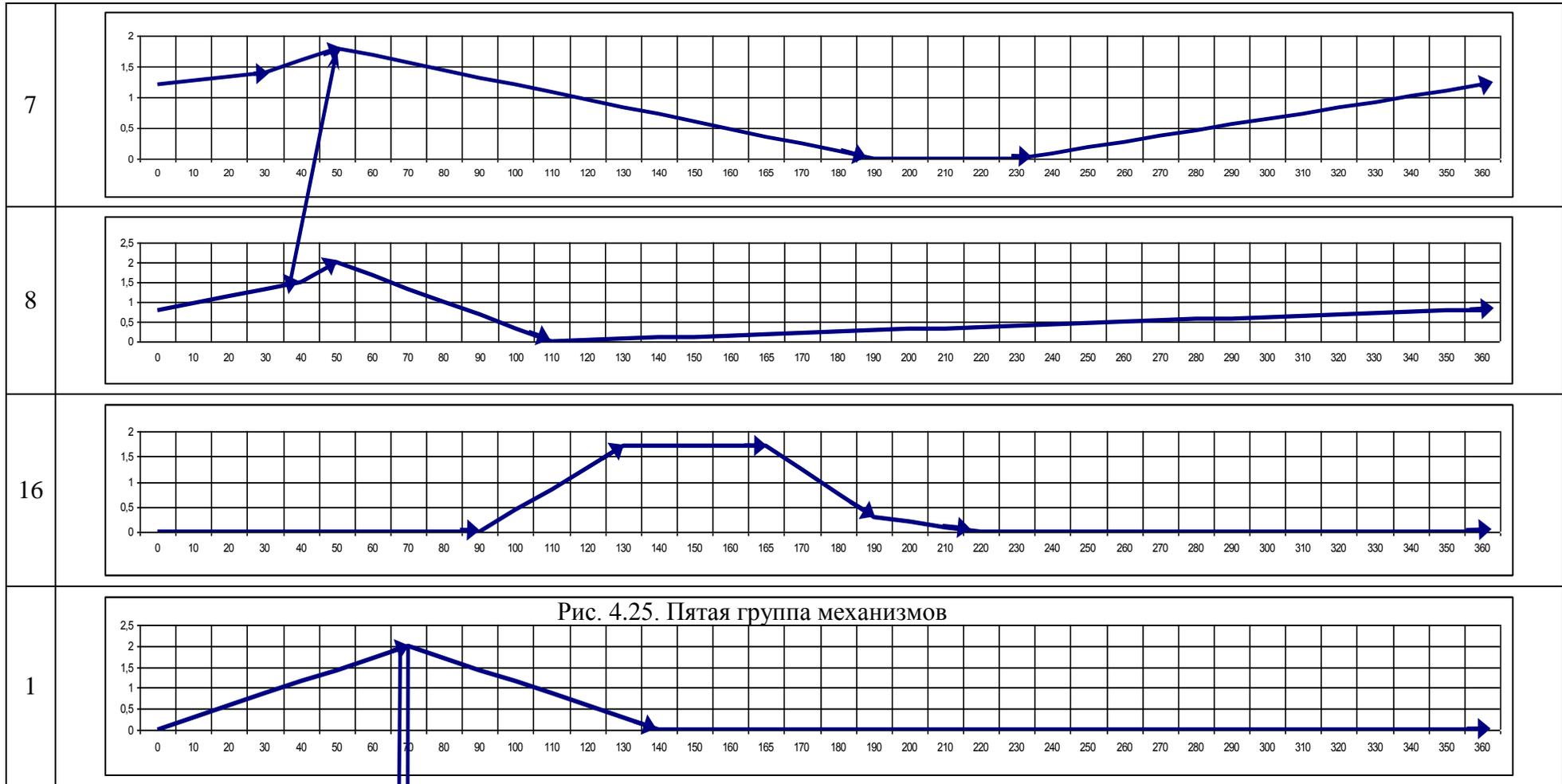
Рис. 4.24. Четвёртая группа

2



3





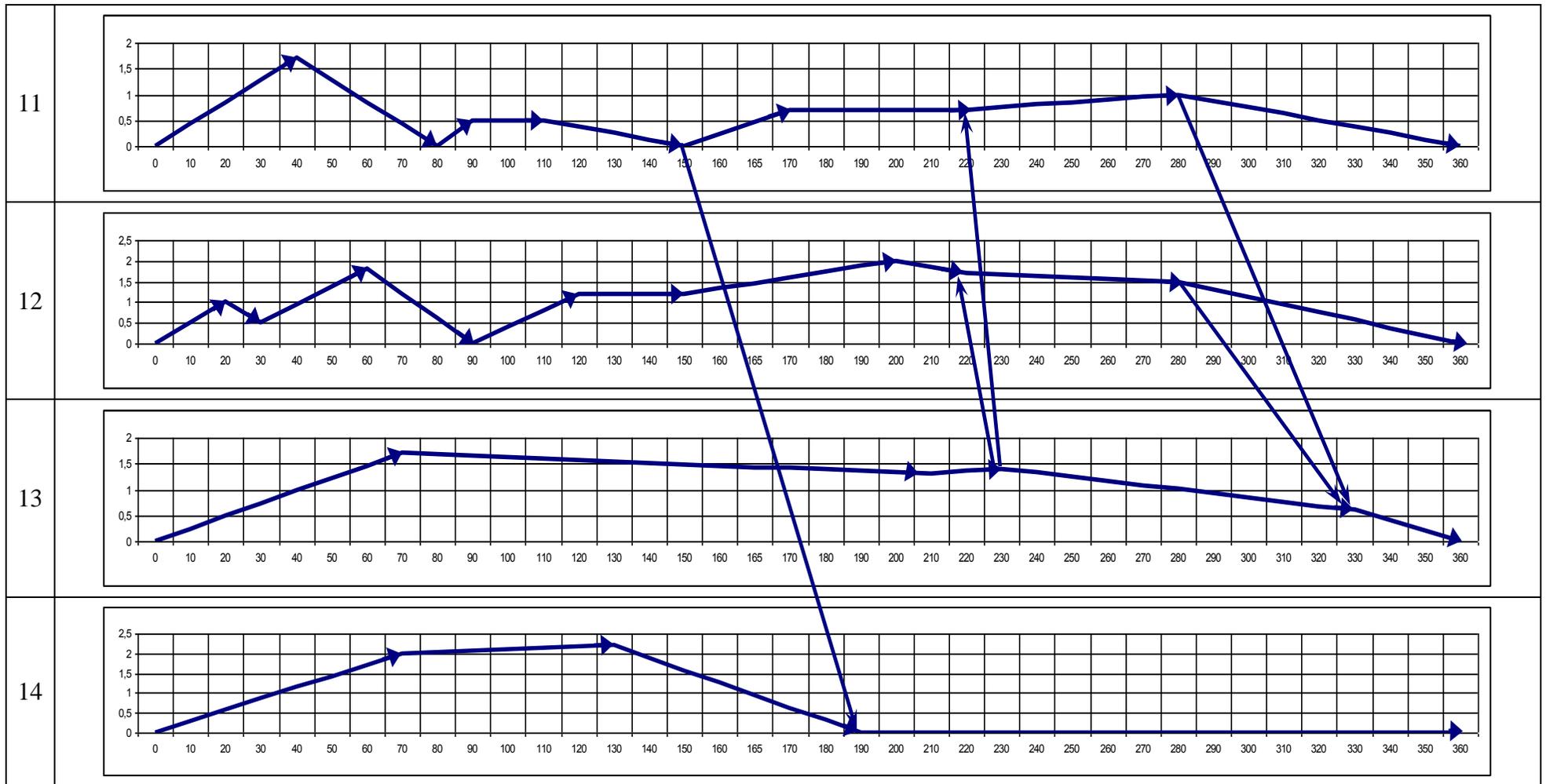
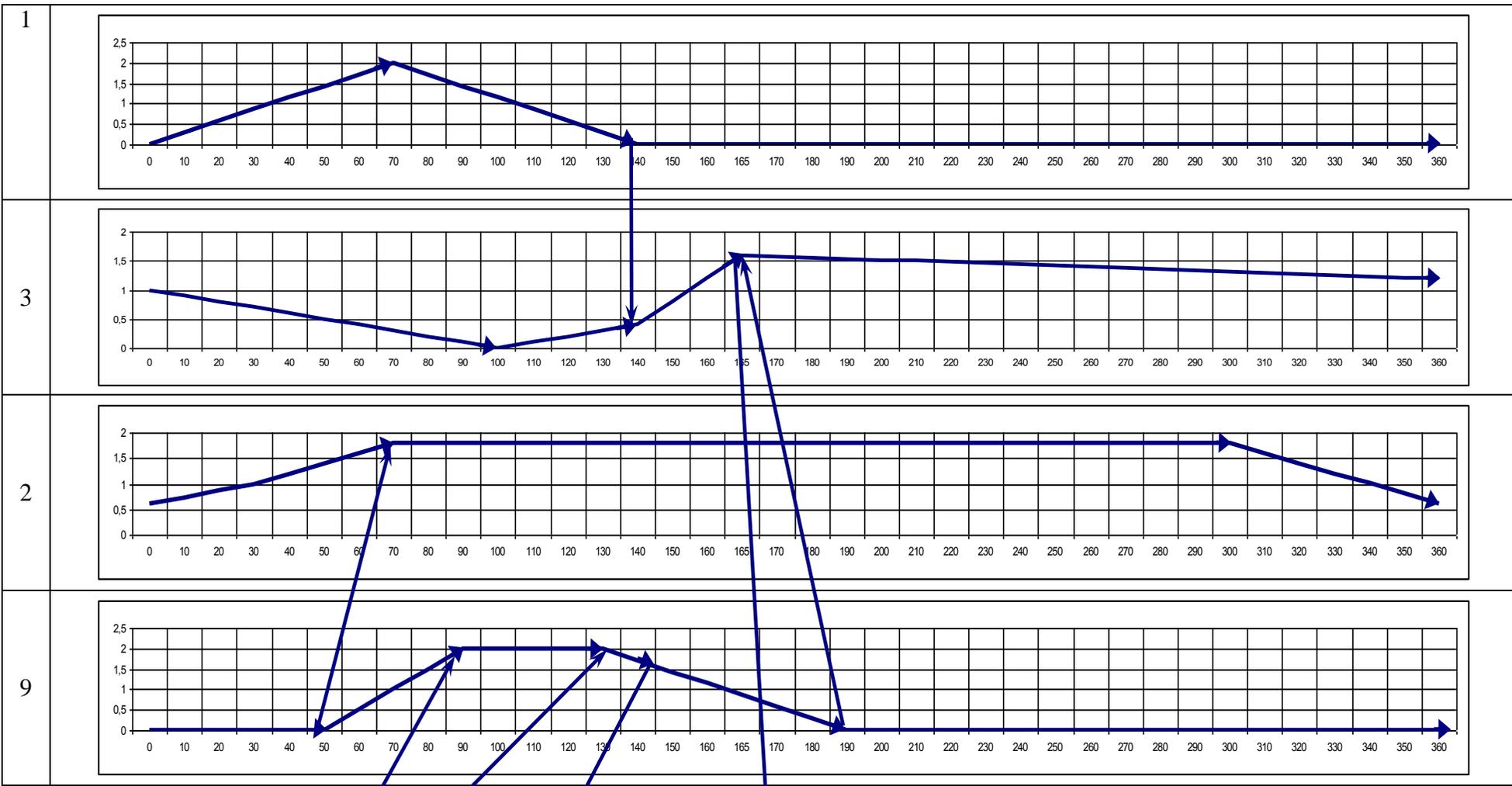
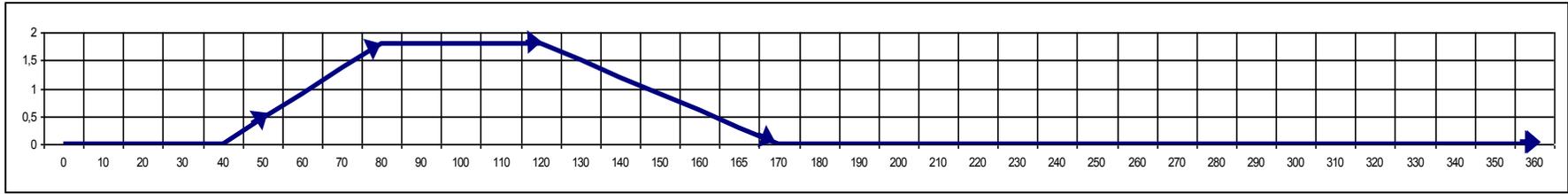


Рис.4.21. Первая группа механизмов



15

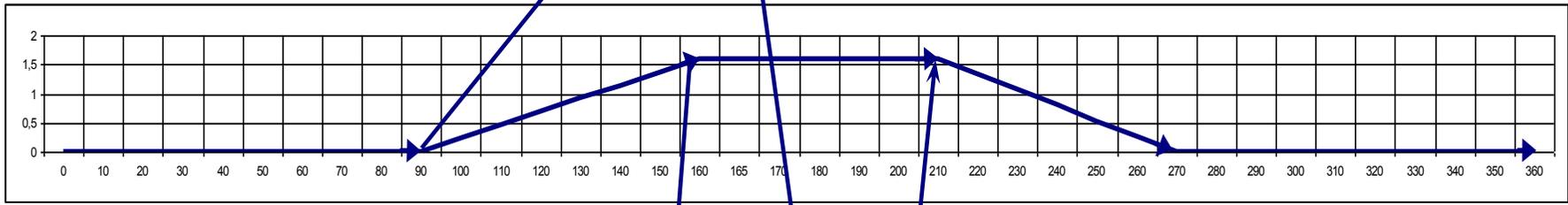


3

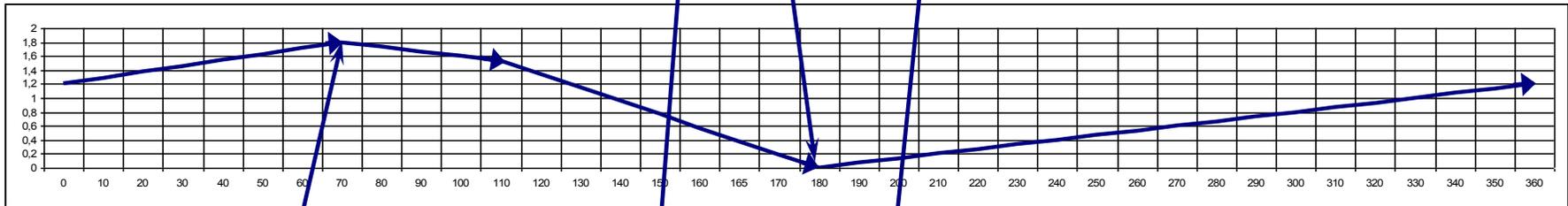


Рис 4.22. Вторая группа механизмов

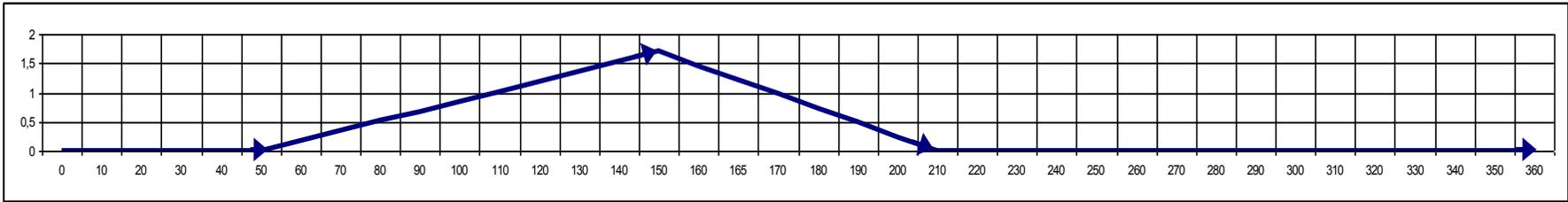
5



4



6



16

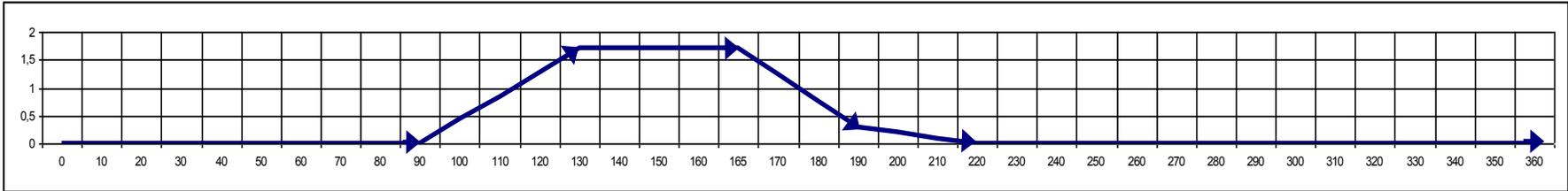


Рис. 4.23. Третья группа

Рассмотрим повышение цикловой производительности станка СТБ за счет оптимизации циклограммы её механизмов.

В качестве начальной циклограммы берем циклограмму станка СТБ-180 углом боя 140 градусов и с числом оборотов главного вала  $n=240$  об/мин и цикловой производительностью  $Q=394$  м.уточ/мин, значения фазовых углов механизмов приведены в таблице 2.

Для станков СТБ имеем следующие данные: для широких станков (заправочная ширина ткани  $L = 3,0$  м) начальная скорость прокладчика  $V_H=34$  м/с, для узких станков ( $L=164$  м),  $V_H=26$  м/с, падение скорости прокладчика на метр ткани  $\Delta V = 0,1$  м/с, путь прокладчика, проходящего в уточно-боевой коробке,  $R = 0,1$  м, расстояние от кромки ткани до коробок  $K=0,09$  м.

Необходимо за счет оптимизации циклограммы механизмов станка СТБ повысить: для широких станков число оборотов главного вала, до 280 об/мин,  $Q_{ц1} = 840$  м.уточ/мин, для узких станков число оборотов главного вала до 300 об/мин и  $Q_{ц2} = 492$  м.уточ/мин.

Из формулы (3.36) имеем

$$\alpha_{ab} = n \frac{6(L + R + K)}{\left( V_H - \frac{\Delta V}{2} \cdot L \right)} \quad (4.12)$$

Подставляя в (3.47) численные значения, получаем значение  $\alpha_{ab}$  для широких станков и  $\alpha_{ab} = 126$  для узких станков.

По циклограмме угол  $\alpha_{ab} = \alpha_{11} + \alpha_{14} - \alpha_K^0$  где  $\alpha_{11}, \alpha_{14}$  - фазовые углы батанного механизма,  $\alpha_K^0 = \alpha_{\vartheta} + \alpha_0$  величина фазового угла необходимого для контроля и останова главного вала, здесь  $\alpha_{\vartheta} = 5^\circ$  - величина фазового угла, необходимого для контроля вкладчиков в приемной коробке, при электронном контроле,  $\alpha_0 = 25^\circ$  - величина фазового угла, необходимого для полной остановки главного вала тормозом при выдаче сигнала на останов,

Решаем следующую задачу линейного программирования:

$$\alpha_{ab} \rightarrow \max \quad (4.13)$$

при ограничениях (3.10-3.13).

Значения минимально-допустимых фазовых углов  $\alpha_{ij}^{\min}$  даны в таблице 4.3. В результате решения задачи (4.13) получили следующее значение  $\alpha_{ab} = 126^\circ$ , значения фазовых углов Циклограммы приведены в таблице 4.5. Полученное значение  $\alpha_{ab}$  подходит для узких станков и отличается от требуемого на 20 градусов для широких станков. Данное несоответствие для широких станков можно устранить двумя способами.

1) Не изменяя полученную циклограмму механизмов станка, пробуем уменьшить значение угла  $\alpha_{ab} = 205^\circ$  до полученного в результате оптимизации  $\alpha_{ab} = 190^\circ$ .

Из формулы (4.12) видно, что при заданном числе оборотов главного вала угол  $\alpha_{ab}$  можно уменьшить за счет повышения начальной скорости прокладчика  $V_H$  и за счет уменьшения падения скорости прокладчика  $\Delta V$ .

Начальная скорость  $V_H$  прокладчика ограничена скоростными характеристиками боевого механизма и прочностью уточной нити. В настоящее время удалось увеличить начальную скорость  $V_H$  до 30 м/с. Такую же скорость можно достигнуть используя боевой механизм с вращательным демпфером [50]. Скорость прокладчика  $\Delta V$  снижено до 0,09 м/с. Подставляя  $V_H = 30$  м/с и  $\Delta V = 0,09$  м/с в (4.12) имеем  $\alpha_{ab} = 126^\circ 33'$ , что вполне приемлемо для полученной циклограммы.

2) В ВТОРОЙ способ заключается в том, что оставляя прежним значение угла  $\alpha_{ab} = 205^\circ$  за счет новой оптимизации получить оптимальную циклограмму.

Выявляем значения минимально-допустимых фазовых углов, которые сдерживают дальнейшее увеличение  $\alpha_{ab}$ . Минимально-допустимые фазовые углы Минимально-допустимые фазовые углы  $\alpha_{12}^{\min}, \alpha_{13}^{\min}$  батанного механизма батанного механизма сдерживают увеличение  $\alpha_{ab}$ . Прежние значения данных углов при  $n = 280$  об/мин равны  $\alpha_{12}^{\min} = 75^\circ, \alpha_{13}^{\min} = 65^\circ$ .

В работе [0] за счет оптимизации закона движения батанного механизма удалось уменьшить значения максимальных контактных напряжений на 25%. Полученный в результате оптимизации закон движения [0] батанного механизма позволяет уменьшить значения  $\alpha_{12}^{\min}, \alpha_{13}^{\min}$  на 20 градусов. Проводя оптимизацию циклограммы с учетом уменьшения минимально-допустимых фазовых углов Минимально-допустимые фазовые углы  $\alpha_{12}^{\min}, \alpha_{13}^{\min}$  батанного механизма. В результате оптимизации получены значения фазовых углов Циклограммы механизмов станка СТБ, таблица 4, с требуемым значением  $\alpha_{ab} = 205^\circ$ .

Исследуем дальнейшую возможность увеличения угла пролета прокладчиков  $\alpha_{ab}$ , взяв в качестве исходной полученную выше циклограмму. Значения фазовых углов циклограммы приведены в таблице 4, где  $\alpha_{ab} = 205^\circ$ . Содержающим дальнейшее увеличение угла  $\alpha_{ab}$  механизмом является батанный механизм. Теоретически батанный механизм может двигаться сразу после прилета прокладчика в приемную коробку и электронного контроля.

Однако может возникнуть аварийная ситуация, когда прокладчик недолетает и одним концом находится в приемной коробке, а другим в зубьях батанного механизма, так как для полного останова главного вала станка тормозом необходимо не менее 25 градусов по циклограмме. Поэтому, чтобы избежать подобных ситуаций, начало движения батанного механизма начинают делать позже. Для того, чтобы иметь возможность начать движение батанного механизма раньше, нужно изменить конструкцию пяти последних зубьев батанного ханизма. Последние зубья должны иметь такую конструкцию, чтобы не происходило их поломки, в случае недолета прокладчика, когда его один конец находится в приемной коробке, а другой в зубьях батана.

Одним из вариантов исполнения может быть конструкция зуба, позволяющая пропускать прокладчик при движении батана (например, часть

зуба батана, решающую проходу прокладчика, выполнить в виде отдельной шарнирно закрепленной и подпружиненной детали). Данное усовершенствование последних пяти гребенок дает возможность начать движение батанного механизма на 20 градусов раньше, что равносильно увеличению  $\alpha_{ab}$  на 20 градусов. Значения фазовых углов циклограммы механизмов станка СТБ, соответствующее  $\alpha_{ab}=225^\circ$ , приведены в таблице 5.

Увеличение угла  $\alpha_{ab}$  до  $225^\circ$  градусов позволяет для широких станков при тех же оборотах главного вала  $n=300$  об/мин. уменьшить начальную скорость прокладчика  $V_H$  с 34 м/с до 31 м/с, что позволяет снизить нагрузки на уточную нить и улучшить условие работы боевого механизма.

Выше мы прооптимизировали циклограмму механизмов станка СТБ с учетом повышения только цикловой производительности. Рассмотрим теперь задачу повышения фактической производительности станка за счет оптимизации циклограммы её механизмов. Исследования, проведенные в работах [ ], показывают, что наиболее нагруженным механизмом станка является батанный механизм, часто ломающимися механизмами - раскрыватель пружины прокладчиков как левый, так и правый механизм, который определяет надежность прокладывания уточной нити - компенсатор.

В качестве целевых функций назначаем следующие фазовые углы механизмов:  $f_1=\alpha_{12}$ -фазовый угол, соответствующий прямому ходу батанного механизма,  $f_2=\alpha_{13}$ -фазовый угол, соответствующий обратному ходу батанного механизма,  $f_3=\alpha_{44}$  -фазовый угол компенсатора, соответствующий переключению цвета уточной нити,  $f_4=\alpha_{63}$  -фазовый угол механизма раскрывателя прокладчиков (левый), соответствующий участку раскрывания пружины прокладчика,  $f_5=\alpha_{93}$  - фазовый угол механизма раскрывателя прокладчиков (правый), соответствующий участку раскрывания пружины прокладчика.

В качестве исходной циклограммы возьмем циклограмму, значения фазовых углов которой приведены в таблице 4 и наложим еще одно дополнительное условие  $\alpha_{ab}>126^\circ$ .

Решаем следующую многокритериальную задачу:

$$f_1 \rightarrow \max, f_2 \rightarrow \max, f_3 \rightarrow \max, f_4 \rightarrow \max, f_5 \rightarrow \max \quad (4.14)$$

при ограничениях (4.10-4.13).

Результате решения задачи (3.49) получили следующие значения целевых функций:  $f_1 = 75^\circ, f_2 = 65^\circ, f_3 = 55^\circ, f_4 = 42^\circ, f_5 = 20^\circ$ . Значения фазовых углов циклограммы механизмов станка, соответствующие данным значениям функций, приведены в таблице 4.

При решении задачи (4.15) мы получили, что  $\alpha_{ab}$  уменьшилось на 20 градусов следовательно цикловая производительность широких станков  $Q_{ч1}$  снизилась с 1155 м.уточ/мин до 1013 м.уточ/мин. Но за счет того что расширили фазовые углы выбранных механизмов удалось уменьшить динамические нагрузки в них, следовательно, повысилась надежность данных механизмов, т.е. мы предполагаем, что КПВ увеличилось и тем самым увеличилась и фактическая производительность. Вопрос о том насколько увеличилась КПВ можно проверить только экспериментально.

Рассмотрим теперь оптимизацию циклограммы механизмов станков СТБ с целью увеличения надежности их работы. В качестве исходной циклограммы возьмем полученную выше циклограмму (см. таблицу 4.5) с углом пролета  $\alpha_{ab}=190^\circ$ . В этом случае мы фиксируем угол полета прокладчика и расширяем фазовые углы отдельных механизмов. В работе [52] приведены исследования надежности ткацких станков СТБ и определена динамика изменения отказов по группе  $P_2$ , связанных с износом, поломкой и разладкой отдельных деталей механизмов и узлов. Установлено, что наибольшее число отказов механизмов станка наблюдается в левой и правой коробках. В сумме они дают 55,1% отказов по количеству и 56,9% по времени простоев. Наиболее слабыми механизмами левой коробки являются: возвратчик уточной нити — 53,4%, компенсатор и тормоз уточной нити - 16,4%, раскрыватель пружины прокладчиков — 12,5%), подъемник прокладчиков - 6% отказов. Наиболее слабыми механизмами правой коробки

являются: тормоз прокладчиков- 15%), раскрыватель пружины прокладчиков (правый) — 12% отказов.

В рассматриваемом нами станке СТБ с пневматическим соплом не существует возвратчика уточной нити. И в качестве фазовых углов, которые необходимо расширить, назначаем:  $\alpha_{16,4}$  - угол, соответствующий подъему лапки тормоза, вверх,  $\alpha_{6,4}$  - угол, соответствующий периоду выхода раскрывателя из прокладчика,  $\alpha_{5,2}$  - угол подъемника прокладчика, соответствующий его движению вверх,  $\alpha_{8,2}$  - угол тормоза прокладчика, соответствующий его движению вверх для освобождения прокладчика,  $\alpha_{92}$  - угол раскрывателя (правый) прокладчиков, соответствующий периоду раскрывателя.

В основном отказы вышеперечисленных механизмов возникают из-за повышенных динамических нагрузок. Напряжения в цикловых механизмах при существующих нагрузках, законах движения, зависят от величины их фазовых углов срабатывания. Следовательно, для повышения надежности данных механизмов необходимо указанные углы расширить. Составим следующий линейный функционал:

$$f = k_1 \alpha_{16,4} + k_2 \alpha_{6,4} + k_3 \alpha_{5,2} + k_4 \alpha_{8,2} + k_5 \alpha_{92}$$

где  $k_i$  - весовые коэффициенты, определяемые по формуле

$$k_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^5 m_i}$$

где  $m_i$  количество отказов  $i$ -го механизма  $i=1,2,\dots,5$  в %,

$$k_1=0,2649; k_2=0,2019; k_3=0,0969; k_4=0,2423; k_5=0,1939;$$

Решаем следующую задачу:  $f \rightarrow \max$  при ограничениях (3.44-3.46).

В результате решения получили следующие значения фазовых углов

$$\alpha_{16,4} = 7^\circ; \alpha_{6,4} = 48^\circ; \alpha_{5,2} = 75^\circ; \alpha_{8,2} = 15^\circ; \alpha_{92} = 40^\circ;$$

Значения фазовых углов циклограммы приведены в таблице 3.9.

Таблица 4. .

Значения минимально допустимых фазовых углов  $\alpha_{ij}^{\min}$  [град]  
механизмов станка СТБ

j	j									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	75	65	0						
2	60	70	0							
3	100	0	2	10	100					
4	60	3	30	0	50	0	30			
5	0	70	0	60	0					
6	0	70	6	64	0					
7	70	3	70	0	100					
8	0	7	20	40	0					
9	0	15	0	15	30	0				
10	80	80	60							
11	70	50	15	0	10	40	0	25	30	
12	40	3	15	50	15	0	45	0	6	40
13	90	90	0	20	10					
14	90	0	50	0						
15	0	5	10	0	40	0				
16	0	5	0	5	0	100	0			
17	75	100	10	0	20					
18	0	10	0	10	0					

Таблица 4. .

Значения  $\alpha_{ij}$  [град] начальной циклограммы механизмов станка  
СТБ при n=240 об/мин

j	j									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	80	50	55	175						
2	75	65	220							
3	116	79	2	18	145					
4	80	5	65	30	65	10	105			
5	80	77	53	80	70					
6	55	90	29	35	151					
7	80	15	100	25	140					
8	75	11	29	40	205					
9	62	35	20	25	48	170				
10	120	80	160							
11	70	68	9	51	13	45	31	33	40	
12	47	4	30	48	19	51	58	31	28	44
13	130	150	10	40	30					
14	130	50	80	100						
15	90	10	45	5	40	170				
16	39	31	74	15	50	58	93			
17	100	75	60	90	35					
18	80	20	50	20	190					

Таблица 4. .

Значения фазовых углов  $\alpha_{ij}$  [град] оптимальной циклограммы механизмов станка СТБ,  $\alpha_{ab}=190^\circ$

j	j									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	60	75	65	160						
2	80	80	200							
3	130	70	5	25	130					
4	80	7	75	31	55	72	40			
5	80	70	62	81	67					
6	70	87	33	53	117					
7	80	10	100	30	140					
8	75	11	29	40	205					
9	62	35	23	20	50	170				
10	120	128	112							
11	80	61	15	37	13	45	31	33	45	
12	55	10	15	61	15	47	58	31	28	40
13	130	150	10	40	30					
14	130	50	80	100						
15	90	10	45	5	40	170				
16	70	10	105	5	60	60	50			
17	100	100	35	90	35					
18	85	15	50	20	190					

Таблица 4. .

Значения фазовых углов  $\alpha_{ij}$  [град] оптимальной циклограммы механизмов станка СТБ,  $\alpha_{ab}=210^\circ$

j	j									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	60	60	60	180						
2	60	120	180							
3	110	70	5	25	150					
4	80	5	55	39	55	72	54			
5	88	70	62	60	80					
6	68	90	22	54	126					
7	80	10	100	30	140					
8	60	40	20	40	200					
9	80	21	7	15	50	187				
10	108	122	130							
11	80	61	15	37	13	45	31	33	45	
12	55	10	15	61	15	47	58	31	28	40
13	130	150	10	40	30					
14	130	50	80	100						
15	100	13	10	0	50	187				
16	50	10	100	20	60	60	60			
17	100	100	35	90	35					
18	85	15	50	20	190					

Таблица 4. .

Значения фазовых углов  $\alpha_{ij}$  [град] оптимальной циклограммы механизмов станка СТБ,  $\alpha_{ab}=250^\circ$

j	j									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	40	60	60	200						
2	40	120	200							
3	90	70	5	25	170					
4	75	5	40	39	55	72	74			
5	88	70	62	60	80					
6	68	90	22	54	126					
7	80	10	90	30	150					
8	40	40	20	40	220					
9	60	21	7	15	50	207				
10	88	122	150							
11	80	61	15	37	13	45	31	33	45	
12	55	10	15	61	15	47	58	31	28	40
13	130	150	10	40	30					
14	130	50	80	100						
15	80	13	10	0	50	207				
16	30	10	100	20	60	60	80			
17	100	80	55	90	35					
18	75	15	30	20	220					

Таблица 4. .

Значения фазовых углов  $\alpha_{ij}$  [град] оптимальной циклограммы механизмов станка СТБ,  $\alpha_{12}=75^\circ$ ,  $\alpha_{13}=65^\circ$ ,  $\alpha_{44}=55^\circ$ ,  $\alpha_{63}=42^\circ$ ,  $\alpha_{93}=20^\circ$ ,  $\alpha_{ab}=126^\circ$

j	j									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	60	75	65	160						
2	80	80	200							
3	130	70	5	25	130					
4	80	5	55	55	55	70	40			
5	98	55	77	81	49					
6	70	73	42	57	118					
7	80	10	100	30	140					
8	75	11	29	40	205					
9	62	35	23	20	50	170				
10	120	128	112							
11	80	61	15	37	13	45	31	33	45	
12	55	10	15	61	15	47	58	31	28	40
13	130	150	10	40	30					
14	130	50	80	100						
15	90	10	45	5	40	170				
16	70	10	105	5	60	60	50			

17	100	100	35	90	35					
18	85	15	50	20	190					

Таблица 4. .

Значения фазовых углов  $a_{ij}$  [град] оптимальной циклограммы механизмов станка СТБ,  $\alpha_{12}=7^\circ$ ,  $\alpha_{64}=48^\circ$ ,  $\alpha_{52}=75^\circ$ ,  $\alpha_{82}=15^\circ$ ,  $\alpha_{92}=40^\circ$ ,

j	i									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	60	75	65	160						
2	80	80	200							
3	130	70	5	25	130					
4	80	10	66	38	55	71	40			
5	94	75	62	81	49					
6	70	87	38	48	117					
7	80	10	100	30	140					
8	71	15	29	40	205					
9	57	40	23	20	50	170				
10	120	128	112							
11	80	61	15	37	13	45	31	33	45	
12	55	10	15	61	15	47	58	31	28	40
13	130	150	10	40	30					
14	130	50	80	100						
15	90	10	45	5	40	170				
16	70	10	105	5-	60	60	50			
17	100	100	35	90	35					
18	85	15	50	20	190					

#### 4.1.4. Выбор и разработка методов и средств для измерения факторов и критериев

Для измерения натяжения основы и утка был применен электротензометрический метод, который позволяет записывать одновременно несколько быстропротекающих процессов. Измерение натяжения нитей основы и утка осуществлялось с помощью тензометрической установки, состоящей из усилителя ТА-5, осциллографа К-008 и электротензометрических проволочных преобразователей, наклеенных на стальные балочки.

Электротензометрическая аппаратура (рис.4.9) включает в себя измерительную балочку 1 с наклеенными проволочными преобразователями 2, измерительный мостик 3, генератор несущей частоты 4, тензометрический

усилитель 5 с амперметром 6, фильтр 7 и регистрирующий прибор – осциллограф 8.

При выборе характеристик упругих балочек мы придерживались следующих условий: собственная частота колебаний балочки должна быть более чем в 5 раз выше частоты записываемого процесса; относительное сопротивление датчиков при заданной деформации должно находиться в пределах 0,1%.

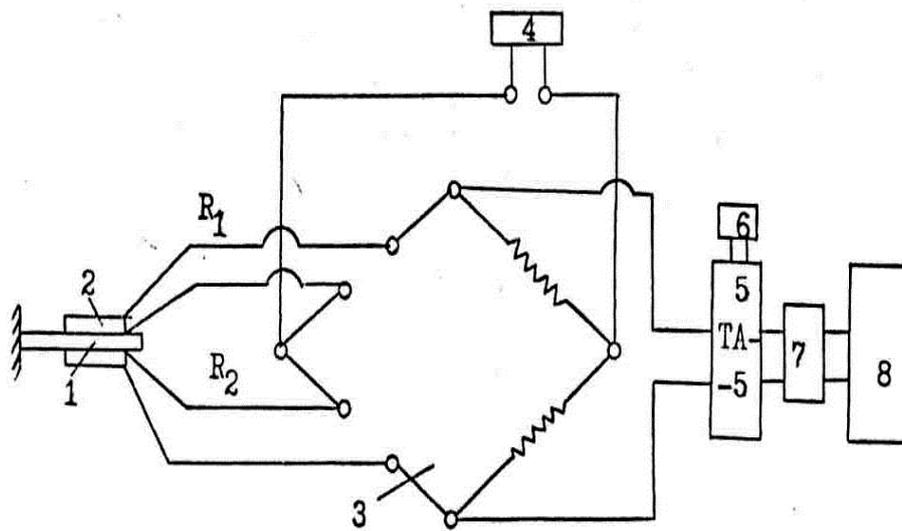


Рис 4.9. Электротензометрическая аппаратура

Перед началом измерения натяжения определяли чувствительность, линейность и собственную частоту выбранной измерительной балочки.

Натяжение основы измеряли с помощью подвижной балочки, разработанной во ВНИИЛТекмаше и широко применяемой в настоящее время в исследованиях.

Отметим, что указанный датчик обладает рядом преимуществ: простотой, надежностью, достаточной точностью, при большой частоте и жесткости балочка обладает высокой чувствительностью. Конструкция датчика представлена на рис. 4.10. В датчик с помощью скобы – 2 заправляется группа нитей (20-30 шт. на участке скало – основонаблюдатель), и балочка 1 перемещается вместе с ними. На балочку 1 с обеих сторон наклеены два преобразователя 3 и 4.

Натяжение группы основных нитей вызывает реакции в опорах балочки и изгиб самой балочки.

Характеристика проволочных преобразователей, используемых в работе: база 20 мм, диаметр константовой проволоки 0,03 мм, сопротивление преобразователя 200 Ом.

Натяжение уточной нити в процессе прокладывания ее через зев измерялось высокочастотной трубчатой балочкой диаметром 5 мм, длиной 45 мм с частотой собственного колебания 2000 гц, которые определяли многопредельным частотомером Ф 433/3. Толщина стенки балочки 0,1 мм. Материал - сталь 45 (рис.4.11).

В трубчатую балочку 1 с одной стороны вставляется стержень 2, служащий для жесткого крепления балочки в тисочках 4, а с другой стороны две стойки 3 с глазком. На поверхность балочки наклеиваются два датчика, как и в случае измерения натяжения основных нитей. При большой частоте и жесткости балочка обладает высокой чувствительностью [104].

Перед проведением записи на осциллографе проводилась тарировка балочек обычным методом последовательного нагружения (см. рис. 4.12, где приведены кривые зависимости отклонения луча осциллографа, от натяжения нитей утка –  $a$ , основы –  $b$ ;  $x$  – отклонения луча осциллографа, мм;  $F$  – натяжение одной нити, сН).

Для определения критериев применялись следующие методики:

Для определения линейных размеров и массы ткани – методика по ГОСТ 3811-73;

Для определения плотности ткани по основе и утку – методика по ГОСТ 3811-72;

Для определения разрывных нагрузок и удлинения - методика по ГОСТ 3813-72;

Для определения уработки нитей основы и утка в ткани – методика, изложенная в работе [104] .

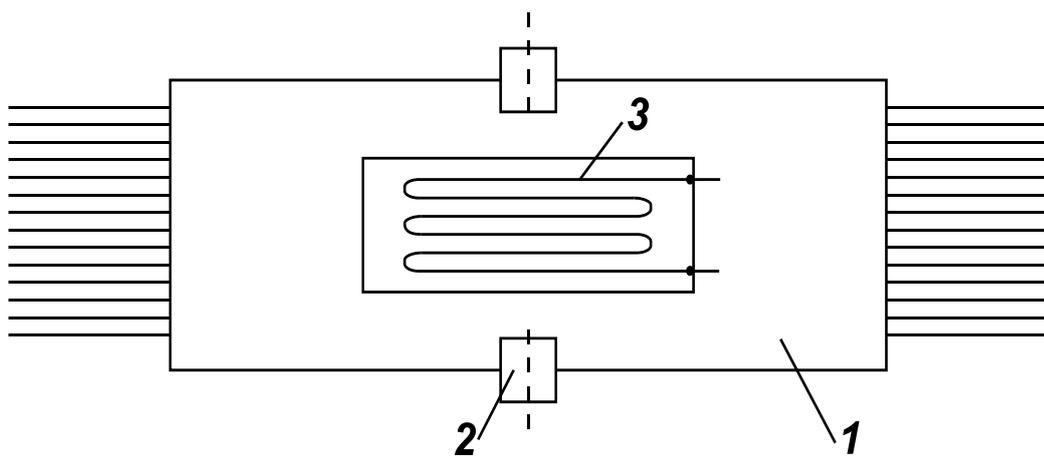
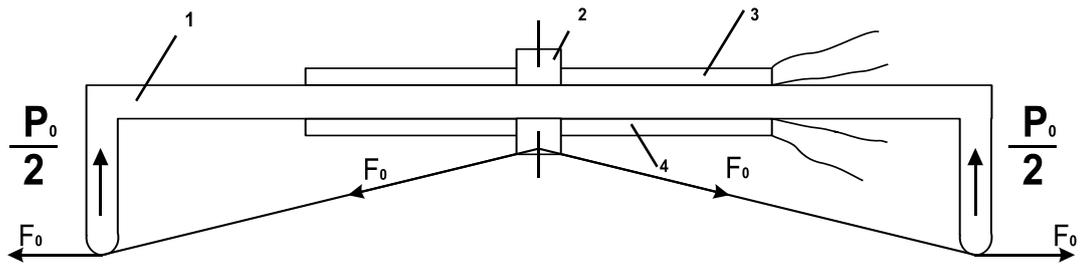


Рис 4.10. Подвижная балочка для измерения натяжения нитей основы

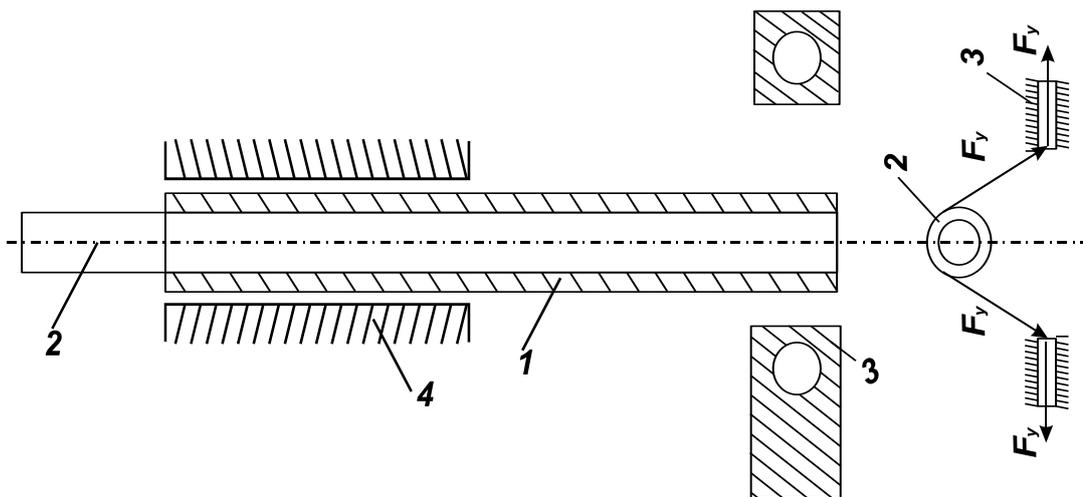
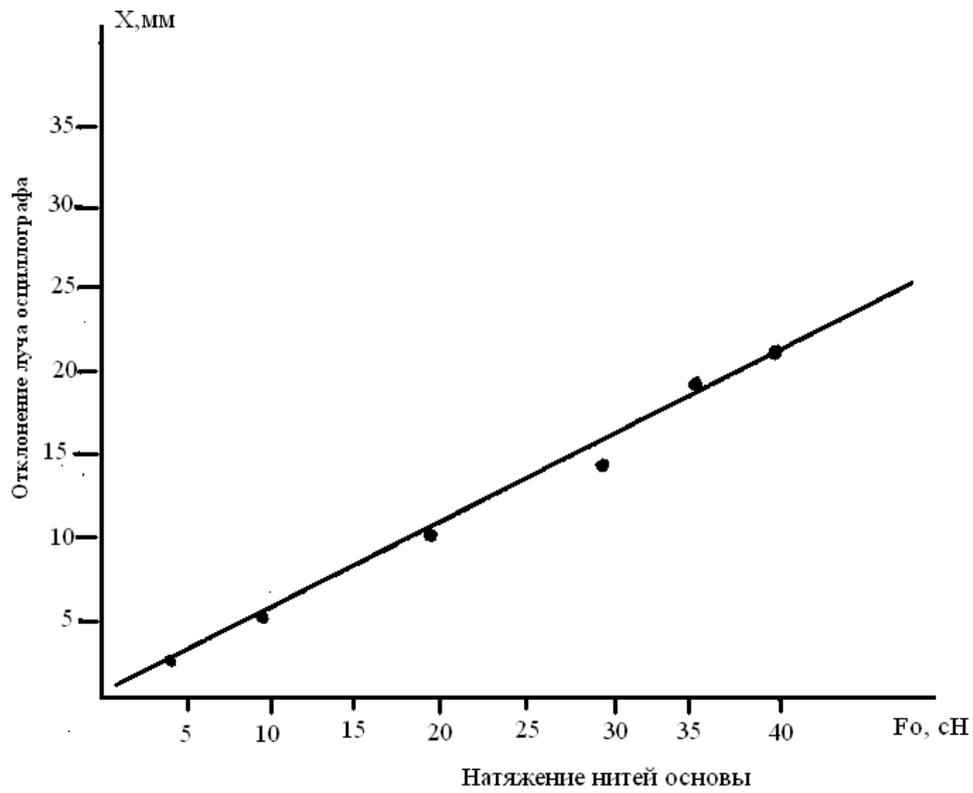
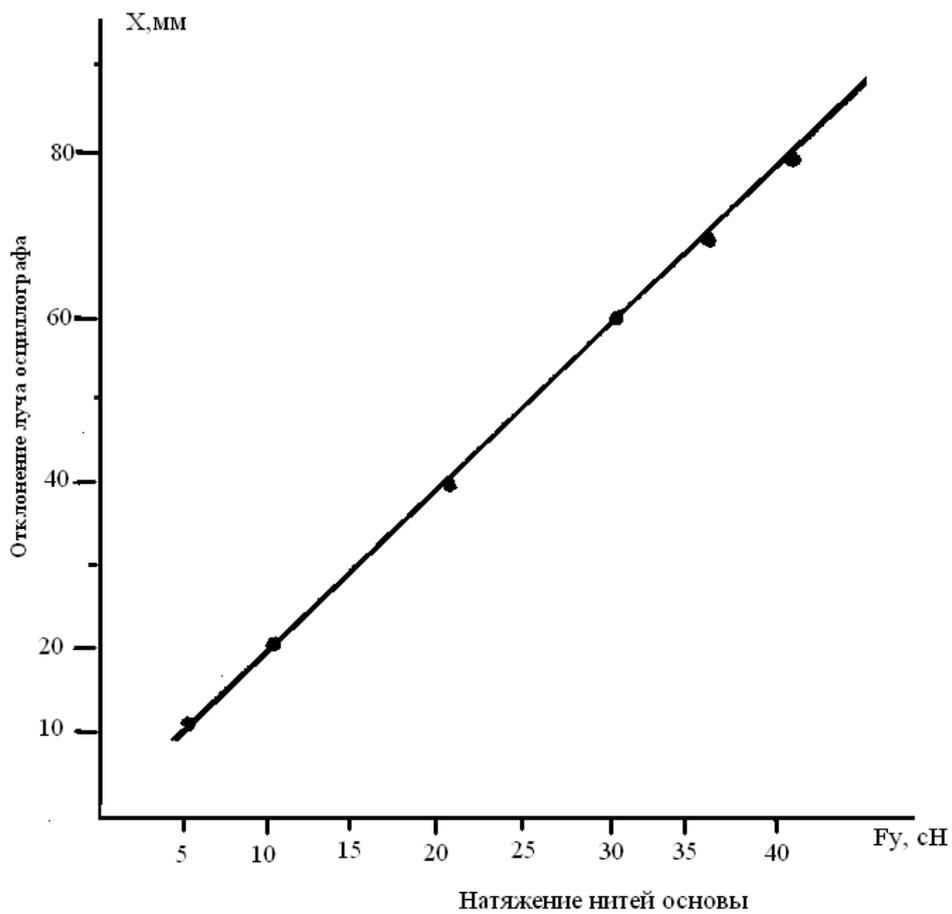


Рис 4.11. Трубчатая балочка для измерения натяжения нитей утка



а



б

Рис 4.12. Графики зависимости отклонения луча осциллографа от натяжения нитей: а - уток; б - основа ;  $X$  – отклонение луча осциллографа, мм;  $F$  – натяжения одной нити, сН

Для определения опорной поверхности ткани нами была разработана новая методика, позволяющая выявить по отдельности на опорной поверхности число основных и уточных перекрытий.

Для определения стойкости к истиранию использовалась методика, изложенная в работе [149].

Для определения высоты изгиба нитей в ткани нами была разработана новая методика, которая при определении конфигурации нитей в ткани исключает существенные ошибки в определении расположения нитей в ткани, возникающие при центральном срезе.

Последние две методики рассмотрены ниже.

### **Способ определения опорной поверхности ткани**

Способ разработан с целью проведения научно – исследовательской работы по определению рационального строения хлопчатобумажных тканей [174].

#### *Используемые термины*

Под образцом ткани понимается три куска ткани одного артикула, по 5 м каждый.

Пробой называется вырезанная из образца его часть, подвергаемая испытанию.

Под равновесным состоянием ткани понимается состояние, при котором очередная стирка изменяет ее размеры по основе и утку в сумме не более чем на 0,5 %.

#### *Маркировка образцов и проб*

Маркировка имеет буквенное и цифровое обозначение (цифры арабские).

Маркировка проб проводится после нанесения контура проб на куске ткани, ставится в верхнем левом углу пробы и предусматривает следующие обозначения (первые четыре индекса повторяют маркировку образца):

1) условный показатель, характеризующий отделку ткани (К – крашенная, О – отбеленная, Н – набивная, или печатная, С - суровая);

- 2) условный номер предприятия;
- 3) артикул образца готовой ткани;
- 4) порядковый номер куска в образце ткани;
- 5) порядковый номер пробы в куске;
- 6) показатель, свидетельствующий о том, прошла ли проба стирку или нет (Д – до стирки, П – после стирки).

Например, К 1 283 2 1 Д – крашенная, с фабрики №1, артикул 283, кусок 2, проба 1, до стирки.

### **Отбор проб**

Отступив от края образца не менее 50 мм по ширине ткани, намечают шаблоном три малые пробы размером 300 x 300 мм, обозначают направление основы и далее пробы вырезают.

Кроме того, вырезают большую пробу по всей ширине образца длиной не менее 2 м для определения износостойкости и других физико-механических свойств ткани.

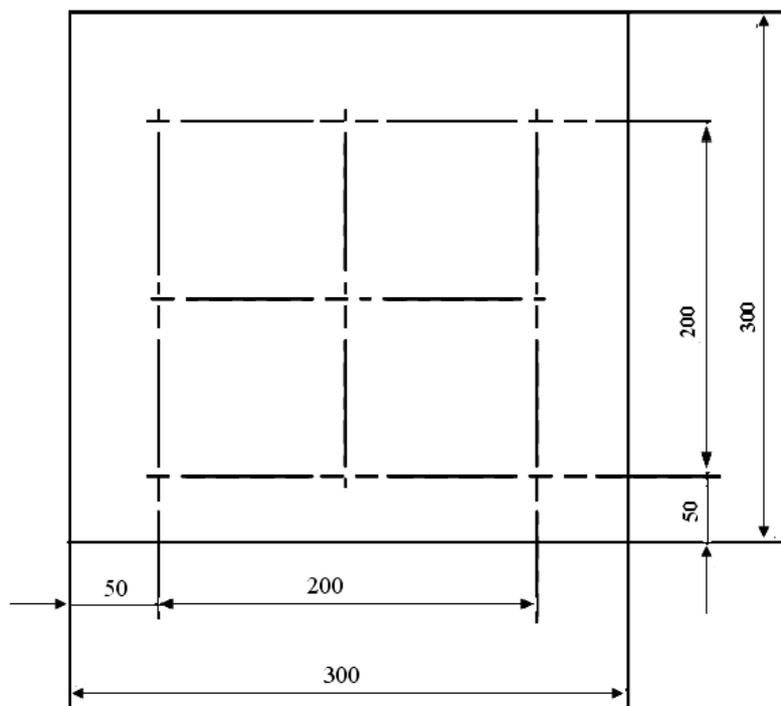
Пробы вырезают в двух экземплярах, один из которых предназначается для определения опорной поверхности нестиранной, а второй – стиранной ткани.

Края пробы обрабатывают на машине типа оверлок или оставляют без обработки в зависимости от структуры ткани (имеется в виду сыпучесть ткани).

Пробы должны быть гладкими, без сгибов и складок. Они не должны содержать пороков, которые оказывают влияние на результаты измерения.

Перед нанесением меток пробы выдерживают в климатических условиях по ГОСТ 10681-75 в свободном состоянии не менее 24 ч.

Выдержанную малую пробу в расправленном и ненатянутом состоянии укладывают на гладкую поверхность и через отверстия шаблона наносят метки на расстоянии 200 мм в направлении основы  $L_o$  и утка  $L_y$  в соответствии с чертежом (рис. 4.13).



**4.13. Схема разметки пробы ткани**

Намеченные карандашом точки прошивают цветной хлопчатобумажной нитью длиной примерно 50 мм с завязыванием узелка с обеих сторон.

Вычисляют среднее арифметическое значение расстояния между метками – до мокрой обработки ( $\bar{L}_0$ ) и после нее ( $\bar{L}_1$ ) отдельно для направлений по основе и по утку.

Изменение ( $\lambda$ ) линейных размеров после мокрой обработки для направлений по основе  $\lambda_L$  и по утку  $\lambda_Q$ , % вычисляют по формуле:

$$\lambda = \frac{\bar{L}_0 - \bar{L}_1}{\bar{L}_0} 100 .$$

Результаты вычислений округляют до первого десятичного знака.

*Приведение ткани в равновесное состояние путем стирок и обработка результатов.*

Для стирки проб применяется стиральная автоматическая бытовая машина типа LG- 5 WD8015 ONU с горизонтально установленным барабаном.

Стирку проб проводят по режиму, указанному в табл. 4.12.

После стирки и отжима в центрифуге пробы раскладывают на столе, покрытом хлопчатобумажной неаппретированной тканью, в одинаковых условиях высушивают в течение 1 ч 15 мин – 2,5 ч, после гладят.

Глажение проб осуществляют с помощью утюга через неаппретированную ткань размером не менее 400 х 400 мм без нажима. В процессе глажения пробы переворачивают.

В течение не менее 10 мин после глажения пробы выдерживаются в климатических условиях по ГОСТ 10681-75 в расправленном состоянии в один слой.

После выдерживания проб их укладывают на стол (указатель – линия основы слева) и измеряют расстояния между метками по основе (LOL) и метками по утку (LOQ) с точностью 0,5 мм в последовательности слева направо и сверху вниз. Замеры проводятся с помощью миллиметровой линейки. Полученные данные заносят в таблицу. Определяют средние значения размеров пробы по основе и утку и по ним рассчитывают процент усадки с округлением до 0,1 %.

**Таблица 4.12**

**Режим работы автоматическая бытовая машина типа LG- 5 WD8015 ONU**

Этапы обработки	Условия обработки
Стирка	По программе стиральной машины
Температура чистой стирки, °С	40
Модуль ванны, не более	1 ÷ 100
Расход порошка (заполняется ванночка основной стирки)	Три столовых ложки
Полоскание	По программе стиральной машины
Количество циклов полоскания	Три
Отжим	По программе стиральной машины

При суммарной усадке по основе и утку между очередными стирками менее 0,5% стирка прекращается. Кратность стирок – не менее пяти.

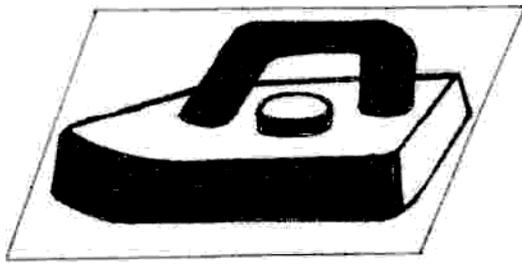
Необходимые рабочие элементы для обработки проб и нанесения отпечатков на поверхность ткани показаны на рис.4.14.

*Обработка проб перед нанесением отпечатка.*

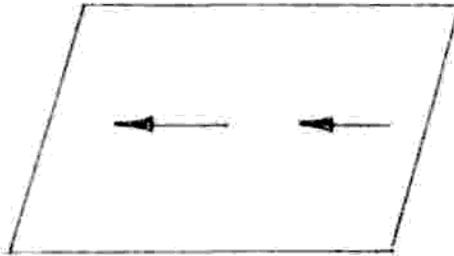
Пробы нестиранные (до стирки), поступившие для испытаний из места хранения, проглаживаются с двух сторон утюгом типа УТП на гладкой твердой поверхности (мрамор) при температуре утюга 200 °С. Положение стрелки – хлопок. Продолжительность глажения 6 мин с переворачиванием пробы через 1 мин.

Пробы стиранные (после стирки), поступившие для испытаний из места хранения, освобождаются от нитей, фиксирующих размер квадрата 200 x 200 мм, которые заменяются точками от карандаша. Поочередно пробы проглаживают с двух сторон утюгом типа УТП при температуре около 200°С (положение стрелки - хлопок). Глажение осуществляют сначала на гладильной доске, покрытой неаппретированной тканью, с пропариванием от утюга в течение 6 мин, по 1 мин с каждой стороны, а затем на гладкой твердой поверхности (мрамор), также 6 мин, по 1 мин с каждой стороны утюгом типа УТП, температура около 200°С (положение стрелки - хлопок), без залитой воды.

Проглаженные пробы укладывают на гладкую твердую поверхность и в течение не менее 24 ч выдерживают в климатических условиях по ГОСТ 10681-75 в свободном состоянии. При использовании гигростата проглаженная проба слегка сворачивается вместе с листом писчей бумаги в трубочку и помещается в указанный гигростат.



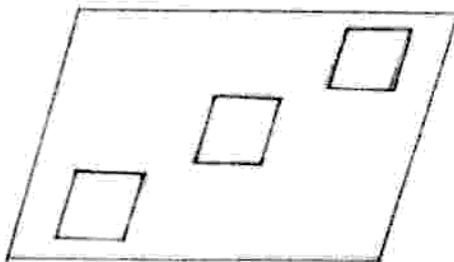
*УТЮГ*



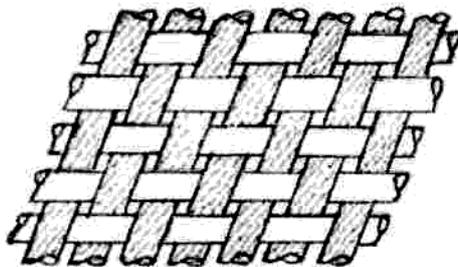
*БУМАГА*



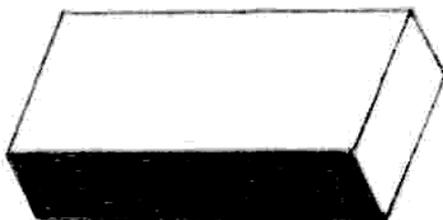
*КОПИРОВАЛЬНАЯ  
БУМАГА*



*ШАБЛОН*

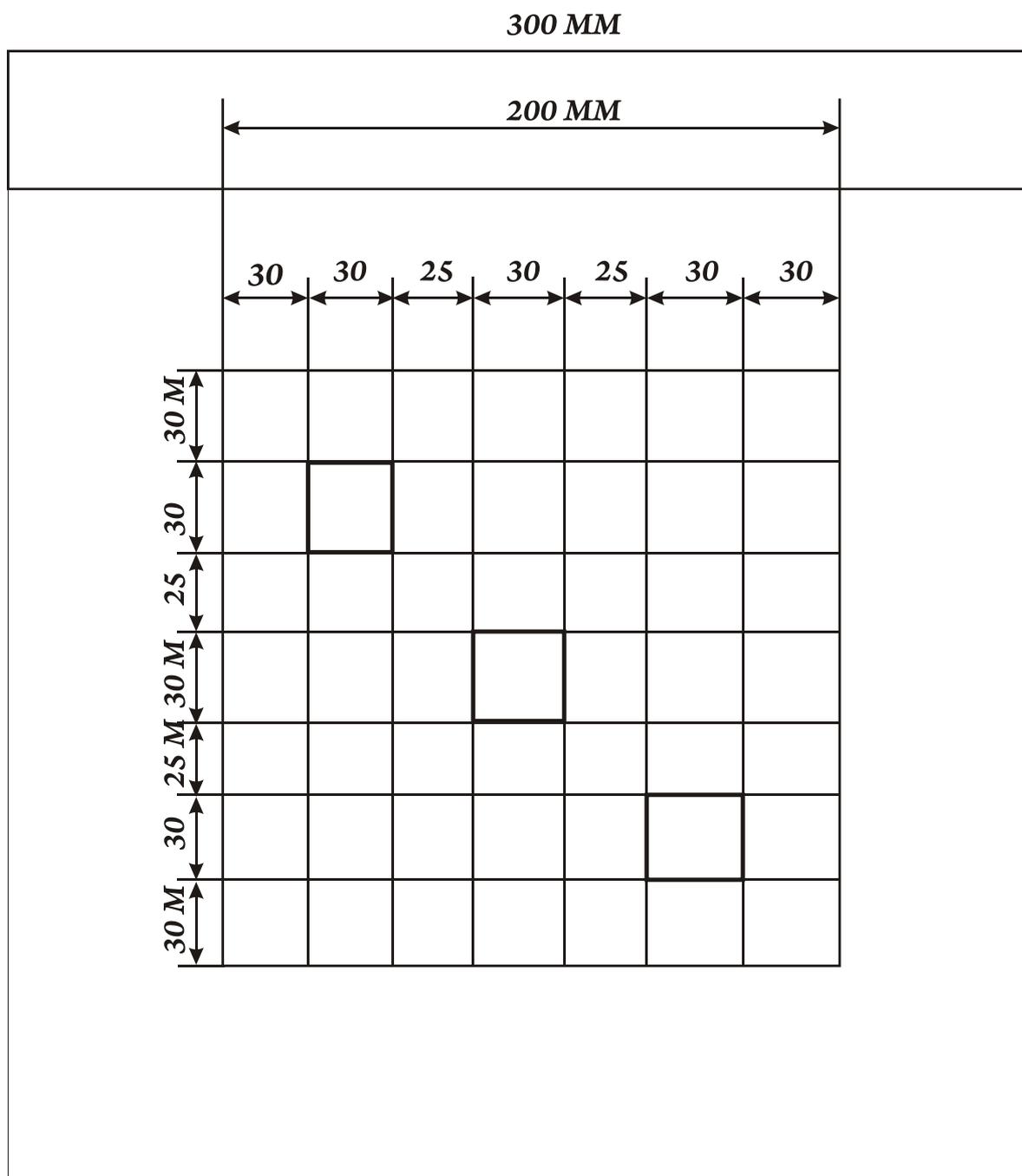


*ОБРАЗЕЦ*



*МРАМОРНАЯ  
ПОДЛОЖКА*

**Рис.4.14. Необходимые рабочие элементы для нанесения отпечатков на  
поверхности ткани**



**Рис.4.15. Схема шаблона для накладывания квадратов копировальной бумаги на пробе**

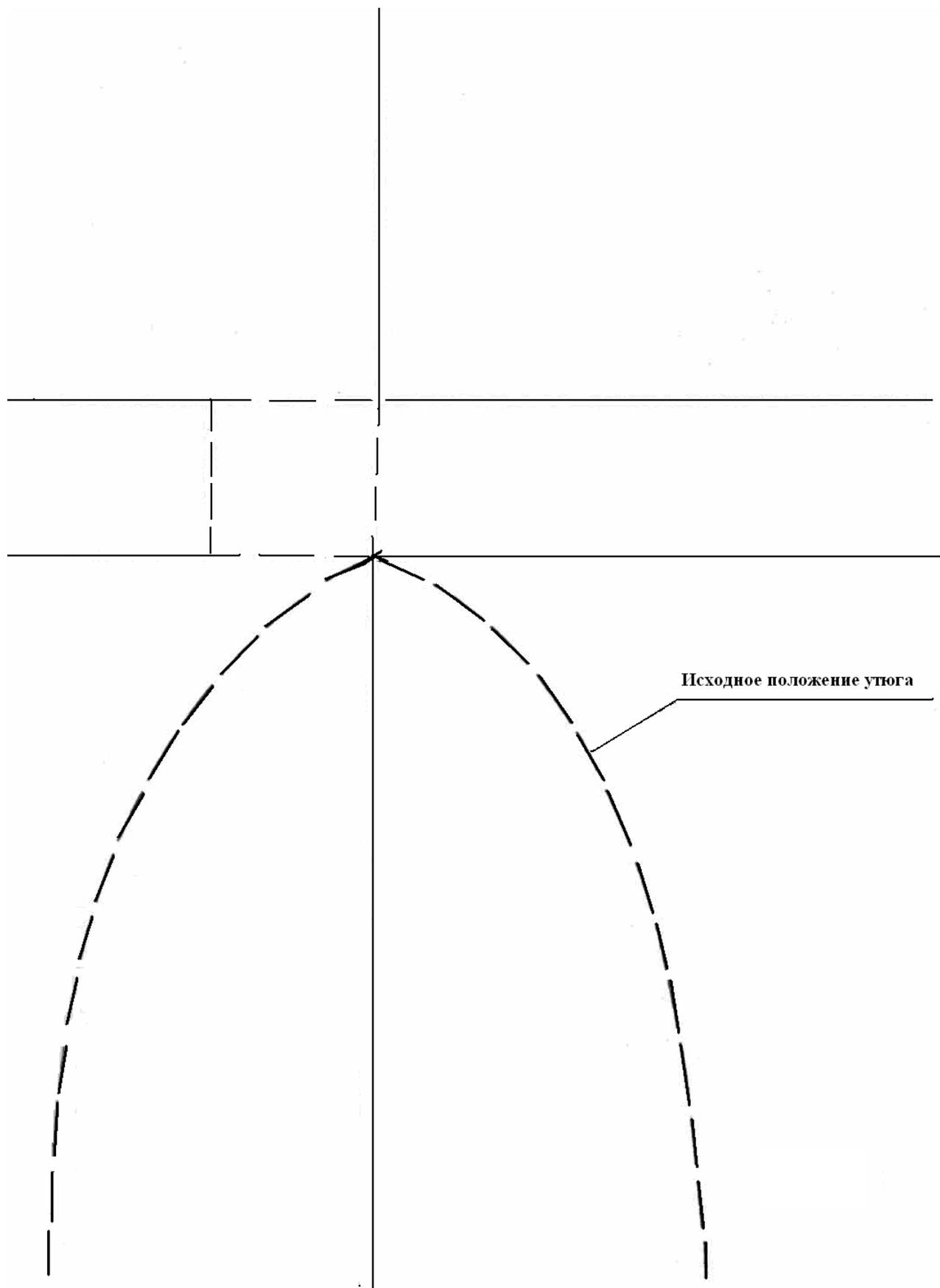


Рис.4.23. Схема расположения утюга

### *Режим нанесения отпечатка.*

Из копировальной бумаги МВ –16 черного цвета нарезают квадраты размером 30 x 30 мм.

Перед нарезанием квадратов копировальную бумагу просматривают по степени однородности красителя. Листы подбирают без видимых дефектов.

При разрезании необходимо пользоваться деревянной линейкой, избегать свертывания копировальной бумаги.

Пробу в расправленном состоянии укладывают на гладкую твердую поверхность (мрамор). На пробу окрашенной стороной к ткани накладывают квадрат копировальной бумаги по схеме, представленной на рис. 4.15. (здесь показано расположение квадрата на пробе).

Из картона вырезают по схеме шаблон (рис.4.15) и отточенным карандашом на пробе точками определяют место квадрата.

Число квадратов, наносимых одновременно, зависит от конкретной задачи и может быть увеличено.

Последующий квадрат наносят также с учетом перегрева мрамора на холодной его части. Остывание мрамора определяется по квадрату копировальной бумаги, который при укладке в соответствии с шаблоном не должен сворачиваться.

При необходимости допускается остывание мрамора (25- 30 мин), а также пробы.

Поверхность (мрамор) в период его остывания промывается периодически водой с мылом и протирается после смывания мыла чистой тканью. Утюг также периодически подвергается протиранию.

В момент включения сигнальной лампочки утюг, нагретый до температуры  $T_{max_2}$ , устанавливают на шаблон-лист бумаги в положение мыском вне поля квадрата внизу по центру к линии шаблона. Движением руки без давления совершается проглаживание квадрата каждый раз с выходом утюга за пределы квадрата; при этом предусматривается

равномерное поочередное перемещение утюга во всех четырех направлениях во времени до выключения сигнальной лампочки.

В момент выключения сигнальной лампочки утюг подводится к месту, указанному для установки его на шаблоне и без отрыва от шаблона останавливается (см. рис. 4.16).

Длительность воздействия утюга на квадрат без перемещения 15 с, после чего утюг снимают.

Шаблон необходимо менять для каждого квадрата.

Предусматривается нанесение последующего квадрата в абсолютно аналогичных условиях с сохранением отработанного режима движения утюга и маршрута перемещения относительно квадрата. Квадрат наносится последовательно на все три пробы, подвергаемые испытанию.

В квадрате в нижнем левом углу выделяют условно его часть со сторонами 1x1 см, которая обозначается цифрой 1, после чего отмечается точка начала отсчета.

При набивной (печатной) ткани квадрат наносится со смещением от заданного по трафарету места с тем, чтобы левый нижний угол был со светлым фоном.

#### *Оценка опорной поверхности.*

Величина опорной поверхности определяется подсчетом окрашенных перекрытий на площади примерно 1 см<sup>2</sup> с помощью ткацкой лупы семикратного увеличения на количестве основных и уточных нитей, соответствующем их расчетному числу в 1 см<sup>2</sup> ткани [174,175].

Перед началом подсчета определяют плотность ткани, после чего составляют соответствующую таблицу 4.14.

Плотность находят путем подсчета количества основных и уточных нитей в нижнем правом углу пробы между метками (линиями) на расстоянии равном 50 мм, и делением этого количества на 5.

Перед началом определения плотности выдергивают основные и уточные нити по всему краю пробы, оставляя бахрому длиной 7 мм.

Таблица 4.13

Эталон для определения интенсивности окраски перекрытий

Количество баллов	% от площади	Виды отпечатков или окраски	Система баллов (0;0,5;1)
<b>1,0</b>	<b>91-100</b>		<b>1</b>
<b>0,9</b>	<b>81-90</b>		<b>1</b>
<b>0,8</b>	<b>71-80</b>		<b>1</b>
<b>0,7</b>	<b>61-70</b>		<b>1</b>
<b>0,6</b>	<b>51-60</b>		<b>0,5</b>
<b>0,5</b>	<b>41-50</b>		<b>0,5</b>
<b>0,4</b>	<b>31-40</b>		<b>0,5</b>
<b>0,3</b>	<b>21-30</b>		<b>0,5</b>
<b>0,2</b>	<b>11-20</b>		<b>0</b>
<b>0,1</b>	<b>1-10</b>		<b>0</b>
<b>0,0</b>	<b>0</b>		<b>0</b>





Количество основных перекрытий по каждой уточине равно половине количества основных нитей, а по каждой основной нити половине количества уточных нитей (табл. 4.14).

При выборе окрашенной уточной нити в квадрате для начала отсчета одна нить пропускается снизу, одна основная нить слева. Если при этом исходным для начала счёта оказывается уточное перекрытие, пропускается еще одна нить.

Первым просматривают перекрытие по уточине в нижней грани квадрата лупы (первое слева). По очереди просматривают перекрытия по всем остальным уточинам.

Интенсивность окраски перекрытий определяют с помощью эталонной таблицы и оценивают в баллах (табл. 4.13).

## **Методика определения износостойкости тканей на приборе ТОТ –2 .**

### *Отбор проб.*

Отбор проб исследуемых тканей осуществляют в соответствии с ГОСТ 20566 –75. Пробы ткани перед испытанием выдерживают в климатических условиях по ГОСТ 10681-75.

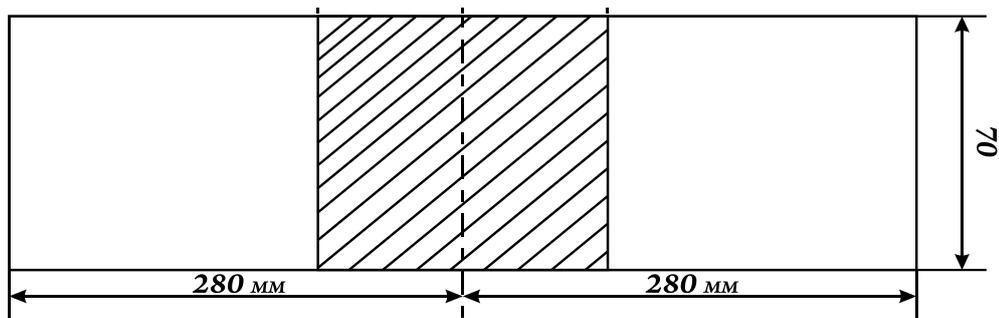
### *Подготовка проб к износостойкости.*

Элементарные пробы выкраивают размером более 200 х 200 мм. Края проб обметывают с четырех сторон на швейной машине швом «зигзаг» или на обметочной машине «оверлок».

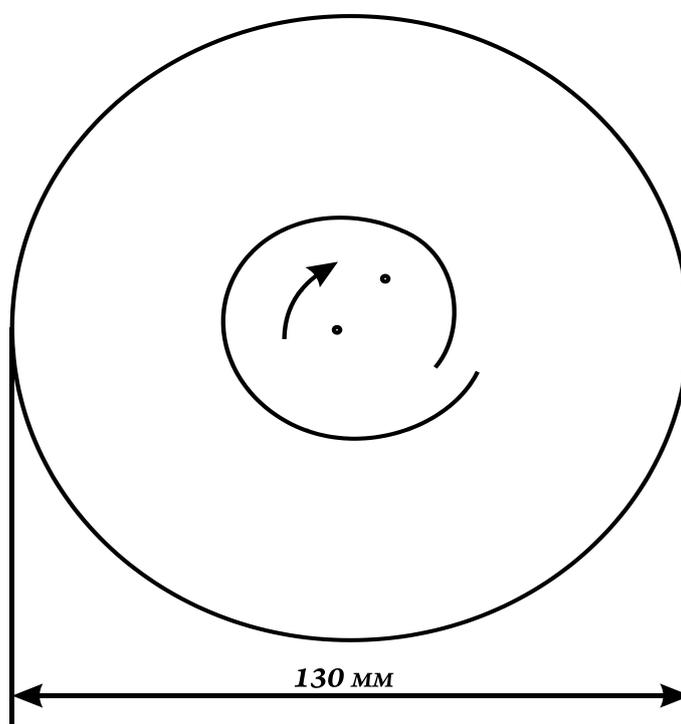
### *Подготовка проб к работе.*

Устанавливают переключателем скорости частоту вращения электродвигателя на 200 мин<sup>-1</sup>.

Устанавливают в камере прибора абразивонаждачную шкурку № М28 (ГОСТ 10054 -82). Для этого из стандартного листа наждачной шкурки вырезают две полоски размером 70 х 280 мм. Затем скрепляют обе полоски внахлест медицинским лейкопластырем или клейкой лентой (рис.4.17).



**Рис.4.17. Схема полоски наждачной шкурки  
размером 70 x 280 мм**



**Рис.4.18. Схема заправки наждачной  
ленты в камеру прибора ТОТ-2**

Подготовленную наждачную ленту заправляют в камеру прибора таким образом, чтобы нахлест был как бы выполнен по часовой стрелке (рис. 4.18).

Наждачная лента должна плотно прилегать к стенкам камеры прибора.

*Проведение испытаний.*

В камеру с заправленной наждачной лентой устанавливают подготовленную к истираниям пробу. Закрывают дверцу камеры и включают прибор.

Время испытания одной пробы 10 мин. Затем прибор выключают, пробу вынимают из камеры, и прибору дают отдохнуть в течение 5 мин. Далее заправляют следующую пробу.

После 30 мин работы прибора меняют абразив, так как в результате шлифовки его истирающее действие становится менее интенсивным.

Отбор истертых проб производят после 5,10,20,30 мин истирания, по четыре пробы на каждый интервал.

Если проба во время истирания наматывается на винт прибора, рекомендуется обработать ее аэрозольным антистатиком «Лана».

#### *Определение разрывной нагрузки истертых проб.*

Из середины каждой истертой пробы выкраивают по пять полосок размером 25 x 50 мм (для каждого интервала должно быть десять полосок по основе и десять по утку). На разрывной машине определяют разрывную нагрузку. За конечный результат принимают среднее арифметическое из десяти значений.

Математическую обработку результатов испытаний выполняют в соответствии со статистическими характеристиками нормального закона распределения. Испытание каждого образца ткани сопровождается ведением протокола.

#### *Экспериментальный метод определения высоты волн изгиба нитей в ткани*

Для пропитки вырезается несколько образцов тканей размером 100x100 мм и с помощью кисти наносится лак (вместо клея).

На пробах указывается направление нитей основы и утка. Пропитанные образцы тканей оставляют на 40-60 мин для полного высыхания. После высыхания готовят пробы тканей размеров 30x10 мм для определения фазы строения.

По всей ширине пробы ткани с помощью иглы вытаскивают несколько уточных нитей, например около 10 нитей, оставляя основные нити в виде бахромы (рис.4.19). Между последующими уточными нитями лезвием

перерезают основные нити (рис.4.20), которые пинцетом осторожно отделяют в сторону основного перекрытия (рис.4.21). Образец устанавливают в зажим и расположение оголенной уточины в ткани зарисовывают под микроскопом. Неперерезанные основные нити позволяют сохранять первоначальное положение нитей в ткани. Аналогично подготавливают пробу для зарисовки основной нити.

После разработки метода было проведено исследование с целью выяснения возможности искажения формы расположения нитей в ткани в результате пропитки ее лаком.

На образце ткани на расстоянии 150 мм по основе и утку делали пометки. После нанесения на ткань лака и высыхания образца замеряли расстояние между метками. Оно оставалось без изменения.

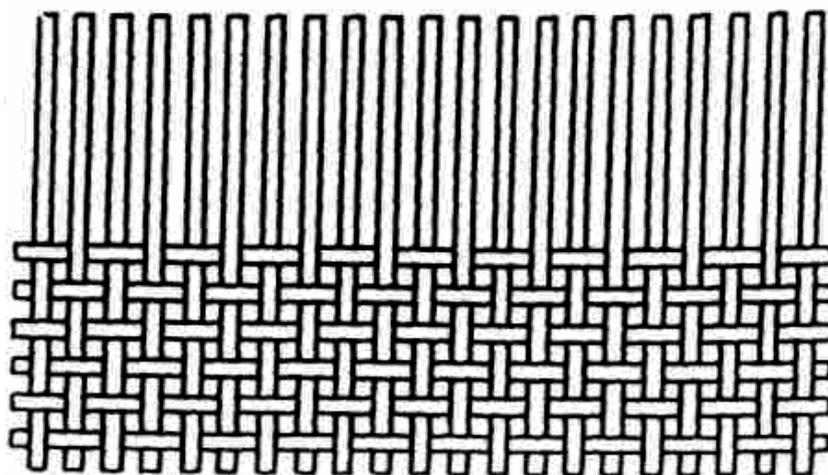


Рис.4.19. Вид образца ткани

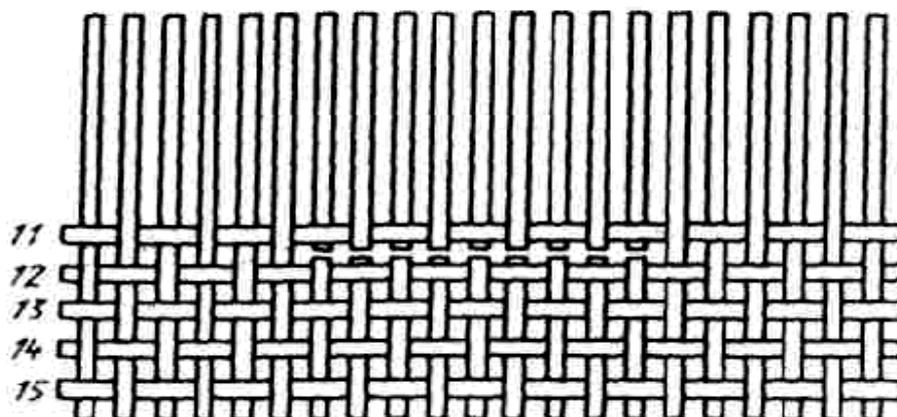
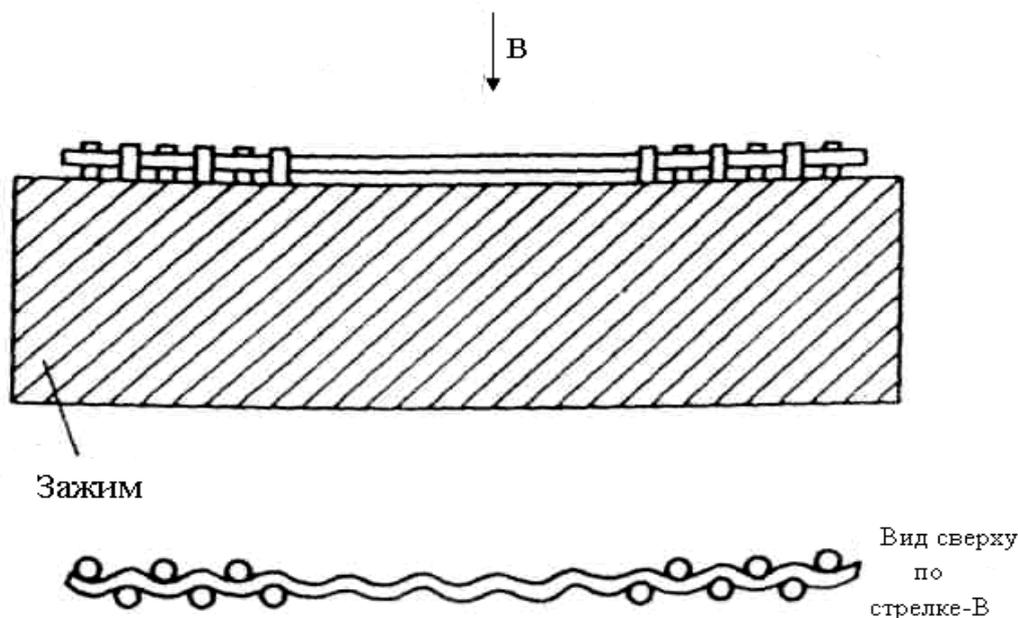


Рис.4.20. Проба для среза основных нитей между 11 и 12 нитями утка



**Рис.4.21. Схема расположения оголенной уточины в ткани после среза нитей основы**

#### **4.1.4. Выбор плана эксперимента и пределов варьирования факторов.**

Процесс формирования ткани является нестационарным во времени и при проведении большого количества экспериментов возможно искажение результатов из-за временного дрейфа. Поэтому был принят дробный факторный эксперимент с рандомизацией опытов. Для получения более полного представления об изучаемой функции отклика в зависимости от двух факторов была выбрана квадратическая модель. Выбор модели второго порядка обоснован, с одной стороны, достаточно малой областью изменения переменных, так как исследование проводилось в пределах, не нарушающих условий нормальной работы станка. Выявление каких-либо зависимостей вне данной области не имеет практического значения. С другой стороны, проведенный теоретический анализ предполагал существование нелинейных зависимостей между факторами и условиями формирования ткани. Исходя из этого и предполагая существование парных взаимодействий между факторами при их совместном рассмотрении, было принято центральное композиционное ротатабельное планирование эксперимента второго порядка.

В результате стало возможным решение следующих задач: в какой степени выбранные факторы оказывают влияние на процесс формирования ткани; каким образом нужно изменять управляемые факторы для получения требуемых условий формирования и строения ткани.

Обработка результатов эксперимента приводит к уравнению следующего вида:

$$y^y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i,j=1}^k b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \dots,$$

где:  $b_0, b_i, b_{ij}, \dots, b_{ii}$  - теоретические коэффициенты регрессии.

Факторный эксперимент осуществляют с помощью матрицы планирования (табл. 4.11), в которой используются кодированные факторы. При кодировании факторов осуществляется линейное преобразование факторного пространства с переносом начала координат в центр эксперимента и выбором масштаба по осям в единицах варьирования факторов.

Кодированные и натуральные значения для рассматриваемых в работе двух управляемых факторов и интервалы варьирования ими приведены в табл. 5.15. Выбор интервалов и значений факторов для пяти уровней варьирования проводили с учетом технических ограничений на технологические параметры заправки ткацкого станка СТБ-180.

Границы варьирования заправочным натяжением основных нитей, которые менялись путем перестановки подвижного конца пружины по зубьям подкального рычага, выбирались исходя из возможности увеличения обрывности нитей.

## **4. 2. Проведение экспериментальных исследований и полученные результаты**

Эксперимент проводился согласно рабочей матрице, приведенной в табл. 4.14, в АООТ «Бухоротекс» цехе №2 на станке СТБ-180 и СП Россия-Узбекистан «Textiles Spektrum Colors», который предусматривал наработку ткани бязь арт. 4744, саржа 2/1, сатан5/2 и атлас 5/2 (13 опытных образцов по 3 м суровой хлопчатобумажной ткани в каждом варианте).

Для всех вариантов эксперимента устанавливались заданные значения факторов и осуществлялся их трехкратный контроль. Осциллограммы натяжения утка и основы на пяти уровнях факторов приведены в табл. 4.16 и 4.17.

**Таблица 4.14**

Рабочая матрица проведение эксперимента

	Кодированные значения i – го фактора		Натуральные значения фактора		Порядок проведения опытов
	X 1	X 2	F	F0	
1	+	+	18(20,5)	25(20)	6
2	-	+	6(3,5)	25(20)	5
3	+	-	18(18)	15(25)	1
4	-	-	6(12)	15(20)	9
5	-1,414	0	3,5(6)	20(25)	2
6	+1,414	0	20,5(12)	20(20)	11
7	0	-1,414	12(12)	13(20)	10
8	0	+1,414	12(18)	27(15)	3
9	0	0	12(12)	20(20)	13
10	0	0	12(6)	20(15)	4
11	0	0	12(12)	20(20)	12
12	0	0	12(12)	20(27)	8
13	0	0	12(12)	20(13)	7

**Таблица 4.15**

Уровни и интервалы варьирования фактора  
для полотно и сатина

Факторы	Уровни варьирования					Интервалы варьирования
	-1,414	-1,0	0	+1,0	+1,414	
X 1 – натяжение нити утка	3,5	6,0	12	18	20,5	6
X 2 – натяжение нити основы	13,0	15,0	20	25	27	5

Таблица 4.16

Уровни и интервалы варьирования фактора  
для полого и сатина

Факторы	Уровни варьирования для саржи и атласа					Интервалы варьирования
	-1,414	-1,0	0	+1,0	+1,414	
X 1 – натяжение нити утка	4,5	6,0	10	16	20	6
X 2 – натяжение нити основы	13,0	15,0	20	25	27	5

Все образцы были отделаны на отделочной фабрике АООТ «Бухоротекс» и СП Россия-Узбекистан «Textiles Spektrum Colors» по стандартной технологии.

Параметры ткани определялись в четырех ее состояниях:

- 1) суровая ткань после снятия со станка и вылеживания в течение двух недель;
- 2) суровая ткань, прошедшая пятикратную стирку;
- 3) готовая ткань;
- 4) готовая ткань, прошедшая пятикратную стирку по изложенной выше методике.

В табл. 4.19 –4.22 приведены данные, характеризующие ткань суровую и готовую до и после пяти стирок, в каждом из 13 вариантов эксперимента.

Таблица 4.17

Натяжение нитей основы в момент заступа		Осциллограммы натяжения нитей основы
Кодированное значение	Натуральное значение	
-1,414	13	
-	15	
0	20	
+	25	
1,414	27	

Таблица 4.18

Натяжение нити утка в момент заступа		Осциллограммы натяжения нити утка
Кодированное значение	Натуральное значение	
-1,414	3,5	
-	6,0	
0	12	
+	18	
1,414	20,5	

Таблица 4.19

## Результаты экспериментальных исследований

№ варианта	Значения факторов		Суровая ткань до стирок								
			Количество опорных точек		Потеря прочности от истирания		Плотность на 10 см		Ширина ткани, мм	Уработка, %	
	X 1	X 2	По основе	По утку	По основе	По утку	По основе	По утку		По основе	По утку
1	+	+	237	100	55,0	40,6	232	221	1650	7,2	3,3
2	-	+	106	222	36,0	45,0	241	225	1667	8,9	4,9
3	+	-	226	94	56,4	42,2	236	226	1660	7,5	4,2
4	-	-	185	218	27,0	22,0	244	229	1670	8,3	6,2
5	-1,414	0	127	210	38,2	56,0	233	227	1670	8,2	5,1
6	+1,414	0	210	98	58,0	43,8	232	223	1650	7,1	4,2
7	0	-1,414	212	97	60,0	46,0	244	229	1972	8,3	6,5
8	0	+1,414	236	246	30,0	37,0	234	225	1656	7,4	6,8
9	0	0	246	219	40,2	38,3	238	217	1662	7,8	4,4
10	0	0	248	217	41,3	39,5	240	218	1664	8,0	4,6
11	0	0	249	220	40,4	38,4	239	218	1663	7,9	5,0
12	0	0	248	217	40,6	38,2	239	218	1664	7,8	4,6
13	0	0	246	218	40,7	39,0	238	218	1662	8,0	4,4

Таблица 4.20

№ варианта	Значения факторов		Суровая ткань после стирок										
			Количество опорных точек		Потеря прочности от истирания		Плотность на 10 см		Ширина ткани, мм	Уработка, %		Усадка после стирок, %	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	По основе	По утку	По основе	По утку	По основе	По утку		По основе	По утку	По основе	По утку
1	+	+	250	116	67,4	51,6	240	230	1530	16,0	12,4	9,0	7,2
2	-	+	125	262	46,4	64,2	250	234	1547	17,6	15,7	10,7	8,1
3	+	-	255	93	68,6	52,8	245	236	1540	17,0	12,6	10,0	7,6
4	-	-	234	256	33,0	38,0	253	238	1550	18,0	14,5	11,0	7,4
5	-1,414	0	148	257	48,8	65,2	242	232	1550	18,0	15,1	11,0	8,3
6	+1,414	0	235	112	70,8	54,3	251	228	1530	16,0	12,8	9,0	7,2
7	0	-1,414	244	102	72,0	58,2	253	238	1551	18,2	13,0	11,2	8,4
8	0	+1,414	254	267	34,6	37,4	243	234	1535	16,6	14,8	9,6	7,4
9	0	0	245	220	43,4	48,6	247	226	1542	17,2	12,3	10,2	7,8
10	0	0	244	221	42,4	49,4	249	227	1543	17,4	12,4	10,4	7,8
11	0	0	248	226	44,0	45,8	248	226	1544	17,3	12,3	10,3	7,9
12	0	0	242	219	45,0	45,2	248	227	1544	17,5	12,4	10,4	7,7
13	0	0	240	223	43,2	48,3	247	226	1542	17,2	12,0	10,2	7,6

Таблица 4.21

№ варианта	Значения факторов		Готовая ткань до стирок								
			Количество опорных точек		Потеря прочности от истирания		Плотность на 10 см		Ширина ткани, мм	Уработка, %	
	X 1	X 2	По основе	По утку	По основе	По утку	По основе	По утку		По основе	По утку
1	+	+	215	140	64,2	58,0	250	220	1466	13,2	16,4
2	-	+	87	241	44,6	70,2	259	223	1483	14,9	19,5
3	+	-	205	147	66,4	58,2	254	224	1476	14,1	16,6
4	-	-	219	227	27,3	49,0	252	227	1486	15,2	18,0
5	-1,414	0	87	232	46,5	72,1	251	225	1486	15,2	18,6
6	+1,414	0	208	147	67,2	60,4	260	221	1466	14,1	16,8
7	0	-1,414	214	142	70,1	64,6	262	227	1488	15,4	17,0
8	0	+1,414	256	299	24,4	45,5	252	223	1472	13,8	18,4
9	0	0	260	276	51,2	55,5	256	225	1778	14,4	16,1
10	0	0	263	277	53,0	56,2	258	226	1480	14,6	16,2
11	0	0	267	278	53,0	55,8	257	225	1479	14,5	16,1
12	0	0	264	277	52,8	56,0	257	226	1480	14,6	16,2
13	0	0	261	276	51,8	55,6	256	225	1478	14,4	16,1

Таблица 4.22

№ варианта	Значения факторов		Готовая ткань после стирок										
			Количество опорных точек		Потеря прочности от истирания		Плотность на 10 см		Ширина ткани, мм	Уработка, %		Усадка после стирок, %	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	По основе	По утку	По основе	По утку	По основе	По утку		По основе	По утку	По основе	По утку
1	+	+	257	108	68,0	50,0	253	226	1458	20,0	13,6	3,0	0,45
2	-	+	118	266	45,4	56,0	262	235	1475	18,0	16,3	4,6	2,1
3	+	-	267	108	69,2	52,2	257	230	1468	20,2	13,8	4,0	1,4
4	-	-	230	259	30,0	37,2	265	238	1478	18,6	15,0	5,0	2,4
5	-1,414	0	147	266	48,2	58,0	254	237	1479	18,3	15,7	5,1	0,4
6	+1,414	0	238	110	70,4	53,8	268	226	1458	20,4	14,0	3,0	2,4
7	0	-1,414	264	110	72,0	55,4	265	238	1480	20,8	14,3	5,3	2,6
8	0	+1,414	260	269	24,8	45,3	255	228	1464	19,0	15,3	3,6	1,0
9	0	0	294	256	50,0	48,0	259	232	1470	19,6	13,3	4,2	1,6
10	0	0	298	259	52,1	48,5	261	234	1472	19,7	13,4	4,3	1,8
11	0	0	297	258	50,3	48,6	260	233	1471	19,8	13,3	4,4	1,7
12	0	0	299	254	50,5	48,8	26	233	1471	19,8	13,4	4,3	1,8
13	0	0	295	256	50,1	48,2	259	232	1472	19,6	13,3	4,2	1,7

## Количество опорных точек и потеря прочности бязь арт.4744

№ опыта	Матрица планирования		Рабочая матрица									
			Натяжение нити сН	Напряжение нитей основы, сН	Количество опорных точек				Потеря прочности от истирания, %			
	$x_1$	$x_2$			По основе	По утку	$y_1$	$y'_1$	По основе	По утку	$y_2$	$y'_2$
1.	+	+	18	25	217	108	216	106	54,0	49,4	53,9	49,2
2.	-	+	6	25	118	220	116	219	48,2	54,3	46,3	52,4
3.	+	-	18	15	200	182	201	184	43,4	36,6	45,6	38,6
4.	-	-	6	15	188	208	189	208	38,6	44,7	38,9	45,0
5.	-1,414	0	3,5	20	120	210	118	209	49,8	54,8	45,4	54,1
6.	+1,414	0	20,5	20	148	104	149	105	58,0	54,0	59,5	55,0
7.	0	-1,414	12	13	186	167	184	166	50,2	48,3	48,3	47,4
8.	0	+1,414	12	27	237	235	238	237	30,1	32,0	31,0	31,2
9.	0	0	12	20	166	184	168	186	48,4	47,8	50,0	48,76
10.	0	0	12	20	165	184	167	186	47,8	48,0	49,6	48,96
11.	0	0	12	20	166	186	167	187	47,7	48,0	49,2	49,0
12.	0	0	12	20	166	185	168	187	48,1	48,0	49,6	48,96
13.	0	0	12	20	165	184	167	186	47,8	48,0	49,5	48,96

$$\bar{y}_1 = 144,6 + 108,24x_1 + 2,39x_2 + 4,25x_1x_2 - 9,96x_1^2 + 41,92x_2^2$$

$$\bar{y}_1^2 = 48,1 + 35,98x_1 - 1,034x_2 - 21,5x_1x_2 - 11,94x_1^2 + 2,56x_2^2$$

$$\bar{y}_2^1 = 49,18 + 4,365x_1 - 1,0275x_2 + 0,25x_1x_2 + 0,3987x_1^2 - 4,252x_2^2$$

$$\bar{y}_2^2 = 47,96 - 1,766x_1 + 2,393x_2 + 0,8x_1x_2 + 2,05x_1^2 - 1,575x_2^2$$

Таблица 4.24

Количество опорных точек и потеря прочности из х/б саржа 2/1

№ опыта	Матрица планирования		Рабочая матрица									
			Натяжение нити утка сН	Натяжение нитей основы, сН	Количество опорных точек				Потеря прочности от истирания, %			
	$X_1$	$x_2$			По основе	По утку	$y_1$	$y'_1$	По основе	По утку	$y_2$	$y'_2$
1.	+	+	16	25	204	189	202	188	57,7	44,8	57,2	42,5
2.	-	+	6	25	269	158	266	157	58,8	46,9	59,5	45,6
3.	+	-	16	15	188	202	190	204	33,3	59,4	35,3	59,7
4.	-	-	6	15	244	289	245	288	54,4	40,3	53,8	41,7
5.	-1,414	0	4,5	20	270	164	268	165	51,3	50,3	51,6	48,1
6.	+1,414	0	20,0	20	375	206	277	208	50,5	32,2	51,5	38,8
7.	0	-1,414	10	13	370	200	268	199	50,2	44,7	48,8	46,4
8.	0	+1,414	10	27	382	374	278	260	36,7	32,2	37,5	31,3
9.	0	0	10	20	260	186	261	188	51,7	40,5	53,7	41,2
10.	0	0	10	20	258	188	260	188	50,9	39,6	52,8	41,0
11.	0	0	10	20	260	185	262	187	51,2	39,8	52,3	41,2
12.	0	0	10	20	262	186	261	187	51,6	39,8	52,9	41,0
13.	0	0	10	20	260	186	262	188	51,2	39,4	53,2	41,0

$$\bar{y}_1 = 239,6 + 3,434x_1 - 11,49x_2 - 2,25x_1x_2 + 10,72x_1^2 + 36,47x_2^2$$

$$\bar{y}_1^2 = 186,2 - 21,671x_1 - 28,958x_2 + 29,5x_1x_2 + 6,744x_1^2 + 1,244x_2^2$$

$$\bar{y}_2^1 = 51,16 - 2,916x_1 + 4,749x_2 + 5,0x_1x_2 - 0,453x_1^2 + 0,822x_2^2$$

$$\bar{y}_2^2 = 39,79 - 1,074x_1 - 1,795x_2 - 5,30x_1x_2 + 2,185x_1^2 + 2,822x_2^2$$

## Количество опорных точек и потеря прочности из х/б сатин 5/2

№ опыта	Матрица планирования		Рабочая матрица									
			Натяжение нити утка сН	Натяжение нитей основы, сН	Количество опорных точек				Потеря прочности от истирания, %			
	$x_1$	$x_2$			По основе	По утку	$y_1$	$y'_1$	По основе	По утку	$y_2$	$y'_2$
1.	+	+	18	25	104	380	102	370	24,2	48,4	24,0	48,1
2.	-	+	6	25	184	364	183	362	29,3	47,5	27,5	46,4
3.	+	-	18	15	158	370	159	371	25,4	48,0	26,3	47,7
4.	-	-	6	15	202	308	203	308	26,6	47,3	26,8	48,0
5.	-1,414	0	3,5	20	212	366	210	363	27,7	48,3	25,9	47,8
6.	+1,414	0	15,5	20	168	348	169	350	25,8	47,1	26,3	48,2
7.	0	-1,414	12	13	128	374	130	371	24,9	58,8	26,2	59,3
8.	0	+1,414	12	27	231	370	242	371	28,2	46,2	27,4	44,3
9.	0	0	12	20	448	459	446	458	27,8	25,6	29,3	26,4
10.	0	0	12	20	450	458	448	460	28,4	25,4	27,4	26,6
11.	0	0	12	20	452	458	448	458	28,2	25,5	27,8	26,2
12.	0	0	12	20	451	459	450	460	27,9	25,5	29,2	26,4
13.	0	0	12	20	450	460	446	460	28,5	25,4	29,3	26,3

$$\bar{y}_1 = 190,8 - 12,482x_1 + 16,322x_2 - 9,0x_1x_2 - 19,372x_1^2 + 28,003x_2^2$$

$$\bar{y}_1^{-2} = 350,2 + 0,0687x_1 + 1,0437x_2 + 1,50x_1x_2 + 4,107x_1^2 + 11,607x_2^2$$

$$\bar{y}_2^{-1} = 28,16 - 1,123x_1 + 0,7708x_2 - 0,725x_1x_2 - 0,7955x_1^2 - 0,8955x_2^2$$

$$\bar{y}_2^{-2} = 46,08 - 0,012x_1 - 2,152x_2 + 0,05x_1x_2 - 2,267x_1^2 + 2,633x_2^2$$

## Количество опорных точек и потеря прочности ткани из х/б атлас 5/2

№ опыта	Матрица планирования		Рабочая матрица									
			Натяжение нити утка сН	Натяжение нитей основы, сН	Количество опорных точек				Потеря прочности от истирания, %			
	$X_1$	$x_2$			По основе	По утку	$y_1$	$y'_1$	По основе	По утку	$y_2$	$y'_2$
1.	+	+	18	25	156	354	154	352	24,8	54,6	22,6	54,1
2.	-	+	6	25	483	475	480	478	28,4	30,1	27,4	30,2
3.	+	-	18	15	120	362	122	360	24,2	55,3	25,3	56,2
4.	-	-	6	15	266	258	265	256	28,5	39,8	29,6	41,3
5.	-1,414	0	3,5	20	278	252	276	250	45,2	45,4	44,3	47,0
6.	+1,414	0	20,5	20	184	364	185	365	28,9	44,3	29,7	45,1
7.	0	-1,414	12	13	202	348	200	347	42,4	40,8	40,6	40,2
8.	0	+1,414	12	27	240	294	241	296	33,7	48,2	34,8	49,4
9.	0	0	12	20	244	340	245	342	35,6	41,1	36,4	40,4
10.	0	0	12	20	243	342	244	343	34,8	41,2	36,4	40,4
11.	0	0	12	20	242	340	244	341	35,2	41,4	36,6	40,4
12.	0	0	12	20	244	342	245	343	35,5	41,2	36,6	40,3
13.	0	0	12	20	242	342	244	343	35,0	41,7	36,4	40,4

$$\bar{y}_1 = 243 - 49,866x_1 + 16,091x_2 + 6,50x_1x_2 - 10,923x_1^2 - 15,923x_2^2$$

$$\bar{y}_1^2 = 341,2 + 3342x_1 + 0,831x_2 - 2,475x_1x_2 - 12,796x_1^2 - 6,296x_2^2$$

$$\bar{y}_2^1 = 35,32 - 5,187x_1 - 1,528x_2 + 0,175x_1x_2 - 1,929x_1^2 - 1,4295x_2^2$$

$$\bar{y}_2^2 = 41,20 + 3,93x_1 + 0,882x_2 + 0,50x_1x_2 + 2,295x_1^2 + 2,12x_2^2$$

## Выводы по главе 4

1. Путем изменения натяжения утка, создаваемого натяжителем на станках СТБ -180 в момент перед закрытием зева, можно существенно изменить параметры строения ткани.

2. При заправочных параметрах, принятых на предприятиях для выработки тканей бязь арт. 4744 и сатин 5/2 на станках СТБ-180 ( как суровой, так и готовой) ткани до и после стирок являются уточноопорными, при этом натяжение утка перед закрытием зева равно 7-8сН.

3. Равноопорные ткани с максимальной опорной поверхностью можно сформировать на станке СТБ-180 типа бязь арт.4744 при натяжении нити утка перед закрытием зева примерно 12сН, а сатин 5/2 при натяжении 10 сН.

4. Ткани бязь арт.4744 и сатин 5/2, выработанные на станках СТБ-180, при натяжении уточной нити в момент перед закрытием зева 10-12 сН имеют существенно большую стойкость к истиранию (по сравнению с тканями, выработанными при натяжении нити утка 18 или 6 сН).

5. Ткани атлас 5/2 и саржа 2/1, выработанные на станках СТБ-180 натяжением нитей основы  $F_{o(атлас)}=25$  сН и  $F_{o(саржа)}=27$  сН, имеют максимальную опорную поверхность (по сравнению с тканями, выработанными натяжением нитей основы 20 сН).

6. Выбор интервалов и значений факторов для пяти уровней варьирования проводили с учетом технических ограничений на технологические параметры заправки ткацкого станка СТБ-180.

7. За нулевой уровень фактора  $X_2$  было принято натяжение 20сН, за нулевой уровень фактора  $X_1$  было принято натяжение 10; 12сН. С помощью нитенатяжителя, используемого на станке, натяжение нити утка удалось изменять от 3,5 до 20,5 сН.

8. Применение электромагнитного натяжителя нити позволяет изменять натяжение уточной нити в момент перед закрытием зева, оставляя на минимальном уровне его величину в момент прокидки утка.

# ГЛАВА V. ОБРАБОТКА, АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

## 5.1. Обработка результатов эксперимента и составление регрессионных уравнений

Математическая обработка результатов эксперимента позволила получить уравнения регрессии вида:

$$\hat{y}_u = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_{12} + b_{22} x_{22} \quad (5.1)$$

Коэффициенты регрессии были определены с помощью следующих формул (для случая двух факторов):

$$b_0 = 0.2 \sum_1^{13} y_u - 0.1 \sum_1^2 \sum_1^6 x_{iu}^2 y_u ; \quad (5.2)$$

$$b_1 = 0.125 \sum_1^6 x_{1u} y_u ; \quad (5.3)$$

$$b_2 = 0.125 \sum_1^6 x_{2u} y_u ; \quad (5.4)$$

$$b_{12} = 0.125 \sum_1^4 x_{1u} x_{2u} y_u . \quad (5.5)$$

$$b_{11} = 0.125 \sum_1^6 x_{1u}^2 y_u + 0.0187 \sum_1^2 \sum_1^6 x_{iu}^2 y_u - 0.100 \sum_1^{13} y_u ; \quad (5.6)$$

$$b_{22} = 0.125 \sum_1^6 x_{2u}^2 y_u + 0.0187 \sum_1^2 \sum_1^6 x_{iu}^2 y_u - 0.100 \sum_1^{13} y_u ; \quad (5.7)$$

Гипотеза об адекватности уравнений проверялась с помощью следующих формул:

$$S^2_{ad} = \frac{S_R - S_E}{f_{ad}} = \frac{\sum_1^{13} (y_u - \hat{y}_u)^2 - \sum_1^5 (y_{oj} - \bar{y}_o)^2}{13 - 6 - 4} \quad (5.8)$$

$$S^2_{\{\bar{y}\}} = \frac{\sum_1^5 (y_{oj} - \bar{y}_o)^2}{n_o - 1} ; \quad (5.9)$$

$$F_{расч} = \frac{S^2_{ad}}{S^2_{\{\bar{y}\}}}. \quad (5.10)$$

Сравнение расчетного значения критерия Фишера [см. формулу (5.1)] с табличным при 95 % - м уровне значимости был сделан вывод об адекватности полученных моделей. Для нашего случая число степеней свободы для большей дисперсии равно 3, для меньшей дисперсии – 4; табличное значение критерия Фишера равно 6,59 при доверительной вероятности 0,95. Значение критериев находится в пределах от 0,6628 до 5,603.

Оценка значимости коэффициентов регрессии проводилась с учетом следующих соотношений:

$$\Delta b_0 = \pm 2S_{\{b_0\}}; \quad (5.11)$$

$$\Delta b_1 = \pm 2S_{\{b_i\}}; \quad (5.12)$$

$$\Delta b_{ii} = \pm 2S_{\{b_{ii}\}}; \quad (5.13)$$

$$\Delta b_{ij} = \pm 2S_{\{b_{ij}\}}; \quad (5.14)$$

где:  $S_{\{b_0\}}$ ;  $S_{\{b_i\}}$ ;  $S_{\{b_{ii}\}}$ ; и  $S_{\{b_{ij}\}}$  – соответственно квадратичные ошибки в определении коэффициентов  $b_0$ ,  $b_i$ ,  $b_{ii}$ ,  $b_{ij}$ .

При ротатабельном планировании второго порядка значения квадратичных ошибок определяются по уравнениям

$$S^2_{\{b_0\}} = a_8 S^2_{\{\bar{y}\}}; \quad (5.15)$$

$$S^2_{\{b_i\}} = a_9 S^2_{\{\bar{y}\}}; \quad (5.16)$$

$$S^2_{\{b_{ii}\}} = a_{10} S^2_{\{\bar{y}\}}. \quad (5.17)$$

Обработка полученных экспериментальных данных проводилась на персональном компьютере по программе, приведенной в приложении 4.

После расчета коэффициентов регрессии с помощью формул (5.8)-(5.10) были получены уравнения регрессии, приведенные ниже (результаты обработки приведены в приложениях 1-4).

1. Опорная поверхность ткани по основе –  $\hat{y}_1$  :

$$\hat{y}_1^{CD} = 9.502 - 0.407 X_1 - 0.264X_2 - 0.225X_1X_2 - 0.0804 X_1^2 - 0.09 X_2^2 ;$$

$$\hat{y}_1^{CI} = 11,803 - 0.707 X_1 + 0.264X_2 - 0.225X_1X_2 - 0.076 X_1^2 ;$$

$$\hat{y}_1^{CI} = 10.302 - 0.2 X_1 - 0.3X_2 - 0.12 X_1X_2 + 0.335 X_1^2 - 0.04 X_2^2 ;$$

$$\hat{y}_1^{CI} = 10.683 + 0.41 X_1 - 0.3X_2 + 0.25X_1X_2 - 0.76.$$

2. Опорная поверхность ткани по утку -  $\hat{y}_2$  :

$$\hat{y}_2^{CD} = 8.002 - 2.035 X_1 - 1.321X_2 - 1.125X_1X_2 - 0.632 X_1^2 - 0.257 X_2^2 ;$$

$$\hat{y}_2^{CI} = 9.202 - 2.435 X_1 - 1.321X_2 - 0.125X_1X_2 ;$$

$$\hat{y}_2^{CI} = 12,383 - 0,5 X_1 - 0,26X_2 - 0,41X_1^2 ;$$

$$\hat{y}_2^{CI} = 8.602 - 2.035 X_1 - 1.32X_2 - 0.465 X_1^2 - 0.84 X_2^2 .$$

3. Плотность ткани по основе –  $\hat{y}_3$  :

$$\hat{y}_3^{CD} = 23,886 + 0,40 X_1 - 0,264X_2 - 0.25X_1X_2 - 0.089 X_1^2 - 0.014 X_2^2 ;$$

$$\hat{y}_3^{CI} = 24,786 + 0,419 X_1 - 0,299X_2 - 0.5X_1X_2 - 0.09 X_1^2 ;$$

$$\hat{y}_3^{CI} = 25,686 + 0,207 X_1 - 0,220X_2 - 0.025X_1X_2 - 0.091 X_1^2 ;$$

$$\hat{y}_3^{CI} = 25,986 + 0,407X_1 - 0,264X_2 - 0.025X_1X_2 - 0.091 X_1^2 - 0.016X_2^2$$

4. Плотность ткани по утку –  $\hat{y}_4$  :

$$\hat{y}_4^{CD} = 21,745 - 0,158 X_1 - 0,183X_2 - 0.025X_1X_2 + 0.039 X_1^2 ;$$

$$\hat{y}_4^{CI} = 22,656 - 0,158 X_1 - 0,613X_2 - 0.03X_1X_2 + 0.033 X_1^2 ;$$

$$\hat{y}_4^{CI} = 22,555 - 0,146 X_1 - 0,71X_2 - 0.088X_1X_2 + 0.06 X_2^2 ;$$

$$\hat{y}_4^{CI} = 23,286 + 0,407X_1 - 0,267X_2 - 0.0125X_1X_2 - 0.088 X_1^2 - 0.013X_2^2$$

5. Ширина ткани –  $\hat{y}_5$  :

$$\hat{y}_5^{CD} = 166,44 - 0,68 X_1 - 0,45X_2 - 0,77X_1X_2 - 0,37 X_1^2 - 0,17 X_2^2;$$

$$\hat{y}_5^{CI} = 155,44 - 0,69 X_1 - 0,45X_2 - 0,43X_1X_2 - 0,23 X_1^2;$$

$$\hat{y}_5^{II} = 149,24 - 0,69 X_1 - 0,5X_2 - 0,35 X_1^2;$$

$$\hat{y}_5^{III} = 146,04 - 0,59 X_1 - 0,55X_2 - 0,47X_1X_2 - 0,25 X_1^2 - 0,25 X_2^2.$$

6. Усадка ткани по основе –  $\hat{y}_6$  :

$$\hat{y}_6^{CI} = 10,402 - 0,091 X_1 - 0,445X_2 - 0,175X_1X_2 - 0,216 X_1^2 - 0,016 X_2^2;$$

$$\hat{y}_6^{III} = 4,401 - 0,671 X_1 - 0,155X_2 - 0,075X_1X_2 - 0,21 X_1^2.$$

7. Усадка ткани по утку –  $\hat{y}_7$  :

$$\hat{y}_7^{CI} = 7,882 - 0,707 X_1 - 0,064X_2 - 0,083 X_1^2;$$

$$\hat{y}_7^{III} = 1,8 - 0,89 X_1 - 0,775X_2 - 0,175X_1X_2 - 0,208 X_1^2.$$

8. Износостойкость ткани по основе –  $\hat{y}_8$  :

$$\hat{y}_8^{CD} = 41,007 + 7,445 X_1 - 2,227X_2 - 0,875X_1X_2 + 4,061 X_1^2;$$

$$\hat{y}_8^{CI} = 45,013 + 7,91 X_1 - 4,453X_2 - 1,78X_1X_2 + 6,17 X_1^2;$$

$$\hat{y}_8^{II} = 52,014 + 6,91 X_1 - 4,453X_2 - 1,05X_1X_2 + 2,118 X_1^2;$$

$$\hat{y}_8^{III} = 50,013 + 6,81 X_1 - 4,953X_2 - 1,7 X_1X_2 - 5,2 X_1^2.$$

9. Износостойкость ткани по утку –  $\hat{y}_9$  :

$$\hat{y}_9^{CD} = 31,012 - 5,01 X_1 - 4,46X_2 - 1,75X_1X_2 + 5,11 X_1^2;$$

$$\hat{y}_9^{CI} = 48,009 - 3,95 X_1 - 2,77X_2 + 6,068 X_1^2;$$

$$\hat{y}_9^{II} = 56,2 - 4,91 X_1 - 4,753X_2 - 1,75X_1X_2 + 5,132 X_1^2;$$

$$\hat{y}_9^{III} = 47,011 - 3 X_1 - 4,45X_2 - 4,75X_1X_2 + 4,406 X_1^2.$$

10. Уработка ткани по основе –  $\hat{y}_{10}$  :

$$\hat{y}_{10}^{CD} = 7,882 + 0,407 X_1 - 0,284X_2 - 0,025X_1X_2 - 0,073 X_1^2 ;$$

$$\hat{y}_{10}^{CI} = 17,404 + 0,691 X_1 - 0,17X_2 - 0,278X_1X_2 ;$$

$$\hat{y}_{10}^{II} = 14,603 + 0,3 X_1 - 0,965X_2 - 0,175X_1X_2 ;$$

$$\hat{y}_{10}^{III} = 19,407 + 0,65 X_1 - 0,145X_2 - 0,75X_1X_2 - 0,25 X_1^2 .$$

11. Уработка ткани по утку –  $\hat{y}_{11}$  :

$$\hat{y}_{11}^{CD} = 4,401 - 0,691 X_1 - 0,445X_2 - 0,175X_1X_2 - 0,201 X_1^2 - 0,010 X_2^2 ;$$

$$\hat{y}_{11}^{CI} = 13,803 - 0,691 X_1 - 0,445X_2 - 0,18X_1X_2 - 0,22 X_1^2 ;$$

$$\hat{y}_{11}^{II} = 17,904 - 0,601 X_1 - 0,978X_2 - 0,224 X_1^2 ;$$

$$\hat{y}_{11}^{III} = 14,004 - 0,6 X_1 - 0,75X_2 - 0,18X_1X_2 - 0,221 X_1^2 - 0,021 X_2^2 .$$

По отдельным точкам было проведено сравнение значений критериев, полученных с помощью формул, приведенных выше, с экспериментальными.

$y_1$  – опорная поверхности ткани по основе при  $X_1 = +1, X_2 = +1$ :

$$\hat{y}_1^{CD} = 9,502 - 0,407 \cdot 1 - 0,264 \cdot 1 - 0,025 \cdot 1 \cdot 1 - 0,084 \cdot 1^2 = 8,3$$

(по эксперименту 8,8)

$$\hat{y}_1^{CI} = 11,084 - 0,707 \cdot 1 + 0,264 \cdot 1 - 0,025 \cdot 1 \cdot 1 - 0,076 \cdot 1^2 = 10,5$$

(по эксперименту 10,4)

$$\hat{y}_1^{II} = 10,302 - 0,2 \cdot 1 - 0,3 \cdot 1 - 0,12 \cdot 1 \cdot 1 + 0,335 \cdot 1^2 - 0,04 \cdot 1^2 = 9,3$$

(по эксперименту 10,0)

$$\hat{y}_1^{III} = 10,683 + 0,41 \cdot 1 - 0,3 \cdot 1 + 0,25 \cdot 1 \cdot 1 - 0,76 \cdot 1^2 = 11,74$$

(по эксперименту 11,7)

$y_5$  – ширина ткани при  $X_1 = -1,414, X_2 = 0$ :

$$\hat{y}_5^{CD} = 166,44 - 0,68(-1,414) - 0,48 \cdot 0 - 0,77 \cdot 0 \cdot (-1,414) - 0,37 \cdot (-1,414)^2 - 0,17 \cdot 0 = 167,04$$

(по эксперименту 167,04)

$$\hat{y}_5^{CI} = 155,44 - 0,69(-1,414) - 0,45 \cdot 0 - 0,17 \cdot 0 \cdot (-1,414) - 0,36 \cdot (-1,414)^2 - 0,16 \cdot 0 = 154,66$$

(по эксперименту 155,0)

$$\hat{y}_5^{III} = 148,04 - 0,69(-1,414) - 0,45 \cdot 0 - 0,17 \cdot 0 \cdot (-1,414) - 0,35 \cdot (-1,414)^2 - 0 = 148,3$$

(по эксперименту 148,6)

$$\hat{y}_5^{IV} = 147,244 + 0,96 - 0,74 = 147,46$$

(по эксперименту 147,0)

$y_8$  – при  $X_1 = 0, X_2 = +1,414$

$$\hat{y}_8^{CD} = 41,007 + 7,445 \cdot 0 - 2,27 \cdot (+1,414) - 0,875 \cdot 1,414 - 1,061 \cdot 0^2 = 37,7$$

(по эксперименту 37,0)

$$\hat{y}_8^{CI} = 38,009 - 3,148 = 34,8$$

(по эксперименту 34,0)

$$\hat{y}_8^{III} = 72,017 - 6,91 \cdot 0 - 4,453 \cdot (1,414) - 1,75 \cdot 1,414 \cdot 0 - 2,13 \cdot 0 = 65,2$$

(по эксперименту 64,0)

$$\hat{y}_8^{IV} = 47,011 - 6,295 = 40,7$$

(по эксперименту 39,5)

Зависимость отдельных критериев оценки от натяжения нити утка в момент перед закрытием зева представлены на рис. 5.1-5.10. На них крестиками зафиксированы расчетные данные, полученные по регрессионным уравнениям, а точками – экспериментальные данные (см. также табл. 5.15-5.18).

## 5.2. Оценка воспроизводимости результатов, полученных по способу определения опорной поверхности ткани.

Для оценки воспроизводимости результатов, полученных по способу определения опорной поверхности, был осуществлен дисперсионный анализ однородности результатов.

Если имеющийся числовой материал однороден, т.е. если на одну из нескольких групп отдельных значений и тем самым на соответствующие средние значения не влияют некоторые неслучайные причины, то оценки не могут существенно отличаться друг от друга. Это можно проверить по критерию F, который определялся по формуле

$$F = \frac{(1)S^2}{(2)S^2} = \frac{\frac{l}{k-1} \sum_{i=1}^k (\bar{X}_i - \bar{X})^2}{\frac{1}{k} \sum_{i=1}^k S_i^2},$$

где:  $n$  – число отдельных значений;

$k$  – число групп;

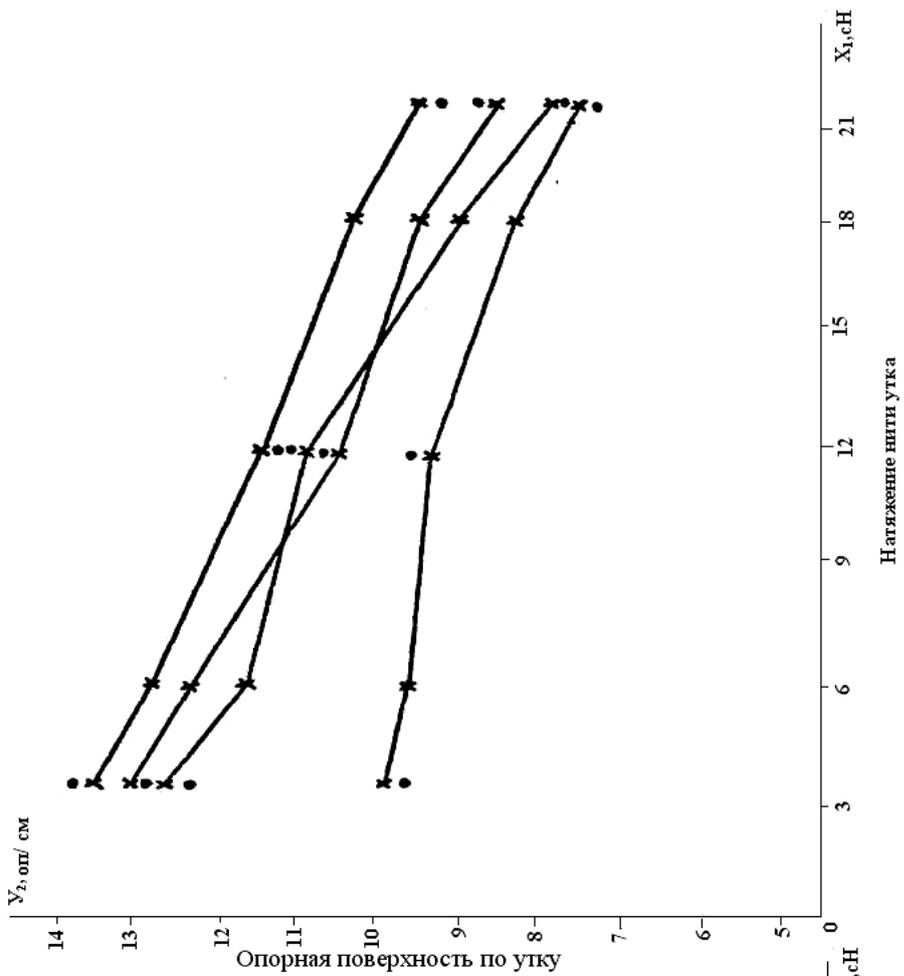
$l$  – число значений в каждой группе ( $kl = n$ )

$(1)S^2$  – дисперсия средних значений (внешняя):

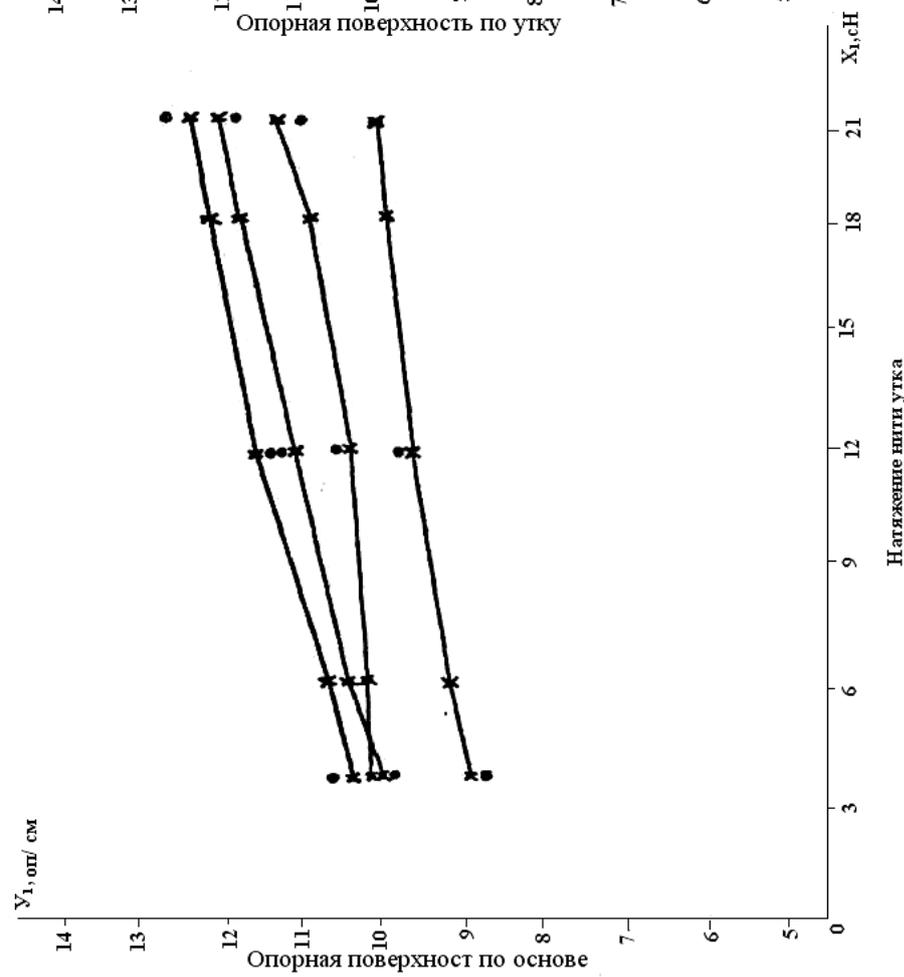
$$(1)S^2 = \frac{l}{k-1} \sum_{i=1}^k (\bar{X}_i - \bar{X})^2;$$

$(2)S^2$  – средняя дисперсия отдельных измерений в пределах одной группы (внутренняя):

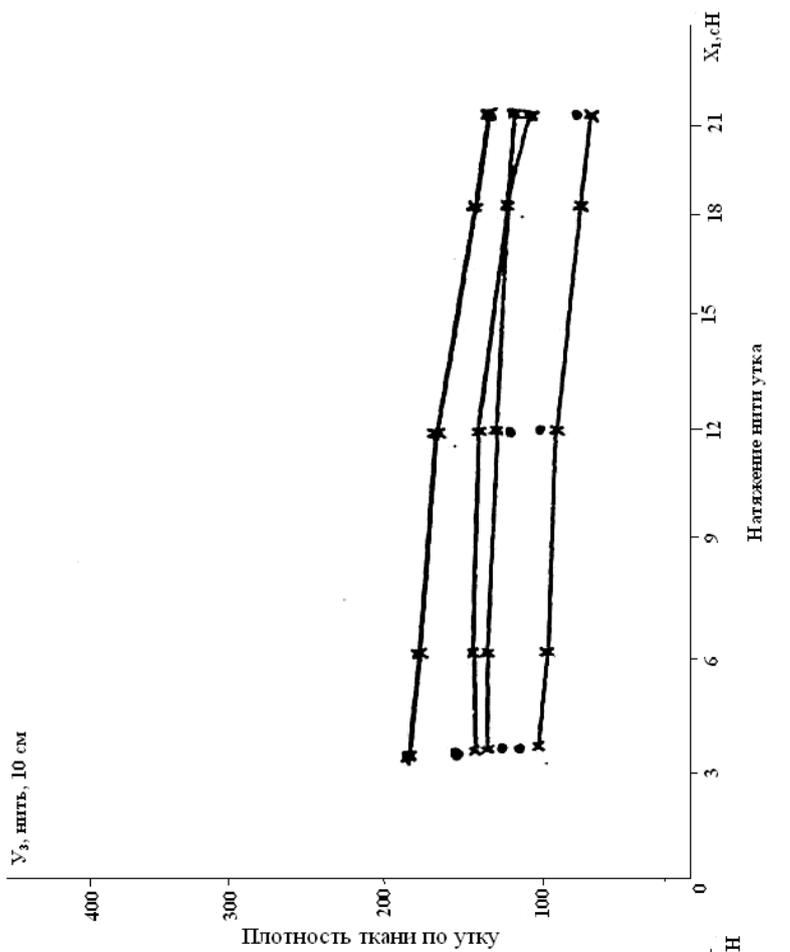
$$(2)S^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k S_i^2;$$



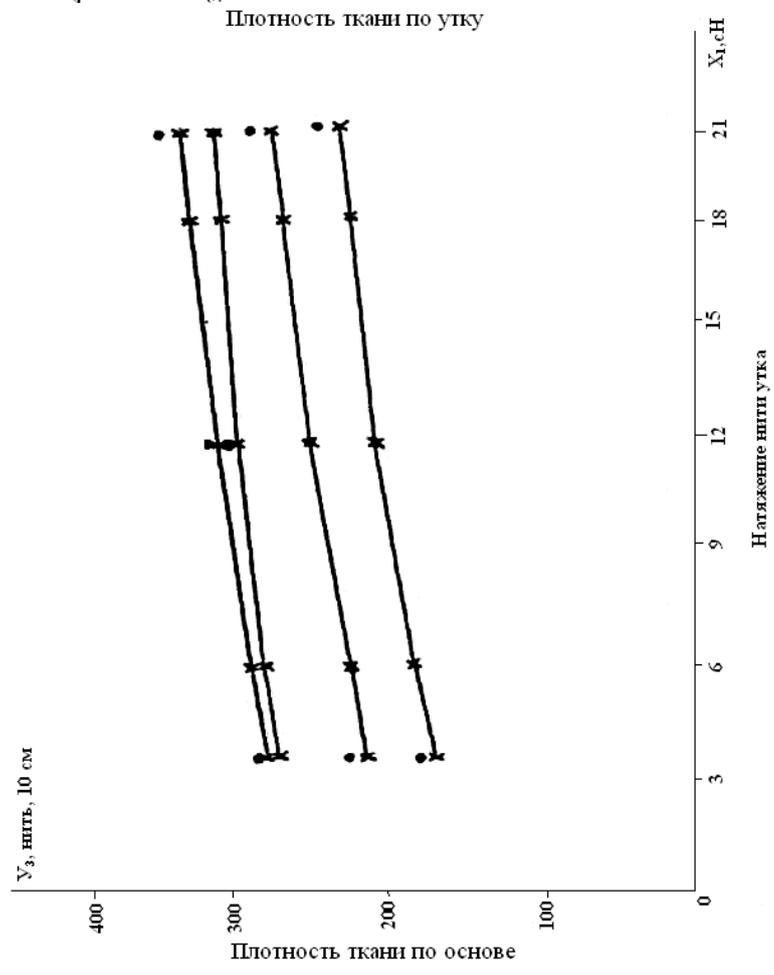
**Рис.5.2. Зависимость опорной поверхности ткани по утку от натяжения уточины**



**Рис.5.1. Зависимость опорной поверхности ткани по основе от натяжения уточины**



**Рис.5.4. Зависимость плотности ткани по утку от натяжения уточины**



**Рис.5.3. Зависимость плотности ткани по основе от натяжения уточины**

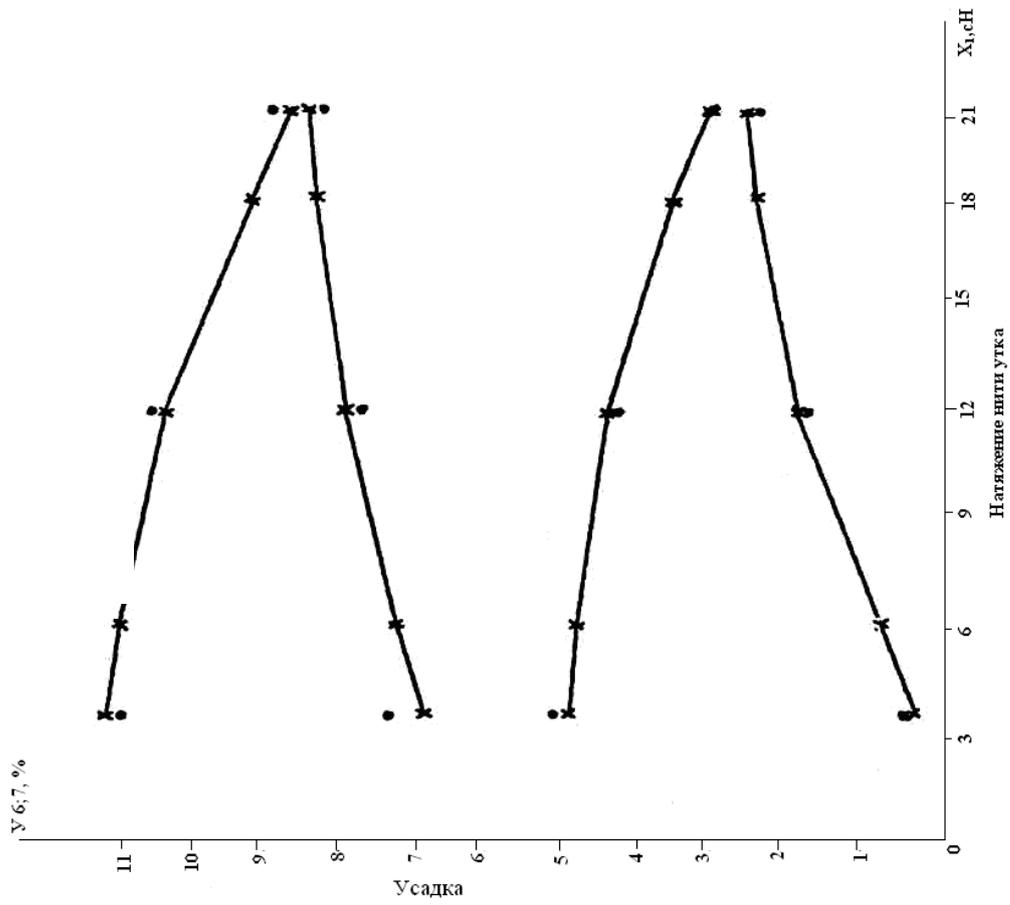


Рис.5.6. Зависимость усадка после пяти стирок от натяжения уточины

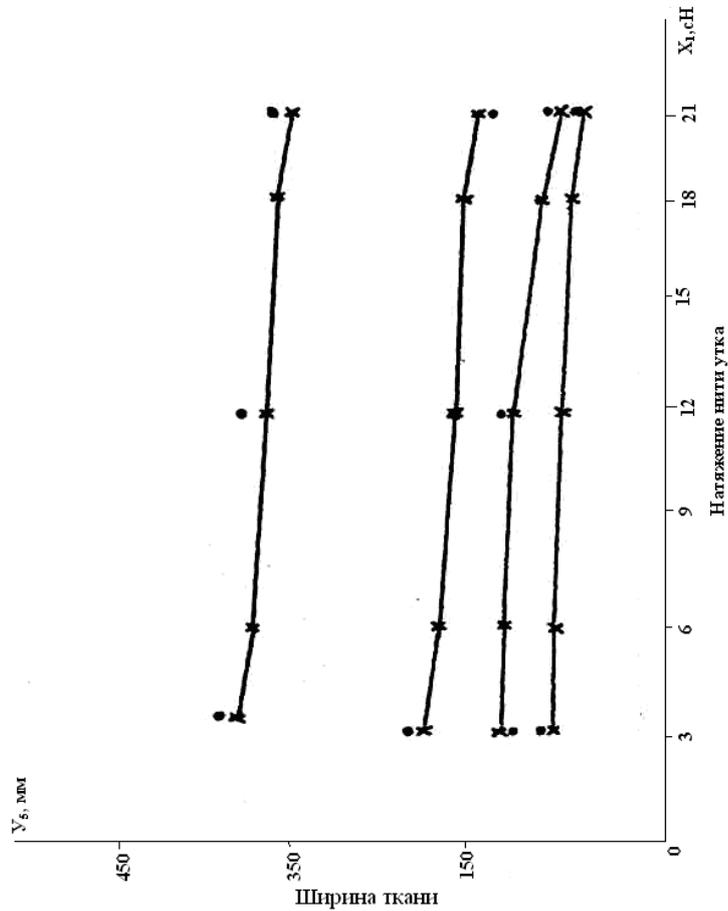
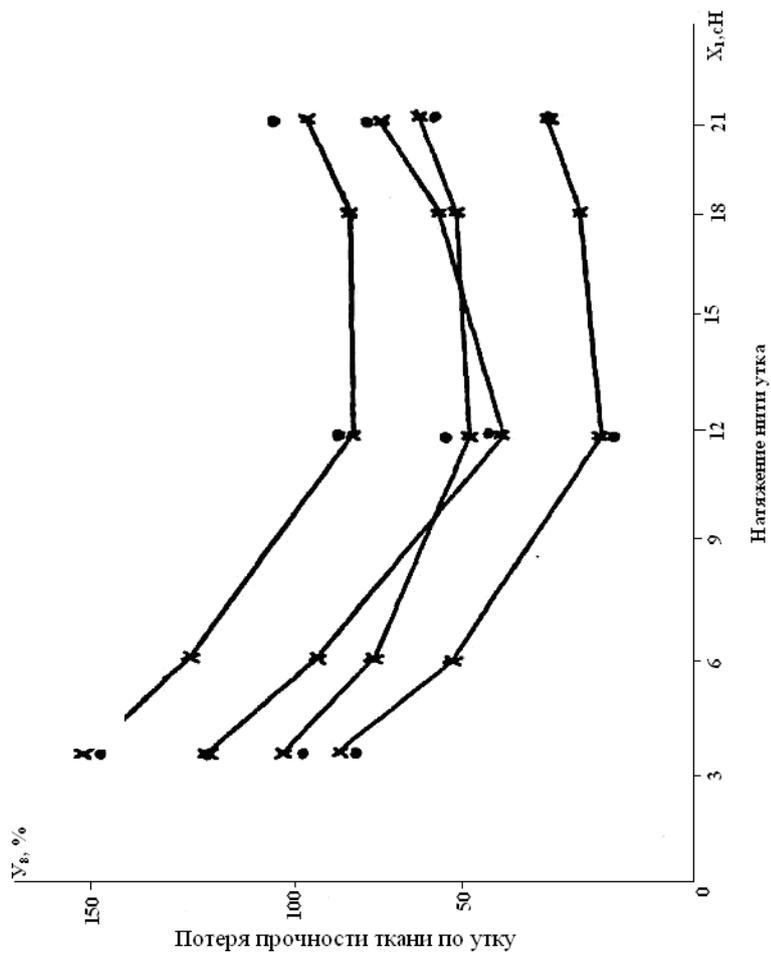
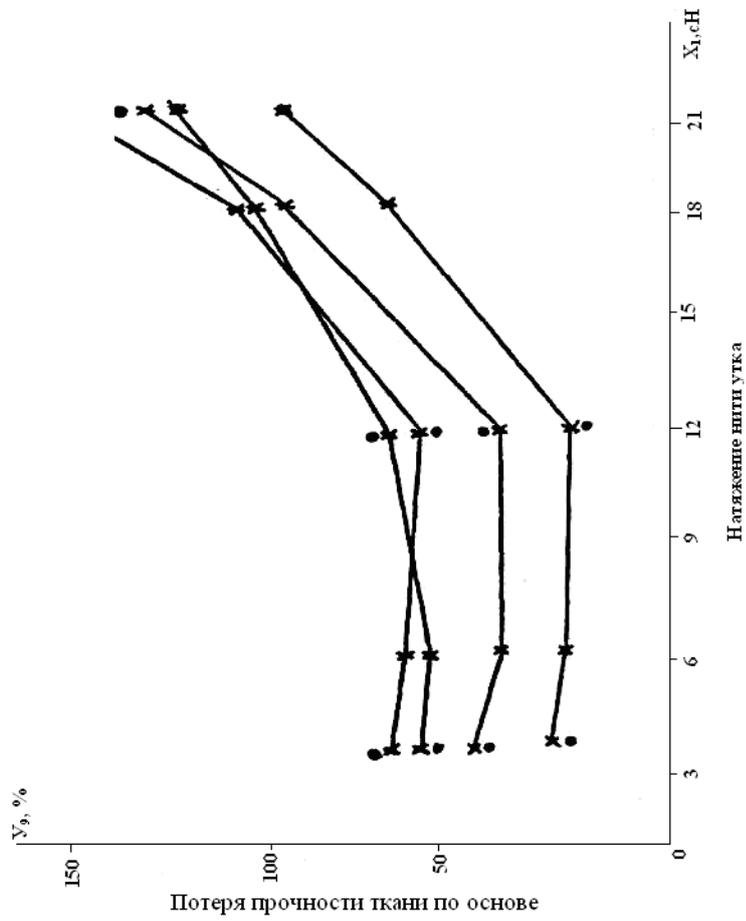


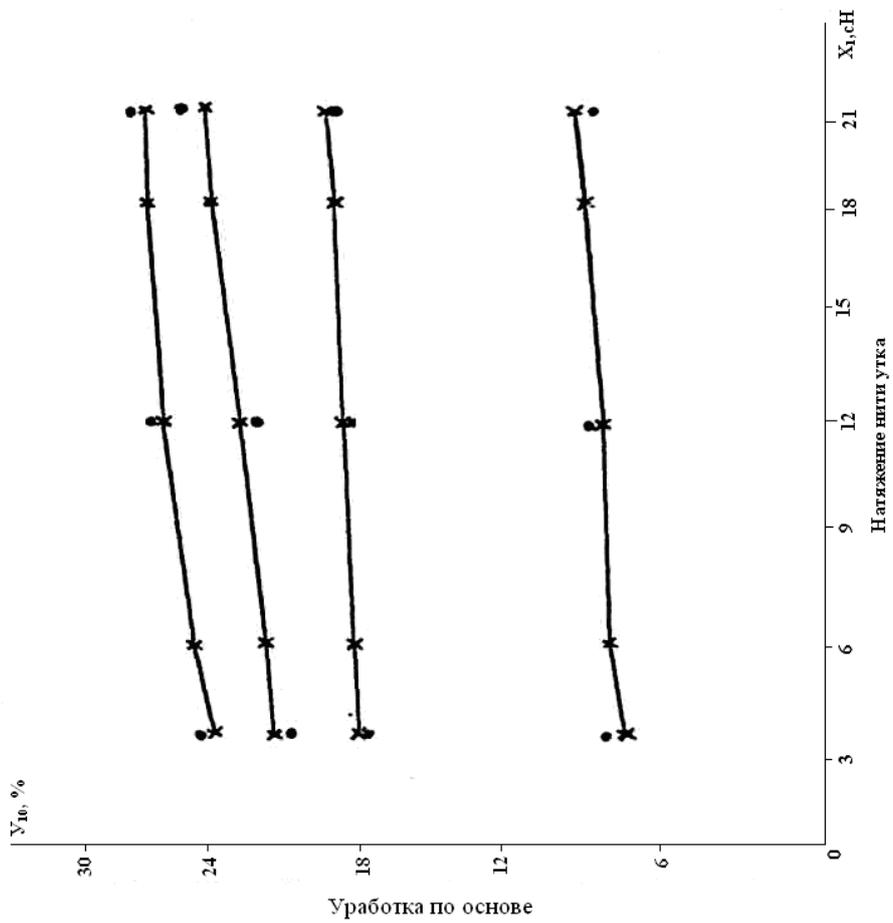
Рис.5.5. Зависимость ширины ткани от натяжения уточины



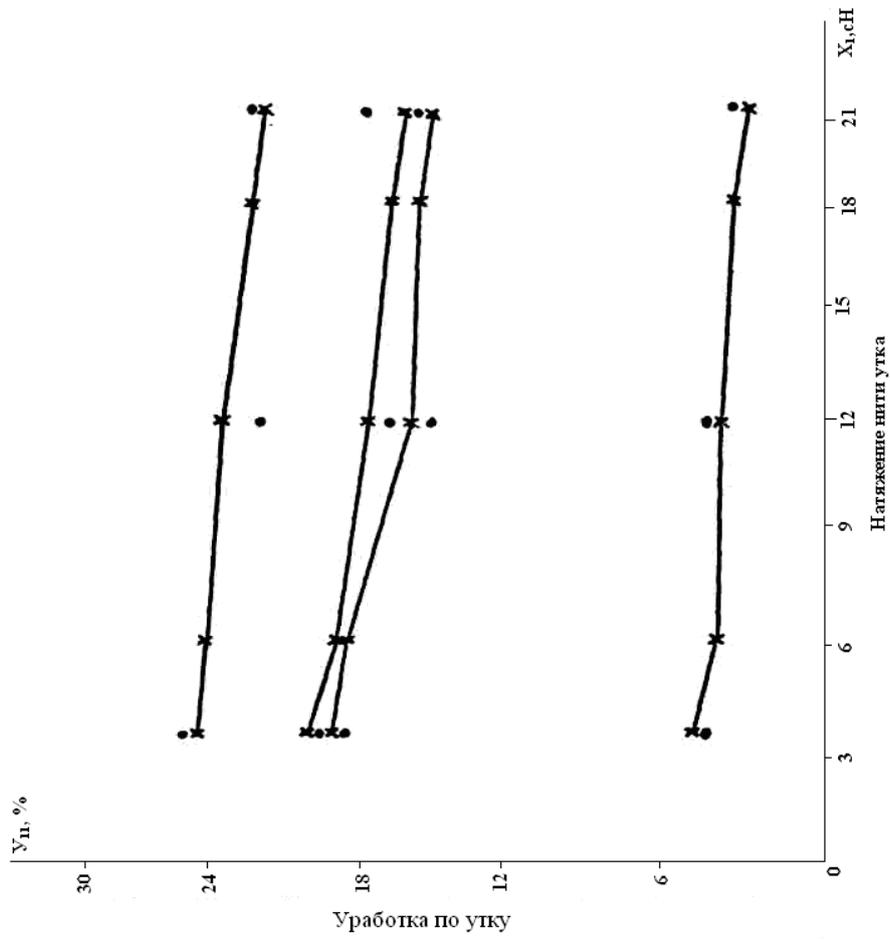
**Рис.5.8. Зависимость стойкости ткани к истиранию по утку от натяжения уточины**



**Рис.5.7. Зависимость стойкости ткани к истиранию по основе от натяжения уточины**



**Рис.5.9. Зависимость уработки  
нити основы ткани от натяжения  
уточины**



**Рис.5.10. Зависимость уработки  
нити утка в ткани от натяжения  
уточины**

Критерии  $F$  сравнивают с табличным значением, зависящим от  $f_1 = k - 1$  и  $f_2 = k(l - 1) = n - k$ . Если  $F < F_T$ , то можно принять гипотезу, где имеет место однородный числовой материал.

Нами был выполнен дисперсионный анализ результатов, полученных по методу определения опорной поверхности ткани до и после стирок, с целью определения значимости различий по трем пробам. Результаты здесь были получены отдельно для 1-й, 2-й и 3-й проб.

Дисперсионный анализ показал, что результаты однородны для суровой до старки, суровой после стирки и готовой ткани до и после стирок, однородны (см. приложение 2 табл. 5.1-5.4). При этом во всех случаях табличное значение критерия  $F_T$  равно 3,6.

**Таблица 5.1**

**Результаты дисперсионного анализа определения опорной поверхности ткани**

№ варианта	Значение факторов		Суровая ткань до стирок							
			Основа				Уток			
	$X_1$	$X_2$	$X_{cp}$	$(1)S^2$	$(2)S^2$	$F_{расч}$	$X_{cp}$	$(1)S^2$	$(2)S^2$	$F_{расч}$
1	6	25	4,88	0,15	2,647	0,06	10,045	0,114	1,25	0,09
2	25	25	11,84	0,258	0,516	0,5	11,88	0,13	0,48	0,3
3	18	25	10,11	0,244	0,69	0,35	4,66	0,648	3,374	0,19

**Таблица 5.2**

№ варианта	Значение факторов		Суровая ткань после стирок							
			Основа				Уток			
	$X_1$	$X_2$	$X_{cp}$	$(1)S^2$	$(2)S^2$	$F_{расч}$	$X_{cp}$	$(1)S^2$	$(2)S^2$	$F_{расч}$
1	6	25	5,56	0,407	3,294	0,12	10,99	0,703	1,067	0,66
2	12	25	12	-	-	-	-	-	-	-
3	18	25	10,66	0,402	1,009	0,40	4,43	1,517	3,665	0,41

**Таблица 5.3**

№ варианта	Значение факторов		Готовая ткань до стирок							
			Основа				Уток			
	$X_1$	$X_2$	$X_{cp}$	$(1)S^2$	$(2)S^2$	$F_{расч}$	$X_{cp}$	$(1)S^2$	$(2)S^2$	$F_{расч}$
1	6	25	3,93	0,719	2,521	0,29	12	0,705	0,612	1,15
2	12	25	10,93	0,109	0,361	0,3	13	0,04	0,077	0,52
3	18	25	9,58	1,321	1,998	0,66	6,65	0,317	2,954	0,11

Таблица 5.4

№ варианта	Значение факторов		Готовая ткань после стирок							
			Основа				Уток			
	$X_1$	$X_2$	$X_{cp}$	$(1)S^2$	$(2)S^2$	$F_{расч}$	$X_{cp}$	$(1)S^2$	$(2)S^2$	$F_{расч}$
1	6	25	5,26	0,283	2,214	0,23	11,83	0,335	0,951	0,35
2	12	25	13	-	-	-	-	-	-	-
3	18	25	12,1	0,456	1,031	0,44	4,65	0,53	2,392	0,22

### 5.3. Производственная проверка и внедрение полученных результатов

В экспериментальных исследованиях было доказано, что натяжение утка в момент перед закрытием зева на уровне  $F_y=12\text{сН}$ ; натяжение основы  $F_0=25\text{сН}$  обеспечивает выработку ткани бязь арт. 4744 из пряжи  $T_0=T_y=29$  текс,  $F_y=10\text{ сН}$ ,  $F_0=27\text{сН}$  обеспечивает выработку ткани саржа 2/1 из пряжи  $T_0=18,5 \times 2$  текс,  $T_y=37$  текс,  $F_y=12\text{ сН}$ ,  $F_0=25\text{ сН}$  обеспечивает выработку ткани сатин 5/2 и  $F_y=6\text{ сН}$ ,  $F_0=25\text{ сН}$  атлас 5/2 из пряжи  $T_0=18,5$  текс,  $T_y=20$  текс на станке СТБ-180 с равноопорной поверхностью. Указанное натяжение было получено путем установки на станке электромагнитного натяжителя утка, работа которого описана на стр.146

В отличие от механического натяжителя нити утка, которыми оснащены станки СТБ-180 в промышленности, электромагнитный натяжитель позволяет держать натяжение утка в момент пролета уточины через зев держать на минимальном уровне, независимо от натяжения утка в момент перед закрытием зева.

Учитывая отсутствие в промышленности электромагнитных натяжителей утка, нами в условиях АООТ «Бухоротекс» и СП Россия-Узбекистан «Textiles Spektrum Colors» была проведена производственная проверка результатов работы на одном станке СТБ-180, и на остальных ткацких станках, оснащенных стандартными механическими натяжителями утка (см. приложение 3).

Производственная проверка заключалась в следующем.

Были выработаны опытные образцы тканей бязь арт. 4744, саржа 2/1, сатин 5/2 и атлас 5/2 на станках СТБ-180 с принятыми на производстве заправочными параметрами. Замер натяжения уточной нити показал, что в момент закрытия зева оно равно 6-8 сН. Осциллограмма натяжения уточной нити приведена на рис. 5.11.

Далее были выработаны опытные образцы при натяжении уточной нити в момент перед закрытием зева на уровне 12 сН. Осциллограмма натяжения утка приведена на рис 5.12.

Опытные образцы суровых тканей были подвергнуты пятикратной стирке. На образцах до и после стирок были определены опорная поверхность и другие параметры. Результаты приведены в табл. 5.5-5.8.

Анализ результатов показывает, что при натяжении утка  $F_y=8$  сН в момент перед закрытием зева ткань бязь арт. 4744 до и после стирок является уточноопорной, а при натяжении утка  $F_y=12$  сН – равноопорной, при натяжении основы  $F_o=20$  сН ткань (саржа 2/1) является основопорной, а при натяжении основы  $F_o= 27$ сН - равноопорной.

Испытание сатина и атласа показало, что при натяжении нити утка  $F_y=7$ сН ткань сатин 5/2 до и после стирок является уточноопорной, а при натяжении утка  $F_y=10$ сН – равноопорной, при натяжении нитей основы  $F_o=20$ сН ткань атлас 5/2 является основопорной, при натяжении основы  $F_o=25$ сН – равноопорной.

В связи с этим мы можем рекомендовать всем хлопчатобумажным предприятиям для увеличения опорной поверхности ткани и стойкости к истиранию бязи 4744, сатина 5/2 изменить натяжение уточной нити в момент перед закрытием зева, увеличив его до 10-12 сН, а для саржи 2/1 и атласа 5/2 изменить натяжение нитей основы до 25-27 сН.

Таблица 5.5

Опорная поверхность бязь арт 4744 при существующим и рекомендуемым параметрам

Натяжение нитей, сН		Ткань бязь 4744 суровая до стирок					Ткань бязь 4744 суровая после стирок						
		Опорная поверхность (число опорных точек)			Плотность ткани на 10 см		Опорная поверхность (число опорных точек)			Плотность ткани на 10 см		Усадка после стирок, %	
Основы	Утка	По основе	По утку	Суммарное	По основе	По утку	По основе	По утку	Суммарное	По основе	По утку	По основе	По утку
25	8	124	216	340	230	224	137	276,5	413,5	242	232	7,0	8,4
(существующие параметры)													
25	12	220,5	213	433,5	234	223	239,2	233,5	472,7	234	230	7,5	8,0
(наши рекомендации)													

Таблица 5.6.

Опорная поверхность саржа 2/1 при существующим и рекомендуемым параметрам

Натяжение нитей, сН		Х/б ткань саржа 2/1 суровая до стирок					Х/б ткань саржа 2/1 суровая после стирок						
		Опорная поверхность (число опорных точек)			Плотность ткани на 10 см		Опорная поверхность (число опорных точек)			Плотность ткани на 10 см		Усадка после стирок, %	
Основы	Утока	По основе	По утку	Сум- марное	По основе	По утку	По основе	По утку	Сум- марное	По основе	По утку	По основе	По утку
23	10	304	102	406	375	222	317	133	450	380	230	4,3	7,8
(существующие параметры)													
27	10	382	374	756	374	224	398	390	788	382	230	5,0	6,4
(наши рекомендации)													

Таблица 5.7

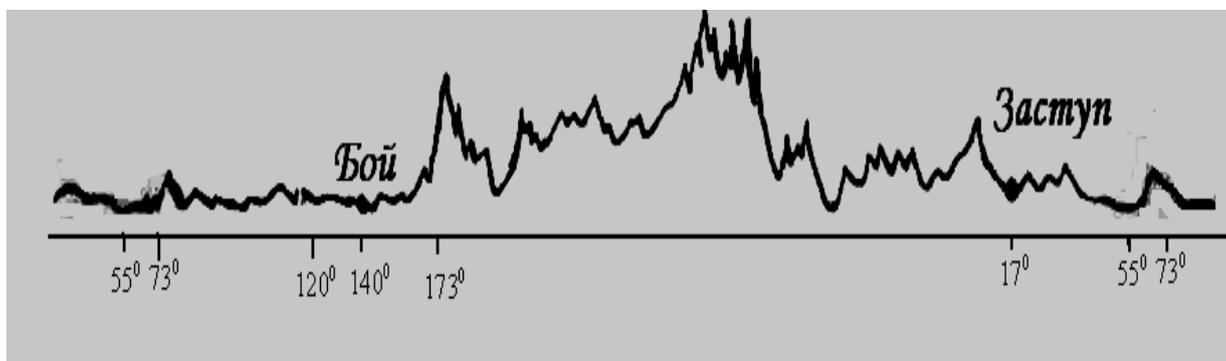
Опорная поверхность сатин 5/2 при существующим и рекомендуемым параметрам

Натяжение нитей, сН		Х/б ткань сатин 5/2 суровая до стирок					Х/б ткань сатин 5/2 суровая после стирок						
		Опорная поверхность (число опорных точек)			Плотность ткани на 10 см		Опорная поверхность (число опорных точек)			Плотность ткани на 10 см		Усадка после стирок, %	
Основы	Утока	По основе	По утку	Сум- марное	По основе	По утку	По основе	По утку	Сум- марное	По основе	По утку	По основе	По утку
20	7	128	380	508	248	402	141	398	539	250	404	4,0	5,3
(существующие параметры)													
20	12	448	459	907	250	400	458	446	904	252	404	4,2	4,8
(наши рекомендации)													

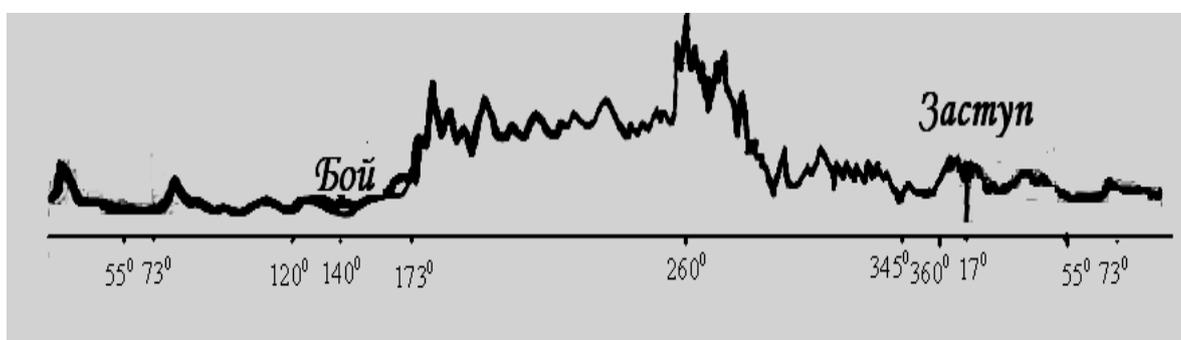
Таблица 5.8

Опорная поверхность атлас 5/2 при существующим и рекомендуемым параметрам

Натяжение нитей, сН		Х/б ткань атлас 5/2 суровая до стирок					Х/б ткань атлас 5/2 суровая после стирок						
		Опорная поверхность (число опорных точек)			Плотность ткани на 10 см		Опорная поверхность (число опорных точек)			Плотность ткани на 10 см		Усадка после стирок, %	
Основы	Утока	По основе	По утку	Сум- марное	По основе	По утку	По основе	По утку	Сум- марное	По основе	По утку	По основе	По утку
20	6	362	113	475	272	391	375	124	499	269	389	4,5	4,3
(существующие параметры)													
25	6	483	475	958	274	392	493	488	981	277	400	4,3	4,6
(наши рекомендации)													



**Рис. 5.11** Осциллограммы натяжение нити утка при 6 сН



**Рис. 5.12** Осциллограммы натяжение нити утка при 12 сН

## Выводы по главе 5

1. При натяжении нитей основы 20 сН зависимость отдельных критериев от натяжения нити утка перед закрытием зева описывается уравнением регрессии, приведенным на с. ... (см. также рис. 5.1-5.10).

2. Дисперсионный анализ показывает, что результаты, полученные по методике определения опорной поверхности ткани, являются однородными.

3. При натяжении нити утка перед закрытием зева на станке СТБ-180, равном 12 сН, можно выработать ткань бязь арт. 4744, а при  $F_y=10$  сН сатин 5/2 с равноопорной поверхностью.

4. Равноопорные ткани саржа 2/1 и атлас 5/2 с максимальной опорной поверхностью можно сформировать на станке СТБ-180, увеличив натяжение нитей основы до 25 и 27 сН.

## РАСЧЕТ

*ожидаемого экономического эффекта при использовании  
1000 простыней из бязи новой структуры у потребителя  
и изготовителя*

1. Увеличение износостойкости новой бязи:

- по проведенному эксперименту – 47%
- принимаемое в расчет (пессимистическая оценка) – 40%

2. Ожидаемое увеличение долговечности простыней из новой бязи с учетом весомости показателя износостойкости, равной 50%

$$40 \% \cdot 0,5 = 20 \%$$

3. Долговечность (срок службы) простыней из существующей бязи -2 года.

4. Срок службы простыней из новой бязи

$$2 \text{ года} \left( 1 + \frac{20}{100} \right) = 2,4 \text{ года}$$

5. Цена 1000 простыней из существующей бязи (1 м ткани – 1737 сум, 2 м на одну простыню)

$$1737 \cdot 2 \cdot 1000 = 3474000 \text{ сум}$$

6. Цена 1000 простыней из новой бязи (цена 1 м новой бязи принята на 10% больше старой, исходя из необходимости получения одинакового эффекта, как у потребителя, так и у производителя)

$$1737 \left( 1 + \frac{10}{100} \right) = 1910,7 \text{ сум}$$

$$1910,7 \cdot 2 \cdot 1000 = 3821400 \text{ сум}$$

7. Приведенные годовые затраты на 1000 простыней из существующей бязи у потребителя:

$$\frac{3474000 \text{ сум}}{2 \text{ года}} = 1737000 \text{ сум в год .}$$

8. Приведенные годовые затраты на 1000 простыней из новой бязи у потребителя:

$$\frac{3821400 \text{ сум}}{2.4 \text{ года}} = 1592250 \text{ сум в год .}$$

9. Годовая экономия у потребителя от 1000 простыней:

$$1737000 - 1592250 = 144750 \text{ сум}$$

## РАСЧЕТ

увеличения себестоимости выработки 1000 м новой бязи

Для выработки бязи с заданной опорной поверхностью у лаборанта появляется дополнительная работа по определению опорной поверхности ткани.

При этом он проводит определение опорной поверхности по аналогии физико-механических свойств ткани на 5000 м 1 раз.

Среднемесячная зарплата лаборанта -88000 сум

Количество рабочих часов лаборанта в месяц

$$22 \cdot 8 = 176 \text{ часов}$$

Длительность испытания для определения опорной поверхности одной пробы -0,33 часа.

Количество испытаний опорной поверхности, которое 1 лаборант может выполнить за месяц, с учетом коэффициента загруженности лаборанта равном 0,8:

$$\frac{176}{0.33} \cdot 0.8 = 426.6 \text{ испытаний}$$

Количество испытаний опорной поверхности, приходящихся на 2000 м новой бязи (из расчета 1 проба на 5000 м)

$$\frac{2000}{5000} = 0.4 \text{ испытаний}$$

Стоимость проведения 1 испытания для определения опорной поверхности

$$\frac{88000}{426,6} = 206,3 \text{ сум}$$

Увеличение зарплаты лаборанта на определение опорной поверхности для 2000 м новой бязи

$$206,3 \cdot 0,4 = 82,52 \text{ сум}$$

Увеличение стоимости тормоза точной нити для получения возможности установки заданного натяжения утка (тарирование тормоз)- 13000 сум.

Производительность 1 ткацкого станка в год

$$6 \cdot 6000 = 36000 \text{ м}$$

Увеличение удельных капиталовложений, приходящихся на 2000 м новой бязи (с учетом отраслевого коэффициента 0,15)

$$\frac{13000 \cdot 0,15 \cdot 2000}{36000} = \frac{3900000}{36000} = 108,3 \text{ сум}$$

Дополнительная прибыль на 1000 простыней из новой бязи у производителя

$$\begin{aligned} & 1000 \cdot 2 \cdot 1910,7 - (2 \cdot 1000 \cdot 1737 - 82,52 - 108,3) = \\ & = 3821400 - 4168990,82 = 347590,82 \text{ сум} \end{aligned}$$

## РАСЧЕТ

ожидаемого экономического эффекта при использовании 100 спец костюмов из хлопчатобумажной ткани саржи 2/1 новой структуры у потребителя и изготовителя

1. Увеличение стойкости к истиранию новой саржи:

- по проведенному эксперименту – 50%
- принимаемое в расчет – 50%

2. Ожидаемое увеличение долговечности простыней из новой саржи с учетом весомости показателя стойкости к истиранию, равной 50%

$$50 \% \cdot 0,5 = 25 \%$$

3. Долговечность (срок службы) костюмов из существующей саржи-6 месяцев.

4. Срок службы костюма из новой саржи

$$6 \text{ месяц} \left( 1 + \frac{25}{100} \right) = 8,0 \text{ месяцев}$$

5. Цена 100 костюмов из существующей саржи (1 м ткани – 4320 сум, 3,5 м на один костюм)

$$4320 \cdot 3,5 = 1512000 \text{ сум}$$

6. Цена 100 костюмов из новой саржи (цена 1 м новой саржи принята на 10% больше старой, исходя из необходимости получения одинакового эффекта как у потребителя, так и у производителя)

$$4320 \left( 1 + \frac{10}{100} \right) = 4752 \text{ сум}$$

$$4752 \cdot 3,5 \cdot 1000 = 1663200 \text{ сум}$$

7. Приведенные затраты на 100 костюмов из существующей саржи у потребителя за 6 месяцев:

$$\frac{1512000 \text{ сум}}{6 \text{ месяц}} = 252000 \text{ сум в год}$$

8. Приведенные затраты на 100 костюмов из новой саржи у потребителя за 8 месяцев:

$$\frac{1663200 \text{ сум}}{8 \text{ месяц}} = 207900 \text{ сум в год.}$$

9. Экономия у потребителя от 100 костюмов:

$$252000 - 207900 = 44100 \text{ сум}$$

## РАСЧЕТ

увеличения себестоимости выработки 100 костюмов из новой саржи

Для выработки саржи с заданной опорной поверхностью у лаборанта появляется дополнительная работа по определению опорной поверхности ткани.

При этом он проводит определение опорной поверхности по аналогии физико-механических свойств ткани на 5000 м 1 раз.

Среднемесячная зарплата лаборанта -88000 сум

Количество рабочих часов лаборанта в месяц

$$22 \cdot 8 = 176 \text{ часов}$$

Длительность испытания для определения опорной поверхности одной пробы -0,33 часа.

Количество испытаний опорной поверхности, которое 1 лаборант может выполнить за месяц, с учетом коэффициента загруженности лаборанта равном 0,8:

$$\frac{176}{0.33} \cdot 0.8 = 426.6 \text{ испытаний}$$

Количество испытаний опорной поверхности, приходящихся на 2000 м новой бязи (из расчета 1 проба на 5000 м)

$$\frac{2000}{5000} = 0.4 \text{ испытаний}$$

Стоимость проведения 1 испытания для определения опорной поверхности

$$\frac{88000}{426.6} = 206.3 \text{ сум}$$

Увеличение зарплаты лаборанта на определение опорной поверхности для 2000 м новой саржи

$$206.3 \cdot 0.4 = 82.52 \text{ сум}$$

Увеличение стоимости тормоза уточной нити для получения возможности установки заданного натяжения утка (тарирование тормоз)- 13000 сум.

Производительность 1 ткацкого станка в год

$$5,2 \cdot 6000 = 31200 \text{ м}$$

Увеличение удельных капиталовложений, приходящихся на 2000 м новой саржи (с учетом отраслевого коэффициента 0,15)

$$\frac{13000 \cdot 0,15 \cdot 2000}{31200} = \frac{3900000}{31200} = 125 \text{ сум}$$

Дополнительная прибыль на 100 костюмов из новой саржи у производителя

$$\begin{aligned} 100 \cdot 3,5 \cdot 4752 - (3,5 \cdot 100 \cdot 4320 - 82,52 - 125) = \\ = 1663200 - 1511792,48 = 151407,52 \text{ сум} \end{aligned}$$

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований по оценке влияния натяжения нитей основы и утка на строение хлопчатобумажных тканей главного переплетения и их свойств до и после стирок можно сделать следующие выводы:

1. Установлено, что строение ткани обусловлено двумя группами параметров. Во-первых, это исходные независимые параметры ткани, такие как переплетение, линейная плотность нитей, их плотность в ткани. Во-вторых, это производные параметры, зависящие от исходных, такие как характеристики высот волн изгиба основы и утка, толщина ткани, опорная поверхность и др.

2. Существующие методы определения опорной поверхности ткани адекватно не отражают зависимости стойкости ткани к истиранию от её опорной поверхности, что затрудняет прогнозируемые строения и свойства тканей. Разработан способ определения опорной поверхности ткани, который даёт возможность с высокой точностью оценить опорную поверхность с разделением опорных точек, образованных основными и уточными перекрытиями.

3. Разработан способ определения опорной поверхности ткани, который даёт возможность количественно и качественно оценить основные и уточные перекрытия на поверхности ткани.

4. Получены аналитические зависимости движения прокладчика утка и установлена оптимальная величина натяжения нити утка перед закрытием зева, позволяющая формировать ткани бязь арт.4744 с равноопорной поверхностью на станке СТБ-180.

5. Теоретические исследования позволили установить, что регулируя величину прижима лапки натяжителя утка можно изменять натяжение уточной нити перед закрытием зева. Получены формулы натяжения нити утка перед закрытием зева станка СТБ

6. Определен относительный коэффициент опорной поверхности- $K$ , характеризующий долю уточных и основных перекрытий, выходящих на опорную поверхность. Для уточноопорных и основоопорных тканей его значение меньше единицы  $K=0,5-0,6$ , а для равноопорной ткани находится в пределах  $K=0,9-1,0$ , соответственно.

7. При исследовании строения и процесса формирования ткани полотна выявлено, что при заправочных параметрах, принятых на предприятиях для выработки ткани бязь арт. 4744 на станках СТБ-180, как суровая, так и готовая ткань (в частности, после стабилизации структуры ткани и после стирок) являются уточноопорными, при этом натяжение утка перед закрытием зева равно 7-8 сН.

8. Практически определены способы и средства регулирования натяжения утка, создаваемого натяжителем на станках СТБ-180 перед закрытием зева, которые позволяют существенно изменить параметры строения ткани.

9. При исследовании строения и процесса формирования тканей главного переплетения установлено, что равноопорные хлопчатобумажные ткани с максимальной опорной поверхностью можно сформировать на станке СТБ-180 типа бязь арт.4744 при натяжении нити утка перед закрытием зева примерно 12сН, а сатин 5/2 при натяжении 10 сН., тогда как равноопорные хлопчатобумажные ткани саржа 2/1 можно сформировать при натяжении нитей основы 25сН, атлас 5/2 при натяжении 27сН.

10. Установлено, что ткани с равноопорной поверхностью имеют почти одинаковое число опорных точек по основе  $ОПо=268$  и утку  $ОПу=278$  и большую в сумме опорных точек  $ОП=546$ , чем уточноопорные  $ОП=362$  и основоопорные  $ОП= 359$  ткани что, как следствие обуславливает наименьшую потерю прочности при истирании, составляющая 20-30%, т.е. наибольшую сопротивляемость к истиранию. Для определения стойкости к истиранию необходимо использовать прибор ТОТ-2 обеспечивающий минимальную дисперсию воспроизводимости результатов.

11. Разработан программный продукт оценки опорной поверхности ткани, позволяющий определить количество выхода перекрытий по основе и по утку на площади примерно  $1 \text{ см}^2$  ткани, для расширения ассортиментных возможностей и улучшения качества вырабатываемых тканей.

12. Разработан упрощённый метод определения высоты волн изгиба нитей основы и утка в ткани, который исключает деформацию образца ткани и искажение её структуры в процессе пропитки и существенных ошибок в определении расположения нитей в структуре ткани, возникающие при центральном срезе.

13. Разработан алгоритм и программа проектирования ткацких переплетений, позволяющие оперативно разрабатывать новые ассортименты тканей. Задаются раппортом переплетений- $R_o$ ,  $R_y$  и числом пересечений нитей основы - $n_o$  и утка-  $n_y$  (для сатина 5/2  $R_o=R_y=5$ ,  $n_o=1$ ,  $n_y=4$ ).

14. Дисперсионный анализ показывает, что результаты, полученные по новому способу определения опорной поверхности ткани, являются однородными. Статистически обоснована адекватность теоретических и экспериментальных данных.

15. Экспериментально установлено, что применение электромагнитного натяжителя нити позволяет изменить натяжение уточной нити перед закрытием зева, оставляя на минимальном уровне его величину в момент прокидки утка. При натяжении утка перед закрытием зева на механическом стандартном натяжителе станка СТБ-180 , равном 12сН, можно выработать ткань бязь арт.4744 с равноопорной поверхностью.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев К.Г. Исследование процесса формирования хлопчатобумажной ткани полотняного переплетения. М., 1958.
2. Алексеев К.Г. Исследование процесса формирования хлопчатобумажной ткани полотняного переплетения. Дисс. ... докт. техн. наук. — М., 1954.
3. Алексеев К.Г. О новых методах расчета уработок в тканях основных простых ткацких переплетений//Текстильная промышленность.-1973.-№4.-С. 47-49
4. Алексеев К.Г. Основы расчета параметров строения и формирования тканей.-М.: Легкая индустрия, 1973.-166 с.
5. Алексеев К.Г. Об определении высот волн изгиба основы и утка в ткани. Текстильная промышленность.-1962.-№ 10,
6. Алексеев К.Г.. Экспериментальная проверка расчета натяжения нитей основы и усилия в уточине по параметрам строения ткани / / Текстильная промышленность.- 1962.-№ 10,11,
7. Алексеев Н.С. Определение зависимости между параметрами строения и формирования ткани и уработкой нитей основы и утка. М., 1969.
8. Алленова А.П. Автоматические ткацкие станки СТБ. М., 1985.
9. Алленова А.П. Оптимизация условий выработки хлопчатобумажных тканей на бесчелночных ткацких станках и сравнительная оценка их строения. Дисс.... канд. техн. наук., - М., 1982.
10. Архангельская М.П. Оценка прочности тканей к истиранию // Текстиль. пром – сть.1949. №7. С. 25-27.
11. Архангельский Н.А. Усадка тканей, ее причины и меры предупреждения.М., 1956.
12. Архангельский Н.А. Воздухопроницаемость тканей в зависимости от их строения // Научн. труды. Ин-т народ. хоз-ва им . Плеханова.1959.

13. Alpar Bela A Szovettervesesi Elmeletek Feslodesewek Attekintese,»MaguarTextil Technika». 6/1966.
14. Белинкова М. Микроскопические и физико – механические исследования волокнистых материалов. М., 1974.
15. Бубенцов Л.В. Влияние плотности по основе и утку и переплетения на потенциал заряда статического электричества // Изв. вузов. Технология текстил. про- сти. 1978. №11. С.38-40.
16. Беркович Н.Ю. К вопросу об определении коэффициента наполнения/Текстильная пром-сть.-1961 .-№11 .-С.24-29;№12.-С.31-36.
17. Будрис А.Е., Зарецкас В.С. Новый прибор для определения опорной поверхности тканей // Тестил. пром- сть. 1961. № 5. С. 31-33.
18. Бондалетова З.Ф. Исследование процесса формирования хлопчатобумажных тканей из нитей фасонного кручения: Автореферат дис... .канд.техн.наук.-М., 1976.-24с.
19. Букаев П.Т. Оптимизация процесса ткачества на бесчелночных станках.- М.:Легпромбытиздат,1990.-176 с.
20. Букаев П.Т. Оценка технологичности ткани//Текстильная пром-сть.- 1982.-.№2.-С.56-58.
21. Хлопкоткачество: Справочник, 2-е изд., перераб. X 58 и доп./ Букаев П.Т., Оников Э.А., Мальков Л.А., Алленова А.П. Под ред. П.Т.Букаева.- М.: Легпромбытиздат, 1987.-576 с.
22. Breiley S. Cloth setting reconsidered « The Textile Manufacturer»78/1952.
23. Васильев Ф.В. Строение и качество тканей. Иваново. 1958.
24. Васильчикова Н.В. Проектирование, строение и свойства меланжевых тканей из лавсана – вискозной пряжи: Дисс. ... канд. техн. наук, М., 1968.
25. Васильченко В.Н. Прибой уточной нити.- М.: Легпромбытиздат, 1993 - 192 с.

26. Власов П.В. Исследование возможности применения радиоактивного излучения при нормализации процесса ткачества. Дисс. ... докт. техн.наук.- М., МТИ, 1964.
27. Вишневская Л.И. Исследование влияния волокнистого состава и строения на эксплуатационные свойства многокомпонентных тканей: Автореф. ... канд. наук. М., 1977.
28. Воробьев В.А. Метод расчета при построении шерстяной пряжи и ткани. М., 1964.
29. Воронцов В.А. Методика определения уработки основы и утка при помощи круткомера // Изв. вузов. Технология текстил. пром- сти. 1932. № 11. С. 29-31.
30. Велиев Ф.А. Определение технологических параметров тканей переменной плотности по утку// Изв. вузов. Технол. текст, пром-сти.- 1990.-№3.-С.41-43.
31. Велиев Ф.А. Разработка технологии тканей переменной плотности по утку заданного строения и ее технологическое обоснование: Дис. ... докт.техн. наук.- Москва, 1993.
32. Гаек Я., Шидак З. Теория ранговых критериев. М., «Наука», 1971
33. Гецонок Б.И., Мустафьев М. Я. Влияние линейной плотности нити на стойкость ткани к истиранию // Науч. Тр. ТТИ им. Ю. Ахунбабаева. Ташкент , 1976.
34. Глобокова Г.Г. О влиянии соотношения числа нитей основы и утка в камвольных тканях с лавсаном на их износостойкость. М., 1972.
35. Гордеев В.А. Исследование методом колебаний упругих свойств текстильных материалов в динамических условиях деформации // Текстиль. пром- сть. 1965. № 1. С. 42-43.
36. Гордеев В.А., Волков П.В. Ткачество. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.-488 с.
37. Григорьев А.Н. Акустический метод исследования тканей // Текстильная промышленность.-Москва, 1976. - № 7. - С. 75-76.

38. Дамянов Г.Б., Бачев Ц.З. Строение ткани и современные методы ее проектирования. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.- 237 с.
39. Денисенко Т.Н. Разработка методов оценки напряженности заправочных ткацких станков. Дисс.... канд. техн. наук. -М.,1993.
40. Даминов А.Д. Основы прогнозирования структуры и проектирования текстильных полотен. Автореф. ... докт. наук. Тошкент, 2004.
41. Делль Р.А. Гигиена одежды / Делль Р.А., Афанасьева Р.Ф., Чубарова З.С. М., 1979.
42. Дианич М.М., Козмич Д.И. Влияние показателей строения ткани на воздухопроницаемость // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1961. № 6. С. 47-48.
43. De Jong S, Postle R. An general energy analysis of fabric Mechanics using optimal theory. Textile Resloneh Journal, 1978.
44. De Jong S, Postle R. An general energy analysis of Wovenfabrics mehanies by means of optimal theory. Part I : Tenste Properties. Journal of the Textile Institute, 1977
45. Еримена Н.С. Изучение закономерности изменения физико – механических и гигиенических свойств ткани от ее строения. М., 1952.
46. Еремина Н.С. Изучение закономерности волн изгиба основных и уточных нитей в тканях полотняного переплетения / / Текстильная промышленность. - 1963
47. Ефремов Е.Д. Натяжение нитей основы на станке СТБ и АТПР при отходе берда из крайнего переднего положения // Изв. вузов. Технология текст. пром- сти. 1977, № 5. С. 61-63.
48. Ефремов Д.Е., Билал Махмуд. Параметры строения ткани при овальном поперечном сечении нити// Изв.вузов. Технол. текст, пром-сти.-1989.-№2..С.48-49.
49. Ефремов Д.Е., Амаржаргален Т. Использование параболы в геометрии элемента ткани// Изв.вузов. Технол.текст. пром-сти.-1989.-№5.-С.47-49
50. Зворыкина Е.К. Методика приготовления микросрезов ткани. М., 1967.

51. Ильин И.В. О коэффициенте наполнения ткани // Текстиль. пром-сть. 1962. № 7. С. 37-39.
52. Казанский М.Ф. Исследование пористой структуры и водоудерживающих свойств шерстяных тканей различной плотности // Изв. вузов. Технология легкой пром-сти. 1979. № 3. С. 22-26.
53. Капица Г.П. Оптимизация строения вискозных тканей костюмно-платьевого назначения при исследовании их стойкости к истиранию на сгибах. М., 1978.
54. Карева Т.Ю. Разработка способа, технологии изготовления тканей новых структур и исследование их строения: Дис. ... докт. техн. наук.- Москва: МГУ, 2005.-332 с.
55. Корсакова В.Б. К вопросу проектирования пальтовых тканей драповой группы с учетом их эксплуатационных свойств. Дисс. ...канд. техн. наук. -М. , 1969.
56. Клемм Л., Риль Г.И., Зигель Х., Троль В. Математические методы статистического контроля в текстильной промышленности. -М.: Легкая индустрия, 1971.-355с.
57. Кобляков А.И., Кукин Г.Н., Соловьев А.Н., Садыкова Ф.Х. и др. Текстильное материаловедение. - М.: Легпромышлениздат, 1986.-343 с.
58. Козлов В.Г. Исследование изменения натяжения нитей основы на ткацком станке при формировании элемента ткани: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1971.
59. Колесников П.А. Натяжение основных нитей в процессе ткачества и его влияние на физико-механические свойства и обрывность основных нитей: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1949.
60. Колесников П.А. Основы проектирования теплозащитной одежды. М., 1971.
61. Костин С.Л. Разработка методов технического контроля структурных параметров тканых полотен: Дисс. ... канд. техн. наук. - Иваново, ИГТА,2004.

62. Колтунов М.А. и др. Прикладная механика деформируемого твердого тела. — М., Высшая школа, 1983.
63. Колтунов М.А. и др. Прочностные расчеты изделий из полимерных материалов. - М.: Машиностроение, 1983.-246с.
64. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение. Ч.Ш. - М.:Легкая индустрия, 1967.-302с.
65. Кутепов О.С. Методика проектирования тканей по заданному весу квадратного метра //Текстильная промышленность.- 1950.- №2
66. Кузнецов А.М. О проектировании тканей// Текстильная промышленность.-1951.- №7
67. Кузьмин В.В. Разработка метода проектирования петельных тканей по заданным параметрам. Дисс... . канд. техн. наук. -М. , 2000.
68. Керимов С.Г., Ефремов Е.Д. К вопросу теории фазового строения тканых изделий // Изв.вузов. Технол. текст. пром-сти.-1978.-№6.-С.49.
69. Kemp A Ah extension of Pierces cloth geometry to the treatment of non — circular threads « The journal of the Textile Institute» 55/1967, t. 66.
70. Кристенсен Р. Введение в композитов М., Мир, 1982, С. 334
71. Лейтес Л.Т. Необходимость учета взаимодавления нитей при построении тканей // Текстиль. пром-сть. 1963. № 8. С. 44-48.
72. Лейтес Л.Г. Оценка строения поверхности тканей // Текстиль. пром - сть. 1948. № 6. С. 26.
73. Логинов В.Н. Электрические измерения механических величин. М., 1976.
74. Линяева Г.И. Расчет параметров строения и условий изготовления ажурных тканей. Дисс .. канд. техн.-наук. — М., 2002.
75. Любимов В.А. Исследование процесса истирания нитей основы на ткацком станке СТБ: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1970.
76. Лусгартен Н.В. Выбор и обоснование показателя напряженности процесса ткачества//Изв.вузов. Технол. текст. пром-сти.-1984.-№3.-С.37-39.

77. Манцев Е.Н. Разработка технологических параметров заправки ткацкого станка СТБ: Автореф. ... канд. техн. наук. М., 1974.
78. Марголин И.С. Износостойкость тканей из шерсти и химических волокон. М., 1967.
79. Мартынова А.А., К вопросу проектирования технических тканей из химических волокон по прочности на раздирание. Дисс. ...канд. техн. наук. —М.,1964.
80. Мартынова А.А. Строение и свойства хлопчатобумажных тканей, выработанных на станках АТ – 100 и АТПР – 100 // Тексти. пром-сть 1975. № 8. С. 32.
81. Мартынова А.А. Лабораторный практикум по строению и проектированию тканей. М., 1976.
82. Мартынова А.А. Факторы, влияющие на строение и свойства тканей.- М.: 1976.-28с
83. Мартынова А.А., Слостина Г.Л., Власова П.А. Строение и проектирование тканей. М., РИО МГТА, 1999. -434 с
84. Матмусаев У.М., Абдуллаев А.З., Хамраева А.Л. Тукимачилик материалшунослиги. -Тошкент., Узбекистон, 2005.- 236 с.
85. Машков Е.Н. Влагодпроводные свойства текстильных материалов одежды. М., 1979.
86. Милящус В.М. Исследование изменений структуры ткани при постоянной деформации // Изв. вузов. Технология текстил. пром-сти . 1974. № 2. С. 54-56.
87. Милящус В.М. Исследование релаксационных свойств тканей. Дисс. ...докт. техн. наук. — Каунас, 1974.
88. Мигушов И.И. Механика текстильной нити в ткани. - М., Легкая индустрия, 1980
89. Михайличенко О.С. Исследование потребительских свойств полшерстяных камвольных тканей структур: Автореф. ... канд. техн. наук. Киев, 1971.

90. Мельяченко Ж.В., Николаев С.Д. Взаимосвязь технологических параметров ткачества и параметров строения вырабатываемых тканей // Изв.вузов. Технол. текст. пром-сти.-1991.-№1.-С.47-50
91. Никитин М.Н. **Художественное оформление тканей. - М.: Легкая промышленность и бытовое обслуживание, 1971.-303с.**
92. Николаев С.Д. Исследование процесса формирования хлопчатобумажных тканей с продольными полосами различного переплетения на бесчелночных ткацких станках СТБ: Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1977.
93. Николаев С.Д. Прогнозирование технологических параметров изготовления тканей заданного строения и разработка методов их расчета.- Дисс....докт. техн. наук.- М., МТИ, 1989.
94. Ничипорчик Л.Д. Изменение строения ткани в зависимости от величины отношения натяжения основы и утка. — Дисс. ...канд. техн. наук. —М., 1966.
95. Новиков Н.Г. О строении ткани и проектировании ее с помощью геометрического метода // Текстиль. пром-сть. 1946 № 2, 4, 5, 6, 11.С. 42
96. Новодережкин П.И. Фотографический метод определения опорной поверхности тканей и трикотажа // Изв. вузов. Технология легкой пром – сти. 1962. № 6. С. 46-47.
97. Hamilton J.V. General System of Wovenfabrics geometry « The journal of the Textile Institute», 55/1967, t. 66
98. Оников Э.А. Дозировка утка в процессе формирования ткани и методика ее определения // Науч. тр. / ЦНИХБИ. М., 1965.
99. Оников Э.А. Расчет высоты изгибов и суммарного коэффициента смятия пряжи в ткани // Сб. работ. / ЦНИХБИ. М., 1956.
100. Оников Э.А. Расчет показателей структуры элементов ткани полотняного переплетения в опушке // Науч. тр. / ЦНИХБИ. М., 1966.
101. Оников Э.А. Натяжение и контрольно – очистительные устройства одиночных нитей. М., 1963

102. Оников Э.А., Саукова Л.А., Горбунова Е.О. О геометрическом методе анализа и построения тканей полотняного переплетения // Текстиль. пром-сть. 1964. № 1. С. 50-55.
103. Оников Э.А., Заботин А.А. О длине уточины, прокладываемой в зев на ткацком станке типа АТ – 100 // Науч. тр. / ЦНИХБИ. М., 1966.
104. Оников Э.А. Высокочастотный упругий элемент для измерения натяжения нити утка // Текстиль. пром – сть. 1972. №2. С.
105. Оников Э.А. Способ определения длины нити, вынутой из ткани // Сб.науч. тр. / ЦНИХБИ. М., 1973. С. 32-34.
106. Оников Э.А. Непрерывный процесс тканеобразования. Условия эффективности, параметры и опытная реализация: Дисс. ... докт. техн. наук. М., 1981.
107. Отчет «Метод определения опорной поверхности на приборе ПМ - 4» // ЦНИИШерсти. М., 1974.
108. Отчет «Определение опорной поверхности и износостойкости тканей типа бязи, выпускаемой в хлопчатобумажной промышленности» // ЦНИХБИ. -М.: 1990.-182 с.
109. Olofsson B.A. A generate model of afabries a geometrie –Mechanical Structure. Journal of the Textile Institute -1964, N11.
110. Олимбоев Э.Ш. и др. Современные механизмы отпуска и натяжения основы на ткацком станке. Тошкент., 1988. С. 48.
111. Олимбоев Э., Ахмедов Р., Абдуллаев У., Туракулов Б. Газламаларнинг тузилиши ва тахлили.- Тошкент, «Талкин». 2003.-189 б.
112. Олимбоев Э.Ш, Сайфиева М.А. Бозоргир газламалар ишлаб чиқариш муаммолари. Материалы республиканской научно- практической конференции.- Бухара 2006. С. 95-99.
113. Очилов Т.А., Матмусаев У.М., Кулматов М.К. Туқимачлик материалларини синаш.- Тошкент. «Ўзбекистон». 2004.-224 б.
114. Парфенов Д.Л. Изучение зоны формирования ткани с помощью микроскопа // Текстиль. пром-сть. 1953. № 2. С. 26-27.

115. Пятницкий В.Д., Шкунников Ю.П. Прибор для исследования строения ткани оптическим методом // Изв. вузов. Технол. текст, пром-сти.-1977.- Хо2..С.18-22
116. Полещук Н.С. Оптические параметры светорассеивающих текстильных материалов в спектральном интервале // Изв. вузов. Технология текстил. пром-сти. 1981. № 1. С. 26-28.
117. Попов Е.П. Теория и расчет гибких упругих стержней и нитей. -М., Машиностроение, 1979
118. Пугачевский Г.Ф. К вопросу проектирования ткани // Науч. тр. / МТИ им. А.Н. Косыгина. 1954. С. 4-15.
119. Пятигорец Н.П. Разработка экспрессных методов неразрушающего контроля плотности хлопчатобумажных тканей полотняного переплетения : Дисс. ... канд. техн. наук. М., 1985.
120. Пятницкий В.Д. Комплексное исследование геометрических параметров строения нитей в тканях // Изв. вузов. Технология текстил. пром-сти. 1982. № 2. С. 16-18
121. Раздевальчук Л.И., Сухарев М.И. Применение метода дифракционного анализа для изучения строения тканей // Изв. вузов. Технология текстил. пром-сти. 1978. № 6. С. 12-15
122. Ракитских В.В. Влияние переплетения полиэфирных тканей на их восстановление после смятия и величину жесткости. М., 1974.
123. Ракитских В.В. Спектрофотометрический метод определения опорной поверхности тканей. Минск, 1977.
124. Рахимходжаев С.С., Кадырова Д.Н. Теория образования ткани. - Тошкент.:ТИТЛП, 2006. -186 с.
125. Рахимходжаев С.С. О уработке нитей в ткани. /Проблемы текстиля №2. 2008.
126. Раченкова О.М. Разработка метода расчета рациональных параметров строения тканей различного переплетения с учетом технологии их изготовления. Дисс канд. техн. наук. — М., 2000

127. Розанов Ф.М. Строение и проектирование тканей. М., 1953.
128. Розанов Ф.М., Сурнина Н.Ф. Влияние на физико – механические свойства ткани из штапельного волокна на ее строение и технологические параметры, принятые при ее выработке на ткацком станке // Сб. науч.тр. / МТИ им. А.Н.Косыгина. М., 1968.С.27
129. Рыбальченко В.В. Влияние статического электричества на износ тканей из химических нитей // Изв. вузов. Технология легкой пром-сти. 1974. № 1. С. 19-22
130. Robincon A.T. C and Mares R/ - Woven cloth Structure Manchester Textile Institute, 1973
131. Pierce F.T. Geometry of cloth structure « The journal; of the textile Institute», 1937, в. 28.
132. Сабов И.В. Изменение свойств тканей с течением времени // Текстиль . пром-сть. 1976. № 5. С. 64-65
133. Семак З.Н. Влияние строения разнородных плательно – костюмных тканей на их диэлектрические свойства // Изв. вузов. Технология текстил. пром-сти. 1981. № 5. С. 36-39
134. Селиванов Г.И. Строение однослойных тканей// Изв.вузов. Технол.текст. пром-сти.-1962.-№4.-С.63-68.
135. Селиванов Г.И. Строение элементов ткани//Текстильная промышленность.-1963 .23 .-С.45-52.
136. Светлицкий В.А. Механика гибких стержней и нити. — М., Машиностроение, 1979.
137. Складников В.П. Методы экспериментального определения порядка фазы строения тканей полотняного переплетения// Изв.вузов. Технол. текст. пром-сти.-1967.-№1 .-С.20-24.
138. Складников В.П. Строение и механические свойства однослойных тканей из химических волокон: Дисс. ... докт. техн. наук. Иванова 1971.

139. Складчиков В.П. Структура и механические свойства однослойных тканей из химических волокон: Автореферат дис. ...докт.техн.наук.- М.,1971.-39с.
140. Складчиков В.П., Машкова Е.Н. Исследование влияния тканей из химических волокон на их воздухопроницаемость // Текстиль. пром-сть. 1973. № 6. С. 75
141. Складчиков В.П. Оптимизация строения и механических свойств тканей из химического волокна. -М.: Легкая индустрия, 1974.-168с
142. Складчиков В.П. Структура и качество тканей.-М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.-176 с.
143. Скорикова А.И. Проектирование полшерстяных плательных тканей оптимального строения. - Дисс. ...канд. техн. наук. - М., МТИ, 1981
144. Смирнов В.И. Теоретические исследования строения ткани полотняного переплетения. М., 1960.
145. Соатов Ё.У. Олий матиматика. 1-жилд. -Ташкент.: Узбекистан,1992.-493 с.
146. Соловьев А.Н. Определение уработки нитей основы и утка на динамометре РМ – 3
147. Справочник по хлопчаткачеству / Э.А.Оников, П.Т.Букаев, А.П.Аленова: под общ ред. Э.А. Оникова -М.: Легкая индустрия, 1979.-467 с.
148. Синицын В.А. Разработка теоретических основ проектирования узорчатых тканей с переменной плотностью, технологий и средств их изготовления: Дис... . докт. техн. наук.- Иваново, 1998
149. Стандарты по испытанию тканей. М., 1972.
150. Стельмашенко В.И., Розаренова Т.В. Материаловедение швейного производства.- М.: Легпромбытиздат, 1986.-424с.
151. Степанов Г.В. Математическая модель строения ткани / /Изв.вузов. Технол. текст. пром-сти.-1991.-№5.-С.42-46.
152. Сурнина Н.Ф. Проектирование ткани по заданным параметрам. М., 1973.

153. Тамасес Кастилью Р., Алимбаев Э.Ш. Оценка напряженности выработки тканей//Текстильная пром-сть.-1982.-№7.-С.37-38.
154. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента. М.,1974.
155. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М., Наука, 1977.
156. Третьякова Н.Я. Зависимость между усадкой и избыточной длиной пряжи в ткани // Текстиль. пром-сть. 1955. № 5. С. 38-40.
157. Уразов Н.Х. **Строение и проектирование тканей.** -Ташкент.: Укитувчи, 1971.-152 с.
158. Уразов Н.Х. Проблемы оценки строения и износостойкости хлопчатобумажных тканей: Автореферат дисс... докт. техн. наук.-Л.,1980
159. Уразов Н.Х. К методике проектирования ткани// Текстильная промышленность.- 1968.-№7.
160. Уразов Н.Х. Коэффициент строения ткани/Текстильная промышленность.-1988.-.№1.-С.55-57.
161. У-Чжень- Ши. Влияние натяжения уточной нити на процесс формирования ткани: Дисс. ... канд.техн. наук. М., 1959.
162. Феликс Майкл Асиеду – Джечи. Оценка влияния параметров заправки ткацкого станка на строение и свойства ткани до и после стирки: Дисс.... канд.техн. наук. М., 1989.
163. Чугин В.В. Величина усилия распрямления нити при определении уработки нитей в ткани // Изв. вузов. Технология текстил. пром-сти. 1973. № 2. С. 15-19
164. Хамраева С.А. Влияние натяжение нити утка на строение ткани «Тукимачилик ва энгил саноат янги технологиялари ва материаллари» мавзусидаги халқаро илмий-амалий анжумани, Илмий мақолалар тўплами, Бухоро 2001
165. Хамраева С.А. Cotton fabrics with higher resistance to abrazion international textile reports Melliand Textilberichte, Germany, 2002

166. Хамраева С.А. Baumwollgewebe mit erhöhtem widerstand gegen Scheuerbeanspruchund international textile reports Melliand Textilbe-richte, Germany, 2002
167. Хамраева С.А. Использование ЭВМ для проектирования тканей с заданными параметрами «Миллий иктисодиётда технологик жараенларни жадаллаштириш ва энергияни те жайдиган технологиялардан фойдаланиш муаммолари» халқаро илмий-амалий анжумани мақолалар тўплами, Бухоро,2003
168. Хамраева С.А. Хамраева С.А. Определение натяжения нити расчётным путём на различных этапах и прокидкой «Тукимачилик муаммолари» журналы,Тошкент, 2004.
169. Хамраева С.А. Определение опорной поверхности ткани расчетным путем Казанский государственный технологический университет «Новые технологии и материалы легкой промышленности» международная научно – практическая Конференция студентов и молодых ученых. Сборник статей, Алма-Ата ,2006 год
170. Хамраева С.А. Зависимость усадки хлопчатобумажной ткани от натяжения основы и утка на станках СТБ. Республика илмий -амалий конференцияси «Тукимачилик, енгил ва матбаа саноатларининг замонавий технологиялари ва истикболли материаллари» (Тўкимачилик-2006), Тошкент, 2006
171. Хамраева С.А. Зависимость потребительских свойств ткани от параметров. Халқаро илмий амалий анжуман туплами, Бухоро 2006, 418 б
172. Хамраева С.А., Оников Э.А. Выработка ткани с высокой стойкостью к истиранию // *Текstilnaja promyshlennost textile industry* 1/2006
173. Хамраева С.А Улучшение качества бельвых хлопчатобумажных тканей. Уз.Р» Тукимачилик муаммолари « илмий – техник журналы , №2/2006 йил 49-бет

174. Хамраева С.А., Оников Э.А. Патент. Способ определения опорной поверхности ткани. Узбекистон Республикаси давлат патент идораси, № IAP 20060274. 21.07.2006
175. Хамраева С.А., Мардонов С.Э. Патент. Оценка опорной поверхности ткани. Узбекистон Республикаси давлат патент идораси, № DGU 20070063. 25.04.2007
176. Хамраева С.А., Саъдуллаева С.А. Патент. Строение и проектирование ткацких переплетений. Узбекистон Республикаси давлат патент идораси, № DGU 20070064. 25.04.2007
177. Хамраева С.А. Равновесия нити на поверхности ткани // Текстильная промышленность.-2007.-№6
178. Хамраева С.А. Аналитический расчёт движения прокладчика утка // Текстильная промышленность.-2007.-№6
179. Хамраева С.А. Выработки ткани с максимальной опорной поверхностью на станках СТБ // Текстильная промышленность.-2008.-№5.-С.55-57.
180. Хамраева С.А. Определение зависимости строения ткани от натяжения нитей основы и утка // Проблемы механики -2008.-№3.
181. Хамраева С.А. Оценка воспроизводимости результатов, полученных по методике определения опорной поверхности ткани // Проблемы механики -2008.-№3.
182. Хамраева С.А. Основы процесса выработки равноопорной ткани. Фан, Тошкент, 2009 .
183. Широ́ва Е.А. Исследование и разработка автоматизированного метода расчета натяжения основных и уточных нитей на ткацких станках, Дисс.... канд. техн. наук. -М.,1999
184. Чемеджиев М. Проектирование строения и анализа тканей. ДИ, Техника, София, 1963.
185. Юхин С.С. Разработка оптимальных технологических параметров выработки полутораслойной хлопчатобумажной ткани на бесчелночных ткацких станках. Дисс. ...канд. техн. наук. — М., 1986.

186. Юхин С.С. Прогнозирование и разработка технологии изготовления высокоплотных тканей на бесчелночных ткацких станках: Дис. ... докт. техн.наук.-Москва, 1996.
187. Выгодский М.Я. Дифференциальная геометрия. М.Л.ГИТТЛ,1949, 512 с.
188. Росато Д.А., Грове К.С. Намотка стеклонитью. М., «Машиностроение», 1969, 310 с.