

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

## **САПР В ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ:**

Методические указания  
к практическим занятиям для студентов специальностей:  
1-19-01-01-05 «Дизайн костюма и тканей»,  
6-05-0212-01 «Дизайн костюма и текстиля»

Витебск  
2024

УДК 677.024

Составитель:

Н. Н. Самутина

Одобрено кафедрой «Дизайн и мода» УО «ВГТУ»,  
протокол № 10 от 19.03.2024.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом  
УО «ВГТУ» протокол № 8 от 29.04.2024.

**САПР в легкой промышленности:** методические указания к практическим занятиям / Н. Н. Самутина – Витебск : УО «ВГТУ», 2024. – 39 с.

В методических указаниях рассмотрены рекомендации по выполнению практических заданий по курсу «САПР в легкой промышленности». Содержание рукописи соответствует учебной программе дисциплины «САПР в легкой промышленности». Материал, изложенный в методических указаниях, ясно ориентирует студента на возможность выполнения практической работы и демонстрирует задание, содержит теоретические сведения для его выполнения, контрольные вопросы, список литературы. Рассмотрены вопросы, связанные с системами автоматизированного проектирования тканей, а также знания в области структуры, параметров и свойств тканей.

УДК 677.024

© УО «ВГТУ», 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

Основные положения .....	4
Основные вопросы САПР текстильных предприятий .....	4
Порядок фазы строения ткани .....	8
Практическая работа 1. Исследование параметров структуры ткани .....	13
Практическая работа 2. Расчет количественных оценок переплетения ткани. ..	16
Практическая работа 3. Проектирование ткани по заданной поверхностной плотности .....	19
Практическая работа 4. Определение высоты волны изгиба нитей в ткани с поперечным сечением в виде эллипса .....	21
Практическая работа 5. Расчет уработки нитей и поверхностной плотности ткани. ....	23
Практическая работа 6. Проектирование полутораслойной ткани.....	27
Практическая работа 7. Проектирования ткани по заданной толщине .....	31
Литература .....	38

## **Основные положения**

Цель преподавания дисциплины – сформировать у студентов представление о системах автоматизированного проектирования в легкой промышленности, дать будущим специалистам знания, привить умение и навыки в области структуры, параметров и свойств конкретного изделия в материале.

Основными задачами дисциплины являются:

- умение применить современные методологии проектирования;
- создание проектных решений в виде методик с информационными фондами;
- проведение теоретических и экспериментальных исследований процессов получения, структуры, параметров и свойств тканей.

В результате изучения дисциплины студенты должны уметь:

- определять основные параметры строения простых и сложных тканей по заданной линейной плотности нитей основы и утка;
- рассчитывать линейную плотность нитей основы и утка, используемых для создания ткани оптимального строения;
- пользоваться методиками проектирования тканей по заданным свойствам.

## **Основные вопросы САПР текстильных предприятий**

Быстротечность моды диктует резкое сокращение сроков разработки продукции от идеи до промышленной серии. Необходимость совершенствования ассортимента, повышения качества и художественно-колористического оформления текстильных материалов требует изменения и совершенствования методов и приемов проектирования. Решение данной проблемы обеспечивается путем создания и применения высокоэффективных САПР (систем автоматизированного проектирования рисунков).

Задачи САПР текстильных материалов можно разделить на конструкторские и технологические. Также их можно классифицировать следующим образом:

- 1) проектирование и/или оптимизация заправочных расчетов;
- 2) проектирование переплетений и параметров строения тканей;
- 3) проектирование и/или оптимизация технологических процессов ткацкого производства;
- 4) проектирование текстильного оборудования;
- 5) проектирование и/или оптимизация производственной программы;
- 6) рациональная расстановка оборудования и оптимизация маршрутов обслуживания многостаночников;

7) планирование ремонтных работ.

Для обеспечения этих задач необходимо освоение следующих видов обеспечения САПР: методическое; техническое; программное; математическое; информационное; лингвистическое; организационное.

Технологический режим – составная часть технологических операций, образующих технологический процесс. При проектировании технологических процессов решают следующие задачи: расчет параметров ткани, определение совокупности технологических переходов, выбор вариантов оборудования, расчет сопряженности оборудования и паковок, определение и расчет грузопотоков.

При проектировании технологических режимов рассчитывают и выбирают параметры технологического оборудования, необходимые для переработки нитей и пряжи, и получения ткани требуемого потребительского качества при лучших технико-экономических показателях. Эта задача выполняется технологом постоянно, автоматизация ее решения осуществляется в первую очередь.

Методы, используемые для проектирования технологических режимов:

– метод, основанный на изучении и обобщении опыта переработки нитей и производства тканей разных видов на различных типах станков (наиболее трудоёмкий, проводится на основе анализа информации о технологических параметрах и его технико-экономических показателях, полученных с предприятий);

– метод проведения эксперимента на действующем оборудовании (имеет ограниченное число параметров, при увеличении которых будет резкий рост длительности проведения эксперимента);

– аналитический метод, основанный на выполнении расчетов некоторых параметров (обладает большей, чем при первом методе, объективностью, но не позволяет рассчитать большое число параметров с учетом их взаимосвязей, а также влияния на процесс случайных факторов);

– метод машинного проектирования (перспективен, информативен, имеет объективные результаты, использует системы автоматизированного проектирования).

Различают физическое и математическое моделирование. При физическом моделировании вместо реального объекта исследуется какая-либо система, являющаяся аналогом объекта, и определяет пути ее совершенствования. При математическом (символьном) моделировании характеристики проектируемого объекта заменяют математическими величинами, а их взаимосвязь выражают математическими зависимостями.

Автоматизированная система дессинатора (АСД) обеспечивает представление результатов с помощью ЭВМ в требуемой форме, а также реализацию целого ряда функций по формированию документов, необходимых для производства.

Общая схема процесса представлена в виде следующих блоков: выбор исходной информации по поисковому предписанию; просмотр, корректировка,

обработка выходной информации в диалоговом режиме; сохранение промежуточных значений для дальнейшей работы, вывод информации на печать. На этапе поиска информации формируются исходные предпосылки для разработки структуры ткани, а на этапе проектирования – выбор метода проектирования, сырья, переплетения, расчет параметров ткани. Поэтому проектирование ткани – один из основных этапов автоматизации.

Автоматизированное рабочее место дессинатора (АРМД) способствует ускоренному обновлению ассортимента тканей, качественному выполнению разработок, многовариантных расчетов и построений в короткие сроки, использованию опыта других специалистов.

Основными параметрами строения принимаются: вид переплетения, плотность основных и уточных нитей в ткани. Дессинатор или технолог по ткачеству готовит задание на проектирование, которое содержит три компонента исходных данных: вид сырья, требуемые свойства, переплетение.

Этапы решения проектной задачи включают в себя:

1) постановку задачи проектирования изделия с заданными техническими характеристиками и возможными их отклонениями от заданных значений;

2) разработку иерархической структуры задачи;

3) разработку математической модели;

4) разработку программ для ЭВМ;

5) отладку программ;

6) проведение тестовых расчетов, позволяющих проверить работоспособность программы;

7) выполнение программы;

8) анализ результатов расчета.

Анализ перечисленных этапов показывает, что первые три из них выполняет специалист предметной области, для которой разрабатывается САПР.

Для создания САПР текстильного предприятия, обеспечивающую системный подход и максимальный учет особенностей ткацкого производства, был проведен анализ алгоритма проектирования тканей, технологии и расчета технико-экономических показателей внедрения нового ассортимента тканей, который включает следующие этапы проектирования:

– выбор и обоснование сырьевого состава ткани;

– выбор метода проектирования ткани;

– проектирование ткани;

– технический расчёт тканей;

– проектирование технологического режима выработки ткани;

– выбор и обоснование технологического оборудования;

– расчёт паковок по всем переходам ткацкого производства;

– расчёт количества отходов (угаров) по переходам ткацкого производства;

- расчёт плановых остановов технологического оборудования по всем переходам;
- расчет производственной программы;
- оценка типа производственных зданий;
- разработка оптимальной схемы расстановки оборудования на производственных площадях;
- расчёт основных параметров транспортной системы и количества единиц этой системы;
- план по труду и заработной плате;
- баланс пряжи для всех артикулов тканей в ткацком производстве;
- расчёт себестоимости продукции;
- расчет технико-экономических показателей при внедрении нового ассортимента тканей.

Исходя из алгоритма разработки САПР текстильного предприятия и анализа основных функций САПР и его основных характеристик необходимо продумать:

- 1) алгоритм и математический аппарат;
- 2) отдельные программы, имеющие разные цели и функции;
- 3) современное программное обеспечение и язык программирования, доступный для анализа промежуточных расчетов и результатов;
- 4) методы проектирования тканей и алгоритм автоматизации;
- 5) возможность выбора оптимального решения поставленной задачи;
- 6) общую управляемую базу данных, содержащую систематизированную справочную информацию;
- 7) фиксирование информации в форме окончательного решения на бумаге и промежуточных расчетов на экране монитора.

Наиболее сложным этапом создания САПР тканей является разработка алгоритма автоматизированного метода проектирования по выбранному показателю строения ткани. В качестве программного обеспечения используется математический пакет MathCAD. MathCad – программное средство, среда для выполнения на компьютере разнообразных математических и технических расчетов, предоставляющая пользователю инструменты для работы с формулами, числами, графиками и текстами, снабженная простым в освоении графическим интерфейсом. Под графическим интерфейсом понимается совокупность способов взаимодействия пользователя с программой с помощью пиктограмм, диалоговых окон, меню и других инструментов, расположенных на экране. Чрезвычайная простота интерфейса MathCad сделала его одним из самых популярных и безусловно самым распространенным в студенческой среде математическим пакетом.

Записав в привычной форме математическое выражение, можно выполнить с ним самые разнообразные символьные или численные математические операции: вычислить значение, выполнить алгебраические преобразования, решить уравнение, проинтегрировать, построить график и т. п.

Программная оболочка MathCad имеет следующие достоинства:

- позволяет выполнять в компьютере разнообразные математические и технические расчеты;
- наглядно представлять данные в виде диаграмм и графиков;
- вводить и редактировать тексты, как в текстовом процессоре;
- осуществлять импорт-экспорт, обмен данными с другими программами;
- обеспечивает простоту выполнения всевозможных операций;
- математические выражения на экране имеют точно такой вид как в книге.

Для более комфортного и наглядного для проектировщика представления о процедуре проектирования, алгоритм проектирования ткани на ЭВМ сопровождается подробным описанием всех процедур проектирования. В настоящее время широкое применение в научных кругах нашли следующие методы проектирования:

однослойных тканей:

- по поверхностной плотности;
- по толщине;
- по пористости;
- по прочности на разрыв;
- по степени заполнения и прочности;
- по порядку фазы строения;
- по коэффициенту наполнения;

полутораслойных тканей с дополнительной основой или утком:

- по поверхностной плотности;

двухслойных тканей:

- по поверхностной плотности.

Надо отметить, что разработанные методы проектирования тканей не все автоматизированы, а если и автоматизированы, то с использованием различного программного обеспечения, что затрудняет использование этих методов проектирования тканей в производстве. Кроме того, на производстве низкая степень использования методов проектирования тканей объясняется еще и тем, что проектирование тканей сопровождается большими объемами трудоемких расчетов, а при выборе оптимального варианта проектирования ткани приводит к многочисленным ошибкам и требует значительных материальных и временных затрат.

### **Порядок фазы строения ткани**

Одним из основных вопросов строения ткани является порядок фазы строения, который определяет высоту волны изгиба нитей в ткани, и, соответственно, аналитическую зависимость между ними. Впервые такую

аналитическую зависимость для изучения строения ткани вывел проф. Н. Г. Новиков.

При переплетении основные и уточные нити взаимно изгибают друг друга, в результате чего располагаются волнообразно. Степень изгиба основных и уточных нитей зависит от их толщины и жесткости, вида переплетения, плотности по основе и по утку. Степенью изгиба основных и уточных нитей определяется фаза строения ткани.

Н. Г. Новиков предложил варианты взаимного расположения нитей сгруппировать и выделил 9 вариантов, которые назвал порядками фазы строения и обозначил их римскими цифрами (рис. 1).

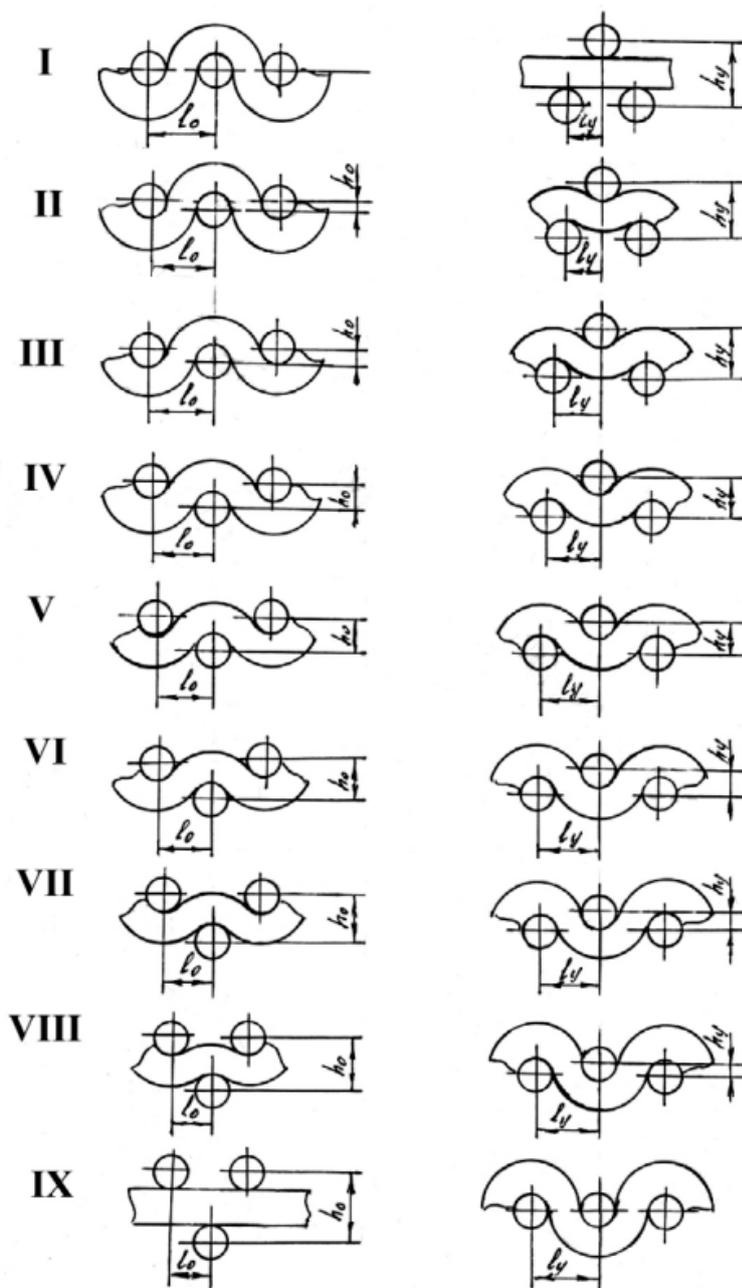


Рисунок 1– Классификация распределения нитей по взаимному расположению нитей

Линии, проведенные через центры нитей одной системы называются уровнями. Порядок фазы строения характеризуется числом и расположением уровней. При I порядке фазы строения нити основы расположены на одном уровне, а нити утка – на двух уровнях.

Ткани, имеющие порядок фазы строения близкий к I, называют уточноуплотненными (молескин). Для этих тканей плотность ткани по утку в 1,5–2 раза превышает плотность ткани по основе, уработка нитей по утку больше уработки нитей по основе. Ткань формируется в напряженных условиях вследствие высокого натяжения основных нитей на станке.

При IX порядке фазы строения нити утка находятся на одном уровне, а нити основы – на двух. Ткани, имеющие порядок фазы строения близкий к IX, называют основоуплотненными (диагонали). Для этих тканей при  $T_o = T_u$  плотность ткани по основе в 1,5–2 раза превышает плотность ткани по утку, уработка нитей по утку меньше уработки нитей по основе. На ткацком станке натяжение утка превышает натяжение нитей основы.

Ткани, имеющие порядок фазы строения I и IX выработать на ткацком станке очень трудно. Большинство тканей бытового назначения имеет строение, близкое к квадратному (IV – V – VI порядок фазы строения). В этих тканях при  $T_o = T_u$  плотность ткани по основе больше плотности ткани по утку в 1,1–1,45 раз. Например, для ткани полотняного переплетения и квадратного строения, когда толщина нитей основы и утка и плотность ткани по основе и утку одинаковы, необходимо проектировать ткань пятого порядка фазы строения, при котором уток и основа выступают на поверхности в одинаковой степени.

При том же переплетении, если на лицевую и изнаночную стороны нужно вывести нити основы, а также получить большую прочность ткани по основе, необходимо проектировать ткань VI, VII, VIII порядков фаз строения с максимальной плотностью по основе. Ткань атласного переплетения лучше проектировать VI, VII и иногда V порядков фаз строения.

Когда опорную поверхность ткани необходимо создать из утка, то надо проектировать ткань II – IV порядков фаз строения. Например, ткань сатинового переплетения целесообразно проектировать III – IV, реже V порядков фаз строения.

Ткань саржевого переплетения проектируют V порядка фазы строения, но в отдельных случаях, когда необходимо создать опорную поверхность из основы (основные саржи), следует проектировать ткани VI, VII порядков.

Фазы строения тканей влияют на поведение тканей на этапах швейного производства и в процессе эксплуатации изделий, сказываясь на растяжимости ткани в направлениях нитей основы и утка.

Факторы, влияющие на строение тканей:

- вид и строение нитей основы и утка ткани;
- линейная плотность нитей основы и утка и направление крутки;
- вид переплетения нитей основы и утка ткани;
- плотность ткани по основе и по утку;

- площадь поперечного сечения нити с учетом деформации в процессе тканеобразования;
- вид отделки ткани;
- наполнение ткани волокнистым материалом;
- технологические параметры заправки и выработки ткани на ткацком станке и конструктивные особенности ткацкого станка.

При выработке ткани используются нити разного строения: пряжа, комплексные нити, крученые и текстурированные нити. Линейная плотность нитей влияет на толщину и массу ткани. Сочетание в ткани нитей различной линейной плотности дает возможность получить выпуклые рубчики, рельефные полосы, клетки, разреженные участки.

Степень крутки нитей существенно влияет на внешний вид тканей, их жесткость и упругость. С увеличением крутки возрастает жесткость и упругость ткани. Сочетанием в основе и утке нитей одного направления крутки подчеркивается рисунок переплетения. При разных направлениях крутки в основе и утке витки располагаются в одном направлении, поэтому поверхность ткани получается гладкой, блестящей, хорошо поддающейся ворсованию.

Чередование в ткани нитей разного направления крутки создает при полотняном переплетении эффект мелкозорчатого переплетения, характерного для таких тканей, как крепдешин, креп-жоржет и др. Применение текстурированных нитей и пряжи увеличивает рельефность лицевой поверхности ткани. Рыхлая, пушистая пряжа или нити придают ткани мягкость, объемность и увеличивают толщину.

Если форма поперечного сечения нити близка к кругу, то в качестве геометрической характеристики нити условно принимают ее диаметр  $d$ .

Диаметр нити в ткани не равен диаметру нити до ткачества, т. к. в процессе ткачества она сминается и вытягивается, волокнистый материал уплотняется под действием сил взаимного давления, возникающих в ткани вследствие натяжения нитей.

Значения, необходимые для расчётов, представлены в таблицах 1–3.

Таблица 1 – Значения коэффициентов и высот волн изгиба нитей основы и утка при изменении порядка фазы строения ткани

Порядок фазы строения	Коэффициенты			Высота волн изгиба нитей	
	$K_{ho}$	$K_{hy}$	$K_h$	$h_o$	$h_y$
1	2	3	4	5	6
1	0	2	0	0	$2 d_{cp}$
2	0,25	1,75	0,143	$0,25 d_{cp}$	$1,75 d_{cp}$
3	0,5	1,5	0,333	$0,5 d_{cp}$	$1,5 d_{cp}$
4	0,75	1,25	0,6	$0,75 d_{cp}$	$0,25 d_{cp}$

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
5	1	1	1	$d_{cp}$	$d_{cp}$
6	1,25	0,75	1,666	$1,25 d_{cp}$	$0,75 d_{cp}$
7	1,5	0,5	3,0	$1,5 d_{cp}$	$0,5 d_{cp}$
8	1,75	0,25	7	$1,75 d_{cp}$	0,25
9	2	0	$\infty$	$2 d_{cp}$	0

Таблица 2 – Коэффициенты смятия нитей основы и утка, имеющих в ткани в сечении круг или эллипс (по данным литературы)

Сырьевой состав нитей основы и утка в ткани	Значения коэффициентов смятия для сечения нитей					
	эллипс				круг	
	$\eta_{ог}$	$\eta_{ов}$	$\eta_{уг}$	$\eta_{ув}$	$\tau_o$	$\tau_y$
Хлопчатобумажная пряжа	1,06	0,85	1,05	0,93	0,95	0,98
Полушерстяная пряжа (50 % шерсть, 50 % нитрон)	1,26	0,72	1,3	0,72	0,95	0,97
Полушерстяная пряжа (70 % шерсть, 30 % вискоза)	1,3	0,69	1,2	0,8	0,95	0,98
Полушерстяная пряжа	-	-	-	-	0,9	0,95
Полушерстяная пряжа	1,25	0,71	1,22	0,79	0,94	0,98
Пряжа из химволокон	1,64	0,58	1,64	0,58	0,95	0,95
Полипропиленовые комплексные нити	1,39	0,43	1,34	0,43	0,77	0,75
Комплексные вискозные нити	1,27	0,78	1,28	0,78	0,99	1
Полиэфирные нити	1,35	0,67	1,35	0,7	0,95	0,97

Таблица 3 – Примерные значения объемной массы нитей и значения коэффициента, характеризующего сырьевой состав

Материал	Объемная масса, $mg/mm^2, \delta$	Коэффициент, С
1	2	3
Пряжа:		
Хлопчатобумажная	0,8–0,84	1,23–1,26
Вискозная штапельная	0,8–0,85	1,2–1,26
Шерстяная камвольная	0,75–0,8	1,26–1,3
Шерстяная аппаратная	0,7–0,75	1,3–1,35
Льняная	0,8–0,9	1,20–1,26
Шелковая	0,7–0,8	1,23–1,26
Лавсановая	0,65–0,75	1,3–1,4
Нити:		
Вискозные	0,85–1,1	1,05–1,23
Ацетатные	0,6–1,0	1,13–1,46

### Окончание таблицы 3

1	2	3
Капроновые	0,6–0,9	1,2–1,46
Лавсановые	0,75–1,1	1,05–1,3
Нитроновые	0,6–0,9	1,2–1,46
Шелк-сырец	1,1	1,08
Стеклонити	0,8–2,0	0,8–1,26

## Практическая работа 1. Исследование параметров структуры ткани

Цель работы. Изучить методику определения порядка фазы строения ткани по цифровым микросрезам.

Задание: определить порядок фазы строения расчетным методом.

Последовательность работы.

Для определения порядка фазы строения расчетным методом готовят элементарные пробы ткани, размером 50x50 мм (не менее 6-ти проб) для определения структурных параметров ткани инструментальным методом с помощью цифрового микроскопа или цифровой фотокамеры.

Подготовка проб к анализу заключается в качественном срезе по основе и утку (срез выполняется строго параллельно той системе нитей, по которой выполняются замеры). Подготовленные пробы закрепляют в зажиме и устанавливают в рабочую зону микроскопа вначале поперечный, а затем продольный срез ткани. Каждую элементарную пробу ткани фотографируют или передают изображение на компьютер.

По рисункам 2 и 3– размерам среза ткани соответственно по основе и утку далее производят по пять замеров, приведенных на рисунках величин: диаметр основы и утка ( $d_o$ ,  $d_y$ ), длину раппорта ( $LR_o$ ,  $LR_y$ ), геометрическую плотность ( $l_o$ ,  $l_y$ ), высоту волны изгиба ( $h_o$ ,  $h_y$ ). Результаты замеров записать в таблицу 4.

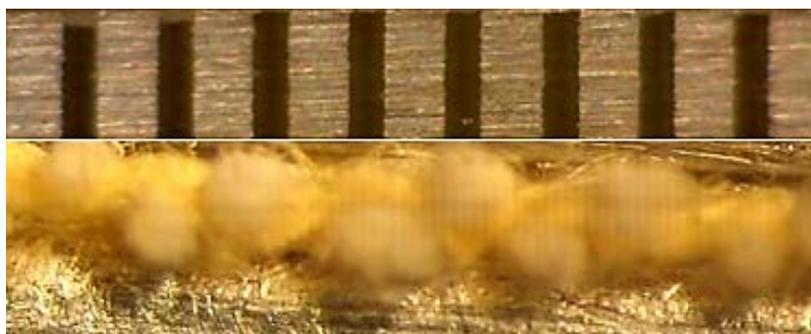


Рисунок 2 – Цифровое изображение поперечного разреза ткани

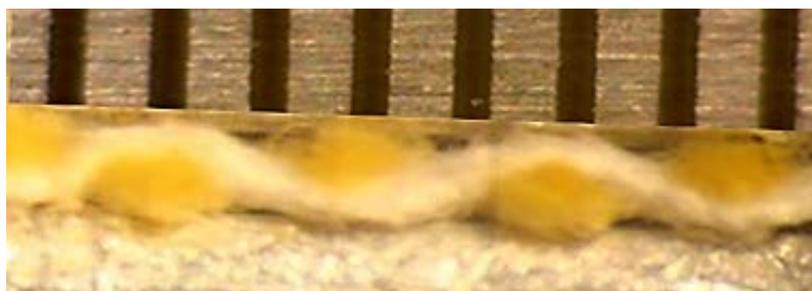


Рисунок 3 – Цифровое изображение продольного разреза ткани

Таблица 4 – Результаты замеров

Наименование параметра	Обозначение	Среднее значение показателя
Диаметр нитей в ткани, мм: – по основе; – по утку	$d_o$ $d_y$	
Длина раппорта, мм: – по основе; – по утку	$LR_o$ $LR_y$	
Геометрическая плотность, мм: – по основе; – по утку	$l_o$ $l_y$	
Высота волны изгиба нитей, мм: – по основе; – по утку	$h_o$ $h_y$	

Расчетный метод определения параметров.

Известно, что при переплетении нити основы и утка изгибаются и приобретают волнообразную форму. Характер волнообразности нитей в ткани определяется порядком фазы строения ткани. Фаза строения ткани оказывает влияние на растяжимость ткани в долевом и поперечном направлениях, а также на характер ее поверхности и износостойкость. Фаза строения ткани меняется в процессе ткачества, отделки и в процессе их эксплуатации.

– расчет максимально возможной плотности ткани по основе и утку по зависимости:

$$P_{o\max} = \frac{100}{\sqrt{d_o^2 + 2 \cdot d_o \cdot d_y}} \quad (1.1)$$

$$P_{y\max} = \frac{100}{\sqrt{d_y^2 + 2 \cdot d_o \cdot d_y}} \quad (1.2)$$

– коэффициент наполнения ткани волокнистым материалом по основе и утку:

$$K_{HO} = \frac{P_o}{P_{o\max}} \quad (1.3)$$

$$K_{HY} = \frac{P_y}{P_{y\max}} \quad (1.4)$$

– высота волны нитей в ткани основы и утка:

$$h_o = \sqrt{(d_{об} + d_{уб})^2 - \left(\frac{100}{P_o} \cdot K_{HO}\right)^2} \quad (1.5)$$

$$h_y = \sqrt{(d_{об} + d_{уб})^2 - \left(\frac{100}{P_y} \cdot K_{HY}\right)^2} \quad (1.6)$$

– коэффициенты, определяющие высоту волны изгиба нитей основы и утка в зависимости от порядка фазы строения по основе и утку:

$$K_{ho} = \frac{h_o}{d_{cp}} \quad (1.7)$$

$$K_{hy} = \frac{h_y}{d_{cp}} \quad (1.8)$$

– порядок фазы строения определяют по таблице 1. Результаты расчетов сводят в таблицу 5.

Таблица 5 – Результаты расчета

Наименование параметра	Обозначение	Значение показателя
1	2	3
Диаметр нитей в ткани: – по основе; – по утку	$d_o$ $d_y$	
Максимальная плотность ткани, н/10см: – по основе; – по утку	$P_{o\max}$ $P_{y\max}$	

Окончание таблицы 5

1	2	3
Коэффициент наполнения ткани волокнистым материалом: – по основе; – по утку	КНо КНу	
Коэффициенты, определяющие высоту волны изгиба нитей: – по основе; – по утку	Кно Кну	
Порядок фазы строения	Ф	

## Практическая работа 2.

### Расчет количественных оценок переплетения ткани

Цель работы: рассчитать количественные оценки переплетения ткани

Задание: выполнить расчет количественных оценок переплетения ткани. Определить закономерности изменения количественных оценок в зависимости от вида переплетения.

Последовательность работы.

1. Ознакомиться с перечнем количественных оценок (параметрическими характеристиками) структуры ткани и её переплетения.

Каждое переплетение характеризуется раппортом  $R_o$ ,  $R_y$ , сдвигом перекрытий  $S_o$ ,  $S_y$  и величиной перекрытия  $n_{fo}$ ,  $n_{fy}$ , а также нижеследующими параметрическими характеристиками.

Коэффициент переплетения  $F$ . Характеризует степень его рыхлости:

$$F = K_o \cdot K_y / K,$$

где  $K$  – число связей нитей основы и утка в раппорте,  $K_o$  – число связей основы ( $\times$ ) в пределах всего раппорта;  $K_y$  – число связей утка ( $\bullet$ ) в пределах всего раппорта.

Для определения коэффициента переплетения необходимо указать на рисунке переплетения число связей основы ( $\times$ ) и утка ( $\bullet$ ) в пределах всего раппорта.

Пример расположения точек связей нитей основы и утка приведен на рисунке переплетения восьминитного усиленного сатина, для которого

$$R_o = 8 \text{ н}, R_y = 8 \text{ н}, S_o = 5, S_y = 5, n_{fo} = 2, n_{fy} = 6$$

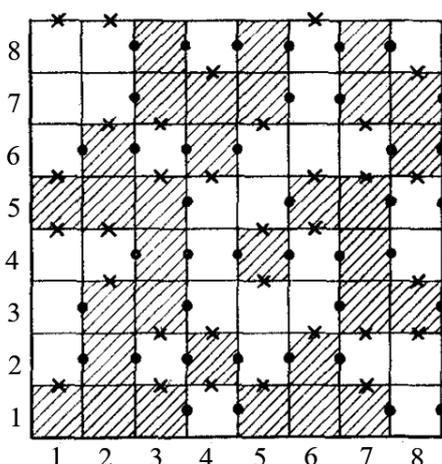


Рисунок 4 – Переплетение ткани

Коэффициент связности  $S$ . Характеризует степень скрепления ткани точками перекрещивания основных и уточных нитей. Определяется по формуле Н. С. Ереминой:

$$F = (P_o \cdot P_y \cdot T_{cp}) / (1000 \cdot F), \quad (2.1)$$

где  $P_o, P_y$  – плотность суровой ткани по основе и по утку, н/см;  $T_{cp}$  – средняя линейная плотность нитей в ткани, определяемая для переплетений, выработанных с применением нитей разной линейной плотности.

Заполнение ткани нитями основы и утка. Характеризует отношение площади, занятой нитями, ко всей площади ткани. Для характеристики заполнения ткани определяют:

– линейное заполнение по основе:

$$Z_{ло} = P_o \cdot d_o, \quad (2.2)$$

– линейное заполнение по утку;

$$Z_{лу} = P_y \cdot d_y, \quad (2.3)$$

где  $P_o, P_y$  – плотность суровой ткани по основе и по утку, н/10 см;  $d_o, d_y$  – диаметр нити основы и утка на паковке до ткачества, мм.

– поверхностное заполнение ткани;

$$Z_{тк} = Z_{ло} + Z_{лу} - 0,01 \cdot Z_{ло} \cdot Z_{лу}, \quad (2.4)$$

Наполнение ткани. Характеризует степень наполнения ткани волокнистым материалом и определяется отношением фактической плотности

ткани к её максимальной плотности. Технологическая (фактическая) плотность большинства тканей по одной системе или по обеим системам одновременно меньше максимальной плотности. Наполнение ткани в процентах определяется как отношение фактической плотности ткани к плотности предельной по следующим формулам:

$$H_o = \frac{(R_o \cdot d_{on} + t_y \cdot d_{yn}) \cdot P_o}{R_o}, \quad (2.5)$$

$$H_y = \frac{(R_y \cdot d_{yn} + t_o \cdot d_{on}) \cdot P_y}{R_y}, \quad (2.6)$$

$$H_{cp} = \frac{(H_o \cdot T_o + H_y \cdot T_y)}{(T_o + T_y)}, \quad (2.7)$$

где  $d_{on}$ ,  $d_{yn}$  – диаметр нити основы и утка на паковке до ткачества, мм.

Для ткани с учетом порядка фазы строения необходимо использовать коэффициент наполнения ткани волокнистым материалом, определяемый по методике А. А. Мартыновой и Н. Ф. Сурниной. Этот коэффициент определяется строением ткани и учитывает изменения размеров нитей в максимально уплотненной ткани. Коэффициенты наполнения по основе и по утку:

$$K_{но} = \frac{P_{оф}}{P_{оmax}}, \quad (2.8)$$

$$K_{ну} = \frac{P_{уф}}{P_{ymax}}, \quad (2.9)$$

$$K_{нтк} = K_{но} \cdot K_{ну}, \quad (2.10)$$

Максимальная плотность нитей в ткани определяется по следующим формулам:

$$P_{оmax} = \frac{100 \cdot R_o}{L_{ro}} = \frac{100 \cdot R_o}{t_y \cdot dp \cdot \sqrt{4 - K_{ho}^2} + (R_o - t_y) \cdot d_{on} \cdot \tau_o}, \quad (2.11)$$

$$P_{ymax} = \frac{100 \cdot R_y}{L_{ry}} = \frac{100 \cdot R_o}{t_o \cdot dp \cdot \sqrt{4 - K_{hy}^2} + (R_y - t_o) \cdot d_{yn} \cdot \tau_y}, \quad (2.12)$$

где  $\tau_o$ ,  $\tau_y$  – коэффициенты, характеризующие изменение линейных размеров (диаметров) нитей основы и утка при ткачестве (коэффициент смятия).

### Практическая работа 3. Проектирование ткани по заданной поверхностной плотности

Цель работы: спроектировать ткань по заданной поверхностной плотности.

Задание: определить основные параметры строения ткани и спроектировать однослойную ткань.

Последовательность работы.

Исходные данные:  $M_c, C_o, C_y, \Phi, K_d, R_o, R_y, t_{cp \cdot o}, t_{cp \cdot y}, t_{max \cdot o}, t_{max \cdot y}, K_{Ho}, K_{Hy}, \eta_{ozy}, \eta_{yzy}, \eta_{ov}, \eta_{yb}, T_{OGOST}, T_{YOGOST}$ .

1. Определяем коэффициенты высоты волны изгиба нитей в ткани по основе:

$$K_{ho} = (\Phi - 1) / 4 \quad (3.1)$$

2. Определяем коэффициенты высоты волны изгиба нитей в ткани по утку:

$$K_{hy} = 2 - K_{ho} = (9 - \Phi) / 4 \quad (3.2)$$

3. Обозначим и определяем  $\xi_o$ :

$$\xi_o = K_d \eta_{or} + \eta_{yb} \quad (3.3)$$

4. Определяем  $\xi_y$ :

$$\xi_y = K_d \eta_{ov} + \eta_{yr} \quad (3.4)$$

5. Определяем  $\psi$ :

$$\psi = K_d \eta_{ov} + \eta_{yb} \quad (3.5)$$

6. Определяем уработку нитей основы, %:

$$a_o = \frac{t_{ocp} \left[ \sqrt{\xi_y^2 (4 - K_{hy}^2) + K_{hy}^2 K_{Hy}^2 \psi^2} - \xi_y \sqrt{4 - K_{hy}^2} \right] 100}{t_{ocp} \sqrt{\xi_y^2 (4 - K_{hy}^2) + K_{hy}^2 K_{Hy}^2 \psi^2} + 2(R_y - t_{ocp}) \eta_{yr}} \quad (3.6)$$

7. Определяем уработку нитей утка, %:

$$a_y = \frac{t_{ycp} \left[ \sqrt{\xi_o^2 (4 - K_{ho}^2) + K_{hy}^2 K_{Ho}^2 \psi^2} - \xi_o \sqrt{4 - K_{ho}^2} \right] 100}{t_{ycp} \sqrt{\xi_o^2 (4 - K_{ho}^2) + K_{hy}^2 K_{Ho}^2 \psi^2} + 2(R_o - t_{ycp}) K_d \eta_{or}} \quad (3.7)$$

8. Определяем А:

$$A = \frac{100 R_y (K_d + 1) K_{Hy}}{t_{o \max} \xi_y \sqrt{4 - K_{hy}^2} + (R_y - t_{o \max}) 2 \eta_{yr}} \quad (3.8)$$

9. Определяем В:

$$B = \frac{100 R_o (K_d + 1) K_{Ho}}{t_{y \max} \xi_o \sqrt{4 - K_{hy}^2} + (R_o - t_{y \max}) 2 K_d \eta_{or}} \quad (3.9)$$

10. Определяем средний диаметр нити в ткани, мм:

$$d_{cp} = \frac{M_c (K_d + 1)^2}{4000 \left[ \frac{BK_d^2}{C_o^2 (100 - a_o)} + \frac{A}{C_y^2 (100 - a_y)} \right]} \quad (3.10)$$

11. Определяем линейную плотность нитей основы, текс:

$$T_{op} = \frac{4000d_{cp}^2 K_d^2}{(K_d + 1)^2 C_o^2} \quad (3.11)$$

12. Определяем линейную плотность нитей утка:

$$T_{yp} = \frac{4000d_{cp}^2}{(K_d + 1)^2 C_y^2} \quad (3.12)$$

13. Сравниваем расчетную линейную плотность нитей основы ( $T_{op}$ ) с линейной плотностью нитей, выпускаемых промышленностью ( $T_{ГОСТ}$ ). Принимаем  $T_{ГОСТ}$  наиболее соответствующие расчетной, т. е.

$$T_{огост} - T_{op} = \min; T_{огост} = T_o. \quad (3.13)$$

14. Сравниваем расчетную линейную плотность нитей основы ( $T_{yp}$ ) с линейной плотностью нитей, выпускаемых промышленностью ( $T_{ГОСТ}$ ). Принимаем  $T_{ГОСТ}$  наиболее соответствующие расчетной, т. е.

$$T_{yгост} - T_{yp} = \min; T_{yгост} = T_y. \quad (3.14)$$

15. Определяем фактический диаметр нитей основы, мм:

$$d_{оф} = 0,1C_o \sqrt{0,1T_o} \quad (3.15)$$

16. Определяем фактический диаметр нитей утка, мм:

$$d_{yф} = 0,1C_y \sqrt{0,1T_y} \quad (3.16)$$

17. Определяем фактический средний диаметр нитей, мм:

$$d_{срф} = (d_o + d_y) / 2 \quad (3.17)$$

18. Определяем коэффициент отношения диаметров:

$$K_{дф} = d_{оф} / d_{yф} \quad (3.18)$$

19. Определим фактическую плотность нитей основы, нитей/10 см:

$$P_{оф} = \frac{100R_o (K_{дф} + 1) K_{H_o}}{d_{срф} [t_{y\max} (K_{дф} \eta_{ог} + \eta_{yb}) \sqrt{4 - K_{ho}^2} + (R_o - t_{y\max})^2 2K_{дф} \eta_{ог}]} \quad (3.19)$$

20. Определим фактическую плотность нитей утка, нитей/10 см:

$$P_{yф} = \frac{100R_y (K_{дф} + 1) K_{H_y}}{d_{срф} [t_{o\max} (K_{дф} \eta_{ов} + \eta_{yr}) \sqrt{4 - K_{hy}^2} + (R_y - t_{o\max})^2 \eta_{yr}]} \quad (3.20)$$

21. Определяем фактическую поверхностную плотность суровой ткани, г/м<sup>2</sup>:

$$M_{сф} = \frac{P_{оф} T_o}{100 - a_o} + \frac{P_{yф} T_y}{100 - a_y} \quad (3.21)$$

22. Определяем ошибку расчета  $\Delta$ , если  $\Delta > \pm 5\%$  – расчет повторяется с пункта № 1, %:

$$\Delta = \frac{M_{сф} - M_c}{M_{сф}} 100\% \quad (3.22)$$

#### Практическая работа 4.

#### Определение высоты волны изгиба нитей в ткани с поперечным сечением в виде эллипса

Цель работы. Определение высоты волны изгиба нитей в ткани с поперечным сечением в виде эллипса.

Задание: определить высоту волны изгиба нитей, геометрическую плотность, длину раппорта по основе и утку, максимальные плотности по основе и утку.

Последовательность работы.

Определяем диаметры нитей основы и утка на паковке:

$$d_{он} = 0.0316 \cdot c_o \cdot \sqrt{T_o} \quad (4.1)$$

$$d_{уп} = 0.0316 \cdot c_y \cdot \sqrt{T_y} \quad (4.2)$$

Определяем диаметры нитей основы и утка в ткани:

$$d_{ог} = d_{он} \cdot \eta_{ог} = \frac{2 \cdot d_{срп} \cdot K_d \cdot \eta_{ог}}{Kd + 1} \quad (4.3)$$

$$d_{уг} = d_{ун} \cdot \eta_{уг} = \frac{2 \cdot d_{срп} \cdot K_d \cdot \eta_{уг}}{Kd + 1} \quad (4.4)$$

$$d_{ов} = d_{он} \cdot \eta_{ов} = \frac{2 \cdot d_{срп} \cdot K_d \cdot \eta_{ов}}{Kd + 1} \quad (4.5)$$

$$d_{ув} = d_{ун} \cdot \eta_{ув} = \frac{2 \cdot d_{срп} \cdot K_d \cdot \eta_{ув}}{Kd + 1} \quad (4.6)$$

Определяем коэффициент соотношения диаметров:

$$K_d = \frac{d_{ов}}{d_{ув}} \quad (4.7)$$

Определяем высоту волны изгиба основы и утка:

$$h_o = \frac{(d_{об} + d_{уб})}{2} \cdot K_{ho} \quad (4.8)$$

$$h_y = \frac{(d_{об} + d_{уб})}{2} \cdot K_{hy} \quad (4.9)$$

Определяем геометрическую плотность ткани по основе и утку:

$$l_o = \frac{d_{срп} \cdot (Kd \cdot \eta_{ог} + \eta_{уб}) \cdot \sqrt{4 - K_{ho}^2}}{Kd + 1} \quad (4.10)$$

$$l_y = \frac{d_{срп} \cdot (Kd \cdot \eta_{ов} + \eta_{уг}) \cdot \sqrt{4 - K_{hy}^2}}{Kd + 1} \quad (4.11)$$

Определяем длину раппорта переплетения по основе и утку:

$$L_{RO} = l_o \cdot t_{срп} + d_{ог} \cdot (R_o - t_{срп}) \quad (4.12)$$

$$L_{RY} = l_y \cdot t_{срп} + d_{уг} \cdot (R_y - t_{срп}) \quad (4.13)$$

Определяем максимальную плотность ткани по основе и утку:

$$P_{o\max} = \frac{100 \cdot R_o}{L_{RO}} = \frac{100 \cdot R_o}{l_o \cdot t_{срп} + d_{ог} \cdot (R_o - t_{срп})} \quad (4.14)$$

$$P_{y\max} = \frac{100 \cdot R_y}{L_{RY}} = \frac{100 \cdot R_y}{l_y \cdot t_{срп} + d_{уг} \cdot (R_y - t_{срп})} \quad (4.15)$$

Данные к расчету:

- нити имеют сечение эллипс;
- $\Phi$  – порядок фазы строения – 3;
- $T_o = 56$  текс,  $T_y = 60$  текс, хлопок 100 %,  $C = 1,25$ ;
- $\eta_{ог} = 1,25$ ,  $\eta_{ов} = 0,77$ ,  $\eta_{уг} = 1,2$ ,  $\eta_{уб} = 0,82$ ;
- переплетение – саржа 2/3.

Результаты расчета свести в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты расчета

Наименование	Единица измерения	Значение
Коэффициенты, характеризующие высоту волны изгиба нитей: основы утка	–	
Диаметры нитей: основы по вертикали основы по горизонтали утка по вертикали утка по горизонтали	мм	
Геометрическая плотность: по основе по утку	мм	
Высота волны изгиба нитей: основы утка	мм	
Длина раппорта переплетения: по основе по утку	мм	
Максимальные плотности : по основе по утку	нит/10см	

### Практическая работа 5.

#### Расчет уработки нитей и поверхностной плотности ткани

Цель работы. Рассчитать уработку нитей по основе и утку и поверхностную плотность ткани.

Задание: определить основные параметры строения тканей расчетным методом.

Последовательность работы.

1. Определяем диаметры нитей основы и утка на паковке  $d_{\text{п}}$ :

$$d_{\text{п}} = 0,1C\sqrt{0,1T} \quad (5.1)$$

где  $C$  – коэффициент сырьевого состава, выбирается по таблице справочника,  $T$  – линейная плотность нити, текс.

2. Диаметры вертикальный и горизонтальный:

$$d_{\text{ов}} = \frac{2 \cdot K_d \cdot d_{\text{ср}} \cdot \eta_{\text{ов}}}{K_d + 1} \quad (5.2)$$

$$d_{yB} = \frac{2 \cdot d_{cp} \cdot \eta_{yB}}{K_d + 1} \quad (5.3)$$

$$d_{o\Gamma} = \frac{2 \cdot K_d \cdot d_{cp} \cdot \eta_{o\Gamma}}{K_d + 1} \quad (5.4)$$

$$d_{y\Gamma} = \frac{2 \cdot d_{cp} \cdot \eta_{y\Gamma}}{K_d + 1} \quad (5.5)$$

3. Определяем коэффициент соотношения диаметров:

$$K_d = \frac{d_{oB}}{d_{yB}} \quad (5.6)$$

4. Определяем диаметры нитей в ткани:

Условный диаметр нитей основы в ткани:

$$d_o = \sqrt{d_{o\Gamma} \cdot d_{oB}} = d_{o\Gamma} \sqrt{\eta_{o\Gamma} \eta_{oB}} \quad (5.7)$$

Условный диаметр нитей утка в ткани:

$$d_y = \sqrt{d_{y\Gamma} \cdot d_{yB}} = d_{y\Gamma} \sqrt{\eta_{y\Gamma} \eta_{yB}} \quad (5.8)$$

5. Рисуем переплетение, определяем число пересечек  $t_{оср}$ ,  $t_{уср}$  (как на рис. 3)

6. – расчет максимально возможной плотности ткани по основе и утку по зависимости:

$$P_{o\max} = \frac{100}{\sqrt{d_o^2 + 2 \cdot d_o \cdot d_y}} \quad (5.9)$$

$$P_{y\max} = \frac{100}{\sqrt{d_{oy}^2 + 2 \cdot d_o \cdot d_y}} \quad (5.10)$$

7. – высота волны изгиба нитей в ткани:

$$h_o = \frac{2 \cdot d_{cp}}{1 + \frac{P_y \cdot T_o}{P_o \cdot T_y}} \quad (5.11)$$

$$h_o = 2 \cdot d_{cp} - h_y \quad (5.12)$$

8. – линейное заполнение ткани, %:

$$E_o = P_o \cdot d_o \quad (5.13)$$

$$E_y = P_y \cdot d_y \quad (5.14)$$

9. – поверхностное заполнение ткани, %:

$$E_{\text{ТК}} = E_o + E_y - \frac{E_o \cdot E_y}{100} \quad (5.15)$$

10. – фактическая геометрическая плотность ткани (мм) рассчитывается как:

$$l_{o\phi} = \frac{\sqrt{(d_{oB} + d_{y\Gamma})^2 - h_o^2}}{K_{HO}} \quad (5.16)$$

$$l_{y\phi} = \frac{\sqrt{(d_{yB} + d_{o\Gamma})^2 - h_y^2}}{K_{HY}} \quad (5.17)$$

11. Расчет уработки:

$$a_o = \frac{100 \cdot \text{tocp} \cdot [\sqrt{3 \cdot (Kd \cdot \eta_{oB} + \eta_{y\Gamma})^2 + (Kd \cdot \eta_{oB} + \eta_{yB})^2 \cdot K_{HY}} - 1.73 \cdot (Kd \cdot \eta_{oB} + \eta_{y\Gamma})]}{\text{tocp} \cdot \sqrt{3 \cdot (Kd \cdot \eta_{oB} + \eta_{y\Gamma})^2 + (Kd \cdot \eta_{oB} + \eta_{yB})^2 \cdot K_{HY}} + 2 \cdot (Ry - \text{tocp}) \cdot \eta_{y\Gamma}} \quad (5.18)$$

$$a_y = \frac{100 \cdot \text{tycp} \cdot [\sqrt{3 \cdot (Kd \cdot \eta_{o\Gamma} + \eta_{yB})^2 + (Kd \cdot \eta_{oB} + \eta_{yB})^2 \cdot K_{HO}} - 1.73 \cdot (Kd \cdot \eta_{o\Gamma} + \eta_{yB})]}{\text{tycp} \cdot \sqrt{3 \cdot (Kd \cdot \eta_{o\Gamma} + \eta_{yB})^2 + (Kd \cdot \eta_{oB} + \eta_{yB})^2 \cdot K_{HO}} + 2 \cdot (Ro - \text{tycp}) \cdot K_d \cdot \eta_{o\Gamma}} \quad (5.19)$$

12. Расчет поверхностной плотности ткани

$$M_n = \frac{P_o \cdot T_o}{100 - a_o} + \frac{P_y \cdot T_y}{100 - a_y} \quad (5.20)$$

Данные для расчета 1:

- коэффициент, учитывающий сырьевой состав  $C_o=C_y=1,25$ ;
- коэффициенты наполнения ткани волокнистым материалом  $K_{HO}=0,35$ ,  $K_{HY}=0,53$ ;
- линейная плотность нитей основы  $T_o=50$  текс, нитей утка  $T_y=30$  текс;
- плотность ткани по основе  $P_o=29$  нит./см, по утку  $P_y=17$  нит./см;
- переплетение – саржа  $1/2$ ;
- коэффициенты, учитывающие деформацию нитей основы и ткани в ткани:  $\eta_{oB}=0,4$ ,  $\eta_{o\Gamma}=1,1$ ,  $\eta_{yB}=0,6$ ,  $\eta_{y\Gamma}=1,3$ ;
- сечение нити – эллипс.

Данные расчета свести в таблицу 7.

Таблица 7 – Данные расчета

Наименование	Единица измерения	Значение
Диаметр на паковке	мм	
Диаметры нитей: основы по вертикали основы по горизонтали утка по вертикали утка по горизонтали	мм	
Условный диаметр нитей основы в ткани: основы утка	мм	
Высоты волны изгиба нитей: основы утка	мм	
Геометрическая плотность фактическая: по основе по утку	мм	
Коэффициент соотношения диаметров	–	
Максимальные плотности по основе по утку	нит/10см	
Линейное заполнение ткани по основе по утку	%	
Поверхностное заполнение ткани	%	
Уработка: по основе по утку	%	
Поверхностная плотность ткани	г/м <sup>2</sup>	

Данные для расчета 2.

Данные к расчету	Наименование показателя и значение		Единица измерения
	Показатель	Значение	
Со (коэффициент, определяющий диаметр нитей основы)	Со	1,25	
Су (коэффициент, определяющий диаметр нитей утка)	Су	1,25	
То (расчетная линейная плотность нитей основы)	То	25	текс

Т <sub>у</sub> (расчетная линейная плотность нитей утка)	Т <sub>у</sub>	35	текс
Р <sub>о</sub> (раппорт ткани по основе)	Р <sub>о.б.</sub>	6	нитей
Р <sub>у</sub> (раппорт ткани по утку) Переплетение 6-ти нитный усиленный сатин, степень усиления 3	Р <sub>у.б.</sub>	6	нитей
t <sub>о</sub> (число пересечений нитей утка основой)	t <sub>о</sub>	2	
t <sub>у</sub> (число пересечений нитей основы утком)	t <sub>у1</sub>	2	
t <sub>у</sub> (число пересечений нитей основы утком)	t <sub>у2</sub>	2	
τ <sub>о</sub> (коэффициент смятия по основе)	τ <sub>о</sub>	0,95	
τ <sub>у</sub> (коэффициент смятия по утку)	τ <sub>у</sub>	0,9	
К <sub>h.о</sub> (коэффициент, определяющий высоту волны изгиба нитей основы)	К <sub>h.о.</sub>	0,75	
К <sub>h.у</sub> (коэффициент, определяющий высоту волны изгиба нитей утка)	К <sub>h.у.</sub>	1,25	
Р <sub>о</sub> (плотность по основе)	Р <sub>о</sub>	320	н/10см
Р <sub>у</sub> (плотность по утку)	Р <sub>у</sub>	310	н/10см
М <sub>с.р</sub> (поверхностная плотность суровой ткани)	М <sub>с</sub>	200	г/м <sup>2</sup>

### **Практическая работа 6. Проектирование полутораслойной ткани**

Цель работы. Изучить методику проектирования полутораслойных тканей.

Задание: определить основные параметры строения полутораслойных тканей расчетным методом;

Последовательность работы.

Рисунок переплетения, а также разрезы при максимальном уплотнении представлен на рисунке 5.

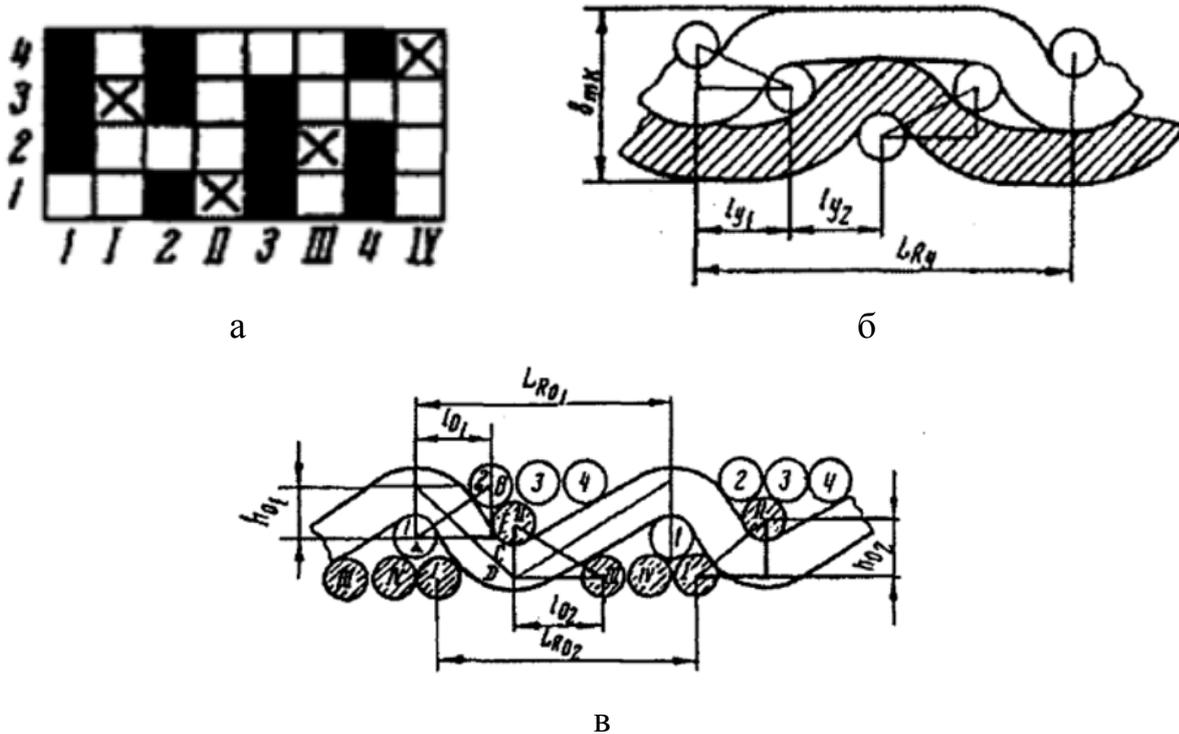


Рисунок 5 – Рисунок переплетения полутораслойной ткани

Определяем диаметры нитей основы и утка:

$$d_{on} = d_{yn} = d_{cpn} \quad (6.1)$$

$$d_o = d_{on} \cdot \tau_o \quad (6.2)$$

$$d_y = d_{yn} \cdot \tau_y \quad (6.3)$$

$$d_p = d_{p1} = d_{p2} = \frac{d_{o1} + d_y}{2} = \frac{d_{o2} + d_y}{2} \quad (6.4)$$

Определяем высоту волны изгиба нитей основы и утка:

$$h_{o1} = h_{y1} = K_{ho} \cdot d_p = K_{hy} \cdot d_p \quad (6.5)$$

$$h_{o2} = h_{y2} = K_{ho} \cdot d_p = K_{hy} \cdot d_p \quad (6.6)$$

Определяем геометрическую плотность основы и утка:

$$l_{o1} = \sqrt{(d_{o1} + d_y)^2 - h_{o1}^2} \quad (6.7)$$

$$l_{y1} = l_{y2} = \sqrt{(d_{o1} + d_y)^2 - h_y^2} = \sqrt{(d_{o2} + d_y)^2 - h_y^2} \quad (6.8)$$

$$l_{y1\phi} = l_{y2\phi} = \frac{l_{y1}}{K_{HY}} = \frac{l_{y2}}{K_{HY}} \quad (6.9)$$

Определяем длину раппорта ткани по утку:

$$l_{RY} = 2 \cdot l_{y1} + 2 \cdot l_{y2} \quad (6.10)$$

Определяем максимальную плотность по основе и утку:

$$P_{omax1} = \frac{100 \cdot R_{o1}}{2 \cdot l_{o1} + 2 \cdot d_{o1}} \quad (6.11)$$

$$P_{omax2} = \frac{100 \cdot R_{o2}}{2 \cdot l_{o2} + 2 \cdot d_{o2}} \quad (6.12)$$

$$P_{omax1} = P_{omax2}, \text{ так как } l_{o1} = l_{o2} \text{ и } d_{o1} = d_{o2} \quad (6.13)$$

$$P_{omax} = 2 \cdot P_{omax1} = 2 \cdot P_{omax2} \quad (6.14)$$

$$P_{ymax} = \frac{100 \cdot R_y}{L_{RY}} \quad (6.15)$$

$$P_{o1} = P_{o2} = P_{omax1} \cdot K_{HO1} = P_{omax2} \cdot K_{HO2} \quad (6.16)$$

$$P_y = P_{ymax} \cdot K_{HY} \quad (6.17)$$

Определяем уработку по основе и утку:

$$a_o = \frac{\sqrt{l_{y1\phi}^2 + h_{o1}^2} - l_{y1\phi}}{\sqrt{l_{y1\phi}^2 + h_{o1}^2} + l_{y2\phi}} \cdot 100 = \frac{\sqrt{l_{y2\phi}^2 + h_{o2}^2} - l_{y2\phi}}{\sqrt{l_{y2\phi}^2 + h_{o2}^2} + l_{y1\phi}} \cdot 100 \quad (6.18)$$

$$a_y = \frac{\left[ \sqrt{\left( \frac{l_{o1} + 0.5 \cdot d_o}{K_{HO}} \right)^2 + (h_{y1} + h_{y2})^2} - \frac{l_{o1} + 0.5 \cdot d_o}{K_{HO}} \right] +}{\sqrt{\left( \frac{l_{o1} + 0.5 \cdot d_o}{K_{HO}} \right)^2 + (h_{y1} + h_{y2})^2} +} \quad (6.19)$$

$$\frac{\left[ \sqrt{\left(\frac{l_{o1} + l_{o2}}{K_{HO}}\right)^2 + (h_{y1} + h_{y2})^2} - \frac{l_{o1} + l_{o2}}{K_{HO}} \right]}{\sqrt{\left(\frac{l_{o1} + l_{o2}}{K_{HO}}\right)^2 + (h_{y1} + h_{y2})^2}} \cdot 100$$

Определяем расчетную плотность в готовой ткани по основе и утку:

$$P_{ог} = \frac{P_o}{1 - 0.01 \cdot U_y} \quad (6.20)$$

$$P_{уг} = \frac{P_y}{1 - 0.01 \cdot U_o} \quad (6.21)$$

Определяем поверхностную плотность ткани суровой:

$$M_c = \frac{10 \cdot P_o \cdot T_o}{1000 \cdot (1 - 0.01 \cdot a_o)} + \frac{10 \cdot P_y \cdot T_y}{1000 \cdot (1 - 0.01 \cdot a_y)} \quad (6.22)$$

Определяем поверхностную плотность ткани готовой:

$$M_{г} = \frac{M_c \cdot (1 - 0.01 \cdot \beta_m)}{(1 - 0.01 \cdot U_o) \cdot (1 - 0.01 \cdot U_y)} \quad (6.23)$$

Данные к расчету:

ткань полутораслойная, с дополнительной основой, пальтовая,  
 $T_o = T_y = 80$  текс;  $\tau_o = 0,95$ ,  $\tau_y = 0,90$ ;

усадка  $U_o = 20\%$ ,  $U_y = 22\%$ , потеря массы в отделке  $\beta_m = 14\%$ ;

ПФС=5,

$K_{HO1} = K_{HO2} = 0,60$

$K_{HY} = 0,92$

Данные свести в таблицу 8.

Таблица 8 – Данные расчета

Наименование	Единица измерения	Значение
1	2	3
Диаметры нитей: основы утка	мм	

Окончание таблицы 8

1	2	3
Геометрическая плотность: по основе по утку	мм	
Высота волны изгиба нитей: основы утка	мм	
Длина раппорта переплетения: по основе по утку	мм	
Максимальные плотности: по основе по утку	нит/10см	
Уработка: основы утка	%	
Поверхностная плотность ткани суровой	г/м <sup>2</sup>	
Поверхностная плотность ткани готовой	г/м <sup>2</sup>	

### Практическая работа 7. Проектирования ткани по заданной толщине

Цель работы. Проектирования ткани по заданной толщине.

Задание: определить основные параметры строения ткани по заданной толщине.

Последовательность работы.

Для многих видов ткани технического назначения основным потребительским свойством является толщина. Толщиной ткани называют расстояние между касательными плоскостями или касательными, проведенными по вершинам волн изгиба нитей с обеих сторон ткани. Толщина ткани зависит от:

- линейной плотности;
- строения ткани (волнового расположения).

Толщина ткани определяется в зависимости от того, какая система нитей формирует ее опорную поверхность, что, в свою очередь, зависит от фазы строения ткани. А значит, формулы для определения толщины однослойной ткани учитывают порядок фазы строения и форму поперечного сечения нитей в

ткани. Для тканей, нити которых сохраняют форму поперечного сечения в виде круга, толщину ткани определяют следующим образом

Для ткани с 1 до 5 порядка фазы строения:

$$\begin{aligned}
 b_T = h_y + d_y &= d_p \cdot K_{hy} + d_y & (7.1) \\
 &= \frac{d_{cprn} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) \cdot K_{hy}}{K_d + 1} + \frac{2 \cdot d_{cprn} \cdot \tau_y}{K_d + 1} = \\
 &= \frac{d_{cprn} \cdot [K_{hy}(K_d \cdot \tau_o + \tau_y) + 2 \cdot \tau_y]}{K_d + 1}
 \end{aligned}$$

Для ткани 5 порядка фазы строения

$$b_T = d_o + d_y = 2 \cdot d_p = \frac{2 \cdot d_{cprn} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y)}{K_d + 1} \quad (7.2)$$

Для ткани с 5 по 9 порядок фазы строения:

$$\begin{aligned}
 b_T = h_o + d_o &= d_p \cdot K_{ho} + d_o & (7.3) \\
 &= \frac{d_{cprn} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) \cdot K_{ho}}{K_d + 1} + \frac{2 \cdot d_{cprn} \cdot K_d \cdot \tau_o}{K_d + 1} = \\
 &= \frac{d_{cprn} \cdot [K_{ho}(K_d \cdot \tau_o + \tau_y) + 2 \cdot K_d \cdot \tau_o]}{K_d + 1}
 \end{aligned}$$

Для тканей, нити в которых в процессе ткачества приобретают форму поперечного сечения в виде эллипса, толщину ткани определяют следующим образом:

Для ткани с 1 по 5 порядка фазы строения:

$$\begin{aligned}
 b_T = h_y + d_{yB} &= d_p \cdot K_{hy} + d_{yB} & (7.4) \\
 &= \frac{d_{cprn} \cdot (K_d \cdot \eta_{oB} + \eta_{yB}) \cdot K_{hy}}{K_d + 1} + \frac{2 \cdot d_{cprn} \cdot \eta_{yB}}{K_d + 1} = \\
 &= \frac{d_{cprn} \cdot [K_{hy}(K_d \cdot \eta_{oB} + \eta_{yB}) + 2 \cdot \eta_{yB}]}{K_d + 1}
 \end{aligned}$$

Для ткани 5 порядка фазы строения:

$$b_T = d_{oB} + d_{yB} = 2 \cdot d_p = \frac{2 \cdot d_{cprn} \cdot (K_d \cdot \eta_{oB} + \eta_{yB})}{K_d + 1} \quad (7.5)$$

Для ткани с 5 по 9 порядка фазы строения:

$$\begin{aligned}
 b_T &= h_o + d_{OB} = d_p \cdot K_{ho} + d_{OB} = & (7.6) \\
 &= \frac{d_{cрп} \cdot (K_d \cdot \eta_{OB} + \eta_{yB}) \cdot K_{ho}}{K_d + 1} + \frac{2 \cdot d_{cрп} \cdot K_d \cdot \eta_{OB}}{K_d + 1} = \\
 &= \frac{d_{cрп} \cdot [K_{ho}(K_d \cdot \eta_{OB} + \eta_{yB}) + 2 \cdot K_d \cdot \eta_{yB}]}{K_d + 1}
 \end{aligned}$$

Как следует из приведенных формул, толщина ткани зависит от:

- порядка фазы строения;
- размеров поперечного сечения нитей;
- деформации нитей в ткани;
- соотношения диаметров нитей в ткани.

Если коэффициент соотношения диаметров  $K_d = 1$  и деформация нитей основы и утка в ткани одинакова, то максимальное значение толщины будет иметь ткань 1 и 9 порядков фазы строения. При этом толщина ткани с 1 по 5 порядки фазы строения уменьшается, а с 5 по 9 порядков увеличивается. В 5 порядке фазы строения толщина ткани имеет наименьшее значение, равное сумме диаметров нитей основы и утка.

Если  $K_d > 1$ , то наименьшее значение толщины ткани может быть получено при порядке фазы строения ниже 5-го, если  $K_d < 1$ , то при порядке фазы строения выше 5-го. Следовательно, изменяя условия подготовки нитей к ткачеству и формирования ткани на ткацком станке, обеспечивают выработку ткани требуемой толщины. Проектирование ткани заданной толщины осуществляется по двум направлениям:

- 1) когда известна линейная плотность и необходимо определить порядок фазы строения, который обеспечит заданную толщину ткани;
- 2) когда выбирается определенный порядок фазы строения и необходимо определить линейные плотности нитей основы и утка для обеспечения заданной толщины ткани.

Особенности методики проектирования ткани по заданной толщине с учетом линейных плотностей нитей.

Учитывая опыт работы проектных организаций и промышленных предприятий, выбирают значения линейных плотностей по основе и утку, сырьевой состав и структуру, определяемую коэффициентами сырьевого состава. В соответствии с назначением ткани и ее эксплуатационными характеристиками определяют переплетение нитей в ткани, ширину ткани и степень неуравновешенности ткани по плотности. Исходя из сырьевого состава нитей определяют форму их поперечного сечения и коэффициенты смятия. Принимают коэффициент наполнения ткани по основе.

Зная значения линейных плотностей, по известным формулам определяют значения диаметров нитей до ткачества и в ткани, расчетный диаметр, и средний диаметр на паковке. Проектирование ткани начинают с определения коэффициентов, характеризующих высоты волн изгиба. Для чего в формулу для определения толщины ткани, принятую в соответствии с

эффектом ее поверхности, преобразуют относительно коэффициентов, характеризующих высоту волны изгиба нитей основы и утка.

Для тканей с 1 по 5 порядок фазы строения получают следующие зависимости:

для сечения нити круг:

$$K_{hy} = \left[ \frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{d_{cprn}} - 2 \cdot \tau_y \right] \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) \quad (7.7)$$

для сечения нити эллипс:

$$K_{hy} = \left[ \frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{d_{cprn}} - 2 \cdot \eta_{yB} \right] \cdot (K_d \cdot \eta_{oB} + \eta_{yB}) \quad (7.8)$$

Для тканей с 5 по 9 порядок фазы строения получают следующие зависимости:

для сечения нити круг:

$$K_{ho} = \left[ \frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{d_{cprn}} - 2 \cdot \tau_o \right] \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) \quad (7.9)$$

для сечения нити эллипс:

$$K_{ho} = \left[ \frac{b_T \cdot (K_d + 1)}{d_{cprn}} - 2 \cdot \eta_{oB} \right] \cdot (K_d \cdot \eta_{oB} + \eta_{yB}) \quad (7.10)$$

Для другого коэффициента выводят из формулы:  $K_{ho} + K_{hy} = 2$

Порядок фазы строения определяют в зависимости от величины первого коэффициента по основе:  $\Phi = 4 \cdot K_{ho} + 1$

Исходя из переплетения ткани и коэффициента наполнения по основе определяют плотность ткани по основе:

для сечения круг:

$$P_o = \frac{100 \cdot R_o \cdot (K_d + 1) \cdot K_{HO}}{d_{cprn} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) \cdot \sqrt{4 - K_{ho}^2} + (R_o - t_y) \cdot 2 \cdot K_d \cdot \tau_o} \quad (7.11)$$

для сечения эллипс:

$$P_o = \frac{100 \cdot R_o \cdot (K_d + 1) \cdot K_{HO}}{d_{cprn} \cdot (K_d \cdot \eta_{oB} + \eta_{yB}) \cdot \sqrt{4 - K_{ho}^2} + (R_o - t_y) \cdot 2 \cdot K_d \cdot \eta_{oB}} \quad (7.12)$$

Плотность ткани по утку определяют исходя из соотношения плотностей:

$$P_y = \frac{P_o}{K_p} \quad (7.13)$$

Затем определяют коэффициент наполнения ткани волокнистым материалом по утку:

для сечения круг:

$$K_{HY} = \frac{P_y \cdot d_{cprn} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) \cdot \sqrt{4 - K_{ho}^2} + (R_y - t_o) \cdot 2 \cdot \tau_y}{100 \cdot R_y \cdot (K_d + 1)} \quad (7.14)$$

для сечения эллипс:

$$K_{HY} = \frac{P_y \cdot d_{cprn} \cdot (K_d \cdot \eta_{OB} + \eta_{YB}) \cdot \sqrt{4 - K_{ho}^2} + (R_y - t_o) \cdot 2 \cdot \eta_{YB}}{100 \cdot R_y \cdot (K_d + 1)} \quad (7.15)$$

Уработку основы и утка, поверхностную плотность ткани определяют по формулам, рассматриваемым ранее.

Особенности методики проектирования ткани заданной толщины, если линейные плотности нитей не известны

В соответствии с назначением и потребительскими свойствами проектируемой ткани, а также используя накопленный опыт работы, выбирают сырьевой состав и структуру нитей, переплетение и ширину ткани. Исходя из сырьевого состава задают коэффициенты, характеризующие сырьевой состав, форму поперечного сечения и коэффициенты смятия. В соответствии с выбранным переплетением и эксплуатационными свойствами ткани задают порядок фазы строения, коэффициент соотношения диаметров, коэффициент плотности и коэффициент наполнения ткани по основе. Проектирование начинают с определения значения коэффициентов, учитывающих высоту волны изгиба нитей в ткани:

$$K_{ho} = \frac{\Phi - 1}{4}, \quad K_{hy} = 2 - K_{ho}$$

В зависимости от переплетения выбирают формулу для определения толщины ткани и преобразуют ее относительно среднего диаметра нити.

Для тканей, нити в которых сохраняют форму поперечного сечения в виде круга, получают следующие зависимости.

Для тканей с 1 по 5 порядок фазы строения получают следующие зависимости:

$$d_{\text{српн}} = \frac{b_{\text{т}} \cdot (K_d + 1)}{K_{\text{hy}} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) + 2 \cdot \tau_y} \quad (7.16)$$

Для тканей 5 порядка фазы строения получают следующие зависимости:

$$d_{\text{српн}} = \frac{b_{\text{т}} \cdot (K_d + 1)}{K_{\text{hy}} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y)} \quad (7.17)$$

Для тканей с 5 по 9 порядок фазы строения получают следующие зависимости:

$$d_{\text{српн}} = \frac{b_{\text{т}} \cdot (K_d + 1)}{K_{\text{ho}} \cdot (K_d \cdot \tau_o + \tau_y) + 2 \cdot K_d \cdot \tau_o} \quad (7.18)$$

Для тканей, нити в которых в процессе ткачества приобретают форму поперечного сечения в виде эллипса, получают следующие зависимости:

Для тканей с 1 по 5 порядок фазы строения получают следующие зависимости:

$$d_{\text{српн}} = \frac{b_{\text{т}} \cdot (K_d + 1)}{K_{\text{hy}} \cdot (K_d \cdot \eta_{\text{ов}} + \eta_{\text{ув}}) + 2 \cdot \eta_{\text{ув}}} \quad (7.19)$$

Для тканей 5 порядка фазы строения получают следующие зависимости:

$$d_{\text{српн}} = \frac{b_{\text{т}} \cdot (K_d + 1)}{K_{\text{hy}} \cdot (K_d \cdot \eta_{\text{ов}} + \eta_{\text{ув}})} \quad (7.20)$$

Для тканей с 5 по 9 порядок фазы строения получают следующие зависимости:

$$d_{\text{српн}} = \frac{b_{\text{т}} \cdot (K_d + 1)}{K_{\text{ho}} \cdot (K_d \cdot \eta_{\text{ов}} + \eta_{\text{ув}}) + 2 \cdot K_d \cdot \eta_{\text{ов}}} \quad (7.21)$$

По полученному значению среднего диаметра определяют линейные плотности на паковке до ткачества:

$$T_{\text{он}} = \frac{4000 \cdot d_{\text{српн}}^2 \cdot K_d^2}{C_o^2 \cdot (K_d + 1)^2} \quad (7.22)$$

$$T_{\text{он}} = \frac{4000 \cdot d_{\text{српн}}^2 \cdot K_d^2}{C_o^2 \cdot (K_d + 1)^2} \quad (7.23)$$

$$T_{\text{ун}} = \frac{4000 \cdot d_{\text{српн}}^2 \cdot K_d^2}{C_y^2 \cdot (K_d + 1)^2} \quad (7.24)$$

По справочной литературе находят значения фактических величин линейных плотностей, вырабатываемых на предприятиях текстильной промышленности, и определяют фактические значения диаметров нитей:

$$d_{on} = 0.1 \cdot C_o \cdot \sqrt{0.1 \cdot T_{on}} \quad (7.25)$$

$$d_{yn} = 0.1 \cdot C_y \cdot \sqrt{0.1 \cdot T_{yn}} \quad (7.26)$$

$$d_{срф} = \frac{d_{on} + d_{yn}}{2} \quad (7.27)$$

Полученные значения диаметров нитей подставляют в исходную формулу толщины ткани и находят ее значение. Далее определяют отклонение в процентах от заданного значения толщины ткани. Если величина отклонения не превышает  $\pm 2,5$  %, то выполняют расчеты плотностей нитей в ткани, уработок основы и утка, поверхностной плотности по рассмотренным ранее формулам. Если величина отклонения больше регламентируемой, то следует изменить порядок фазы строения ткани и выполнить повторный расчет. В результате проектирования получают значения основных параметров строения ткани, которые используют для составления технического расчета ткани и дальнейшей ее выработки на ткацком станке.

## Литература

1. Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности: сборник статей Международной научно-технической конференции / УО «ВГТУ»; ред. С. М. Литовский. – Витебск: УО «ВГТУ», 2005. – 348с.
2. Расчет параметров строения ткани на ЭВМ: методические указания / УО «ВГТУ»; В. В. Невских. – Витебск: УО «ВГТУ», 2005. – 30 с.
3. Баранова, А. А. Современные технологии в текстильной промышленности: учебное пособие / А. А. Баранова, А. Г. Коган, Ю. И. Аленицкая; УО «ВГТУ». – 2-е изд., стер. – Витебск: УО «ВГТУ», 2006. – 251 с.
4. САД-системы в текстильных САПР: учеб.-метод. пособие / С. Н. Зыков, К. С. Ившин. – Ижевск: УдГУ, 2008. – 18 с.
5. САПР текстильных материалов: курс лекций / В. В. Невских, Д. И. Кветковский. – Витебск: УО «ВГТУ», 2013 – 165 с.
6. Бруслик, А. С. Современные САПР технологического процесса ткачества / А. С. Бруслик, Д. И. Кветковский, В. В. Невских // Материалы докладов 48 международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, посвященной 50-летию университета : в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2015. – Т. 2. – С. 338–340.
7. Строение и проектирование тканей: методические указания по выполнению лабораторных работ / Ж. Е. Тихонова, Н. С. Акиндинова. – Витебск : УО «ВГТУ», 2020. – 41 с.
8. САПР текстильных материалов : рабочая тетрадь для лабораторных работ / УО «ВГТУ»; В. В. Невских. – Витебск, 2015. – 36 с.
9. САПР тканей. Анализ структуры ткани по срезам: методические указания по выполнению лабораторных работ и курсового проектирования / УО «ВГТУ»; Д. И. Кветковский, Е. М. Лобацкая. – Витебск, 2021. – 31 с.

Учебное издание

## **САПР в легкой промышленности**

Методические указания к практическим занятиям

составитель:

Самутина Наталья Николаевна

Редактор *Р.А. Никифорова*  
Компьютерная верстка *Т.Г. Купченко*

---

Подписано к печати 24.05.2024. Формат 60x90<sup>1/16</sup>. Усл. печ. листов 2,4.  
Уч.-изд. листов 3,0. Тираж 20 экз. Заказ № 137.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»  
210038, г. Витебск, Московский пр., 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный  
технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя  
печатных изданий № 1/172 от 12.02.2014.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1497 от 30 мая 2017 г.