

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

**САПР тканей.  
Анализ структуры ткани по срезам**

Методические указания по выполнению лабораторных работ и  
курсового проектирования для студентов  
специальности 1-50 01 01 «Производство текстильных материалов  
(технология и менеджмент)»

Витебск  
2021

УДК 677.024

Составители:

Д. И. Кветковский, Е. М. Лобацкая

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ», протокол № 4 от 28.12.2020.

**САПР тканей. Анализ структуры ткани по срезам** : методические указания по выполнению лабораторных работ и курсового проектирования / сост. Д. И. Кветковский, Е. М. Лобацкая. – Витебск : УО «ВГТУ», 2021. – 32 с.

В методических указаниях представлена методика подготовки, выполнения и анализа срезов тканей для определения ее параметров строения при выполнении теоретического проектирования ткани по заданным показателям свойств.

УДК 677.024

© УО «ВГТУ», 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СТРОЕНИЕ ТКАНИ.....	5
1.1 Диаметры нитей до и после ткачества .....	6
1.2 Высоты волн изгиба нитей в ткани .....	111
1.3 Расчетный диаметр нитей в ткани .....	14
1.4 Геометрическая плотность ткани .....	17
1.5 Технологическая плотность ткани и коэффициенты наполнения ...	20
2 МЕТОДИКА ПРИГОТОВЛЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА СРЕЗОВ ТКАНИ .....	23
2.1 Подготовка образца ткани.....	23
2.2 Получение фотографий срезов тканей.....	24
2.3 Построение геометрических моделей по фотографиям срезов тканей.....	26
2.4 Определение структурных параметров тканей .....	28
ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ .....	31

## ВВЕДЕНИЕ

Системы автоматизированного проектирования тканей занимают все более уверенные позиции в текстильном производстве. Их использование позволяет снизить загруженность инженерно-технического персонала рутинными расчетами и повысить его творческий потенциал.

Создание новых тканей – сложный и трудоемкий процесс, состоящий из множества этапов, от выбора сырья и разработки дизайна ткани до составления технической документации. Все это требует от дессинаторов и инженеров-технологов как профессиональных знаний в строении тканей по структурам и видам рисунков переплетений, их выражении при использовании различных видов сырья, так и современных направлений развития ассортимента [1].

В основе методов теоретического проектирования ткани по заданным параметрам их физико-механических, технологических и гигиенических свойств (по поверхностной плотности, величине разрывной нагрузки, по толщине ткани, воздухопроницаемости, стойкости к раздирающей нагрузке, пористости, объемному заполнению и т. д.), разработанных отечественными и зарубежными учеными, используется волновая теория строения ткани. Методика проектирования, составление проектного задания учитывает выбор параметров взаимозависимости структуры и свойств ткани – математические зависимости, определяющие изменения свойств тканей от их структурных характеристик.

Важным этапом проектирования тканей является разработка и изучение геометрических моделей тканей. Построение схемы взаимного расположения нитей производится по результатам анализа структуры ткани по срезам. Полученные данные позволяют более точно понять изменения, происходящие с нитями в процессе их подготовки к ткачеству и в самом ткачестве. Более точно определить параметры структуры проектируемой суровой ткани, и, как следствие, окончательных свойств готовой продукции.

Разработанные методические указания содержат описание всех этапов анализа структуры тканей: подготовку образца ткани, приготовление срезов, определение параметров волнового строения ткани. Приведены расчетные схемы рисунков для построения геометрических моделей разных переплетений нитей и формулы для выполнения расчетов по проектированию параметров строения ткани.

Использование компьютера со специализированной программой Score Photo для получения и обработки изображения, а также камера-окуляра для микроскопа ДСМ-200 дают возможность более точно и быстро определить фазовое строение ткани и параметрические зависимости структурных коэффициентов от вида сырьевого состава и переплетения нитей в ткани.

Данная методическая разработка может быть использована студентами при выполнении лабораторных работ и курсового проектирования по дисциплине «САПР тканей» и исследовательской части дипломной.

## 1 ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СТРОЕНИЕ ТКАНИ

Под строением ткани понимают взаимное расположение нитей основы и утка и связь этих нитей между собой в ткани.

Требуемые свойства ткани обеспечиваются взаимным изгибом и силами взаимодействия нитей в ткани, которые состоят главным образом из сил трения и сцепления между нитями, а также сил сцепления волокон в нитях. Величина необходимых сил трения между нитями обеспечивается за счет соответствующего нормального давления нитей основы и утка друг на друга, получаемого в период формирования ткани на ткацком станке.

Строение ткани – это многофакторная функциональная зависимость, определяемая целым рядом параметров. Все параметры строения определяются в зависимости от назначения разрабатываемой ткани, показателей её физико-механических и потребительских свойств.

К основным параметрам, определяющим строение ткани, относятся следующие:

1. Вид сырьевого состава и структура нитей, из которых вырабатывается ткань. Вид и строение исходных волокон определяют строение нити или пряжи, её объемную массу, форму и размеры поперечного сечения.

2. Линейная плотность основных и уточных нитей, выраженная в тексах, –  $T_o$  и  $T_y$ .

3. Форма и размеры поперечного сечения нитей основы и утка, из которых предполагается вырабатывать ткань, выражаемые через диаметры нитей и коэффициент отношения диаметров.

4. Плотность основных и уточных нитей в ткани и степень неуравновешенности ткани по плотности, определяемая коэффициентом отношения плотностей нитей.

5. Вид переплетения нитей в ткани и его параметрические характеристики (раппорт по основе  $R_o$ , раппорт по утку  $R_y$ , число пересечений утка основой  $t_o$  и число пересечений основы утком  $t_y$ ).

6. Порядковый номер фазы строения ткани, определяющий взаимное расположение нитей основы и утка, и их взаимный изгиб. Порядковый номер фазы строения характеризуется высотой волны и длиной полуволны изгиба нитей.

7. Показатели степени наполнения ткани волокнистым материалом, определяемые коэффициентом наполнения по основе, по утку и ткани в целом. Данные параметры комплексно оценивают влияние диаметра нитей, плотности ткани, переплетения нитей и их взаимного расположения в ткани на её структуру и свойства.

8. Технологические параметры выработки ткани на ткацком станке, определяющие расположение нитей в ткани и их уработку. Основными из них являются величина натяжения основы, утка и коэффициент соотношения натяжений.

9. Технологические параметры процесса отделки ткани.

Все перечисленные параметры в совокупности характеризуют строение ткани, определяют её физико-механические и потребительские свойства: прочность, удлинение, жесткость, драпируемость, гигроскопичность, теплозащитность и другие.

Рассмотрим более подробно основные параметры строения ткани в их взаимосвязи.

### 1.1 Диаметры нитей до и после ткачества

Размеры поперечного сечения текстильных нитей зависят от их вида и сырьевого состава, линейной плотности и крутки. Все теоретические расчеты по определению параметров строения тканей базируются на форме и размерах поперечного сечения нитей.

В текстильной технологии принято считать, что нити до ткачества представляют собой цилиндрическое тело с диаметром основания  $d_n$ , определяемого исходя из их объемной массы  $\delta$  и линейной плотности  $T$ .

Значение диаметра нити до ткачества (на паковке) определяется по формуле Ашенхёрста

$$d_n = 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\delta}} = 0,1 C \sqrt{0,1 T} = 0,0316 C \cdot \sqrt{T}. \quad (1.1)$$

Величина коэффициента  $C$  зависит от сырьевого состава, структуры и способа получения нити. Значение коэффициентов  $C$  для нитей основы и утка определяется по формуле

$$C = \frac{1,13}{\sqrt{\delta}}. \quad (1.2)$$

Если нити или пряжа получены из смеси, содержащей несколько видов волокнистых материалов, то значение коэффициента  $C$  необходимо корректировать в соответствии с объемной массой составляющих компонент согласно формуле:

$$C = \frac{1,13}{\sqrt{\sum_{i=1}^n n_i \cdot \delta_i}}, \quad (1.3)$$

где  $n_i$  – доля каждого составляющего компонента в нити;  $\delta_i$  – объемная масса волокна (нити) каждого вида, мг/мм<sup>3</sup>.

В таблице 1.1 приведены значения объемной массы и коэффициентов сырьевого состава для разных видов нитей.

Таблица 1.1 – Показатели сырьевого состава нитей

Пряжа и нити	Объемная масса волокна (нити) $\delta$ , мг/мм <sup>3</sup>	Коэффициент сырьевого состава волокна (нити) $C$
Хлопчатобумажная пряжа	- кардная	0,115
	- гребенная	0,828
Шерстяная пряжа	- камвольная	0,731
	- аппаратная	0,688
Льняная пряжа	- мокрого прядения	1,016
	- сухого прядения	0,855
Нити натурального шелка	- суровые	0,65
	- отваренные	0,802
	- креповые суровые	0,884
	- креповые отваренные	1,052
Пряжа	- из вискозного волокна	0,842
	- из полиэфирного волокна	0,777
	- из ПАН-волокна	0,582
	- из ПХВ-волокна	0,802
	- из ПВА-волокна	0,753
	- из ацетатного волокна	0,753
Полиамидные нити	- комплексные	0,566
	- текстурированные	0,485
Полиэфирные нити	- комплексные	0,777
	- текстурированные	0,582
	- креповые	1,052
Вискозные нити	- комплексные	1,052
	- креповые	1,273
Медно-аммиачные нити	- комплексные	1,052
	- креповые	1,273
Ацетатные комплексные нити		0,582
Стеклонити		

В процессе выработки ткани на ткацком станке под действием переменных по величине и направлению нагрузок и под действием давления друг на друга нити изгибаются, вытягиваются, плотность расположения волокон в них увеличивается. В результате размеры и форма поперечного сечения нитей изменяется [1].

Изучение взаимного расположения нитей в ткани методом срезов позволило установить, что в большинстве случаев форма поперечного сечения нитей в ткани близка к эллипсообразной с разным соотношением осей эллипса, которое зависит от вида сырья, структуры нитей и строения ткани. Некоторые нити: одиночная хлопчатобумажная, льняная, шерстяная аппаратная пряжа и монопнити имеют форму поперечного сечения, близкую к кругу.

На рисунке 1.1 приведены фотографии поперечного сечения тканей различного сырьевого состава.

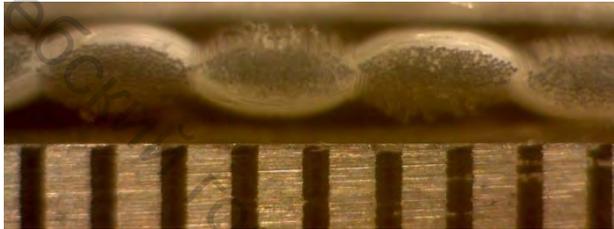


ПО ОСНОВЕ



ПО УТКУ

а



ПО ОСНОВЕ

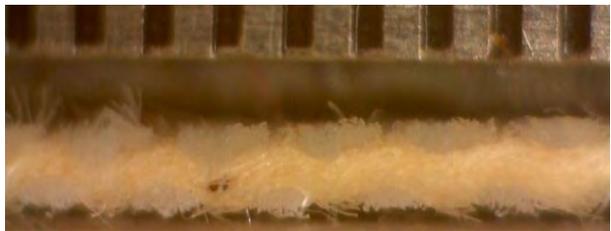


ПО УТКУ

б



ПО ОСНОВЕ



ПО УТКУ

в

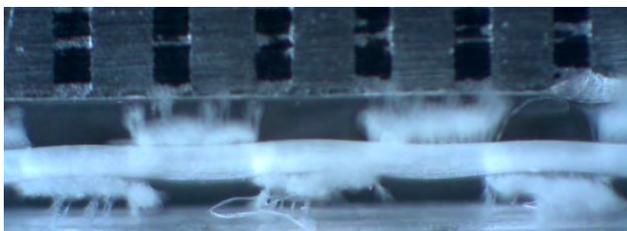


ПО ОСНОВЕ

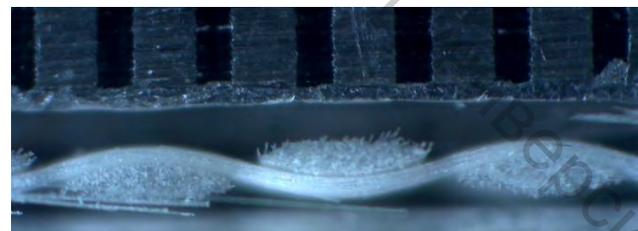


ПО УТКУ

г



ПО ОСНОВЕ



ПО УТКУ

д

Рисунок 1.1 – Срезы по основе и утку тканей различного сырьевого состава:  
а – льняной костюмной; б – полиамидной технической;  
в – смешанной для спецодежды (основа – ПЭ нить, уток – х/б пряжа);  
г – плащевой полиэфирной; д – электроизоляционной стеклоткани

Размеры и площадь поперечного сечения нитей в ткани ( $d$ ) меньше размеров и площади поперечного сечения нитей до ткачества ( $d_n$ ) на величину коэффициента  $\tau$ , который учитывает уплотнение волокнистой массы в нити, смятие нитей в результате их деформации в процессе формирования ткани на ткацком станке и после снятия со станка (следует из срезов на рисунке 1.1).

На рисунке 1.2 показаны наиболее часто встречающиеся виды формы поперечного сечения нитей: круг, эллипс, стадион.

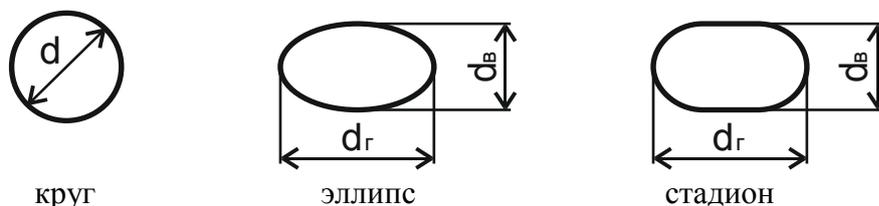


Рисунок 1.2 – Форма поперечного сечения нитей

Когда нити в ткани имеют форму поперечного сечения в виде круга, диаметр  $d$  определяют с учетом коэффициента смятия  $\tau$  по следующей формуле:

$$d = 0,1 \cdot C \cdot \tau \sqrt{0,1 \cdot T} = 0,0316 C \cdot \tau \sqrt{T} . \quad (1.4)$$

Величина коэффициента  $\tau$  может изменяться в пределах  $0,80 \div 0,98$ .

Так, например, для одиночной хлопчатобумажной пряжи значение коэффициента  $\tau$  будет меньше, чем для пряжи крученной в два сложения, а для пряжи большей линейной плотности – больше, чем для пряжи меньшей линейной плотности. Деформация однородной аппаратной шерстяной пряжи в ткани будет меньше, чем пряжи, содержащей в смеси химические волокна (значение коэффициента  $\tau$  больше для чистощерстяной пряжи). С увеличением процента вложения химических волокон деформация нитей увеличивается. В ткани квадратного строения (уравновешенной по плотности) нити деформируются больше (значение коэффициента  $\tau$  меньше), чем в ткани II–III, VII–VIII порядков фаз строения.

На деформацию нитей в ткани также влияют процессы подготовки к ткачеству и условия формирования ткани на ткацком станке. Так для большей части тканей в момент прибоя нити утка имеют большее натяжение, чем нити основы. Поэтому при определении диаметра нитей в ткани значение коэффициента  $\tau$  для нитей основы больше, чем для нитей утка, так как нити основы деформируются меньше, чем нити утка.

Если в процессе выработки ткани на ткацком станке форма поперечного сечения нитей изменяется с круглой на близкую к эллипсообразной форму, то необходимо определять большую и малую оси сечения эллипса и диаметры нити по горизонтали и вертикали.

Большой диаметр нити в ткани (по горизонтали –  $d_{o.z}$ ,  $d_{y.z}$ ) определяем по формуле

$$d_{o.z} = d_{o.n} \cdot \eta_{o.z} = 0,1 \cdot C_o \cdot \eta_{o.z} \cdot \sqrt{0,1 \cdot T_o}; \quad (1.5)$$

$$d_{y.z} = d_{y.n} \cdot \eta_{y.z} = 0,1 \cdot C_y \cdot \eta_{y.z} \cdot \sqrt{0,1 \cdot T_y}, \quad (1.6)$$

где  $\eta_{o.z}$ ,  $\eta_{y.z}$  – коэффициенты, учитывающие деформацию изменения формы поперечного сечения нитей основы и утка по горизонтали в процессе ткачества.

Меньший диаметр нити в ткани (по вертикали  $d_{o.в}$ ,  $d_{y.в}$ ) определяем по формуле

$$d_{o.в} = d_{o.n} \cdot \eta_{o.в} = 0,1 \cdot C_o \cdot \eta_{o.в} \cdot \sqrt{0,1 \cdot T_o}; \quad (1.7)$$

$$d_{y.в} = d_{y.n} \cdot \eta_{y.в} = 0,1 \cdot C_y \cdot \eta_{y.в} \cdot \sqrt{0,1 \cdot T_y}, \quad (1.8)$$

где  $\eta_{o.в}$ ,  $\eta_{y.в}$  – коэффициенты, учитывающие деформацию изменения формы поперечного сечения нитей основы и утка по вертикали в процессе ткачества.

Кроме этого, для нитей, имеющих в ткани форму поперечного сечения в виде эллипса, необходимо определить условный эквивалентный диаметр, значение которого находим из условия равенства площади поперечного сечения круга и эллипса.

Условный диаметр нити основы в ткани равен

$$d_o = \sqrt{d_{o.z} \cdot d_{o.в}} = d_{o.n} \cdot \sqrt{\eta_{o.z} \cdot \eta_{o.в}}, \quad (1.9)$$

диаметр нити утка в ткани равен

$$d_y = \sqrt{d_{y.z} \cdot d_{y.в}} = d_{y.n} \cdot \sqrt{\eta_{y.z} \cdot \eta_{y.в}}. \quad (1.10)$$

Из чего следует, что деформация нитей с формой поперечного сечения в виде эллипса, характеризуемая величиной  $\sqrt{\eta_z \cdot \eta_в}$ , аналогична деформации нитей с формой поперечного сечения круг:

$$\tau_o = \sqrt{\eta_{o.z} \cdot \eta_{o.в}}, \quad \tau_y = \sqrt{\eta_{y.z} \cdot \eta_{y.в}}. \quad (1.11)$$

Значения коэффициентов  $\eta$  для разных видов нитей изменяются в пределах:  $\eta_z = 1,1 - 2,0$ ;  $\eta_в = 0,95 - 0,5$ .

## 1.2 Высоты волн изгиба нитей в ткани

Согласно геометрической теории строения, разработанной профессором Н. Г. Новиковым, о порядках фаз строения, расположение нитей основы и утка в ткани относительно друг друга определяется их взаимным изгибом и характеризуется высотой волн изгиба нитей и длиной их полуволн.

Высотой волны изгиба ( $h$ ) называется расстояние по вертикали между центрами нитей основы или утка, лежащими на разных уровнях.

Н. Г. Новиков вывел основное геометрическое свойство однослойной ткани: сумма значений высот волн изгиба нитей основы и утка для каждого порядка фазы строения ткани есть величина постоянная и равная сумме диаметров нитей:

$$h_o + h_y = d_o + d_y = const. \quad (1.12)$$

Если высота волны изгиба одной системы нитей уменьшается, то настолько же увеличивается высота волны изгиба противоположной системы нитей.

Во взаимном расположении нитей в ткани выделяются два крайних положения:

1. Основные нити в ткани располагаются прямолинейно, а уточные нити изгибаются вокруг основных нитей. Высота волны изгиба основы ( $h_o$ ) равна нулю, высота волны изгиба утка ( $h_y$ ) максимальна.

2. Уточные нити в ткани располагаются прямолинейно, а основные нити изгибаются вокруг уточных нитей. Высота волны изгиба утка ( $h_y$ ) равна нулю, высота волны изгиба основы ( $h_o$ ) максимальна.

Между этими двумя крайними положениями может быть большое множество промежуточных положений, в которых изгибы нитей основы и утка находятся в различных соотношениях. Характеризуя взаимное расположение нитей основы и утка в зависимости от высот волн их изгиба, проф. Н. Г. Новиков выделил девять основных порядков фаз строения ткани и обозначил их римскими цифрами (I, II, ..., IX).

Схематическое расположение нитей для девяти порядков фаз строения ткани полотняного переплетения приведено на рисунке 1.3.

Основное положение волновой теории строения ткани в обобщенном виде для любого однослойного переплетения с учетом неуравновешенности ткани по линейной плотности нитей основы и утка имеет вид:

$$h_o + h_y = d_o + d_y = 2d_p = d_p \cdot K_{h_o} + d_p \cdot K_{h_y}, \quad (1.13)$$

где  $d_p$  – расчетный диаметр нитей в ткани, определяющий высоту волн изгиба нитей,

$$d_p = \frac{d_o + d_y}{2}; \quad (1.14)$$

$K_{ho}, K_{hy}$  – коэффициенты, определяющие высоту волны изгиба основы и утка в зависимости от порядка фазы строения,  $K_{ho} + K_{hy} = 2$ .

Следовательно, при изменении строения ткани на один порядок, значение коэффициентов  $K_{ho}$  и  $K_{hy}$  меняется на 0,25, а высота волны изгиба изменяется на 0,25  $d_p$ .

Высоты волн изгиба в зависимости от порядкового номера фазы строения определяются по формулам

$$h_o = K_{ho} d_p, \quad h_y = K_{hy} d_p. \quad (1.15)$$

Коэффициенты, определяющие высоты волн изгиба нитей в ткани, характеризуют порядок фазы строения. Для определения порядка фазы строения используются следующие зависимости:

$$\Phi = 4Kh_o + 1, \quad \Phi = 9 - Kh_y, \quad \Phi = \frac{9Kh + 1}{Kh + 1}, \quad Kh = \frac{Kh_o}{Kh_y}. \quad (1.16)$$

Эти же формулы позволяют выразить коэффициенты  $K_{ho}$  и  $K_{hy}$  через числовые значения порядка фазы строения.

$$Kh_o = \frac{\Phi - 1}{4}, \quad Kh_y = \frac{9 - \Phi}{4}, \quad Kh = \frac{\Phi - 1}{9 - \Phi}. \quad (1.17)$$

Значения высот волн изгиба и коэффициентов отношения высот волн для девяти порядков фазы строения приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Характеристики порядков фаз строения ткани

Коэффици- циенты	Порядок фазы строения								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
$K_{ho}$	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2,0
$K_{hy}$	2,0	1,75	1,5	1,25	1	0,75	0,5	0,25	0

На рисунке 1.4 приведены схемы расположения нитей основы и утка в ткани при неравных значениях их диаметров (когда диаметр нитей основы в 2 раза больше диаметра нитей утка, т. е.  $d_o = 4r, d_y = 2r$ ). В таблице 1.3 – характеристики девяти основных порядков фаз строения и дополнительного нулевого порядка, при котором на поверхности ткани в равной степени выступают ос-

новные и уточные нити. V порядок не соответствует нулевому.

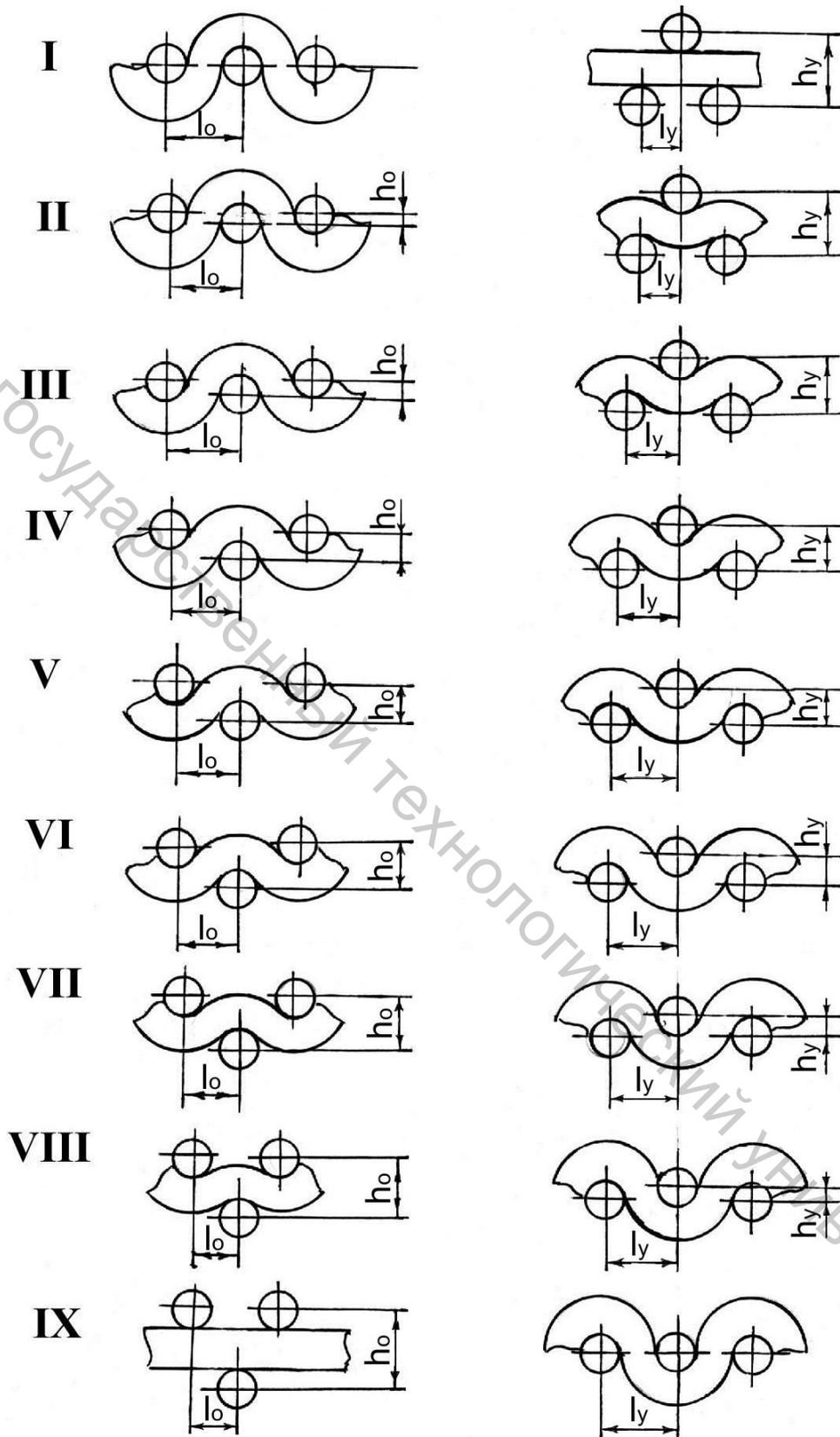


Рисунок 1.3 – Расположение нитей полотняного переплетения для девяти порядков фаз строения

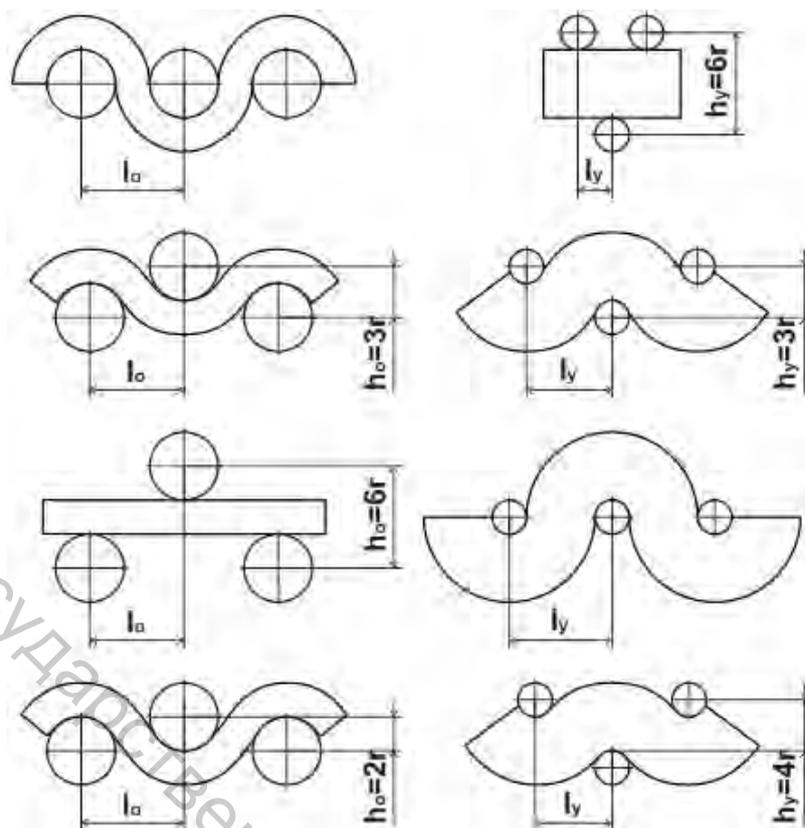


Рисунок 1.4 – Изменение в расположении нитей при неравных значениях диаметра,  $d_o = 2d_y$

И для таких тканей взаимное расположение нитей для I и IX порядков фаз строения аналогично рассмотренному выше взаимному расположению, т. е. для I порядка основа располагается прямолинейно, а для IX – уток располагается прямолинейно. Для остальных порядков фазы строения сдвиг высот волн изгиба в вертикальной плоскости составляет

$$\frac{d_o + d_y}{8} = \frac{4r + 2r}{8} = 0,75r. \quad (1.18)$$

Таблица 1.3 – Данные к расчету высот волн изгиба при  $d_o = 2d_y$

Высота волны изгиба	Порядок фазы строения									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	0
$h_o$	0	$0,75r$	$1,5r$	$2,25r$	$3,0r$	$3,75r$	$4,5r$	$5,25r$	$6,0r$	$2,0r$
$h_y$	$6r$	$5,25r$	$4,5r$	$3,75r$	$3,0r$	$2,25r$	$1,5r$	$0,75r$	0	$4,0r$

### 1.3 Расчетный диаметр нитей в ткани

Величина расчетного диаметра зависит от деформации нитей основы и утка в ткани, а также характера расположения нитей в перекрытиях, определяемого свойствами и переплетением нитей, а также порядком фазы строения.

Ниже приведены геометрические модели строения тканей с учетом чередования перекрытий и формы поперечного сечения нитей.

На рисунке 1.5 приведены геометрические модели для тканей, в которых нити основы и утка имеют форму поперечного сечения в виде круга – для полотняного переплетения (чередование перекрытий 1:1) и переплетения уточной саржи 1/2 (чередование перекрытий 1:2) с указанием основных параметров строения.

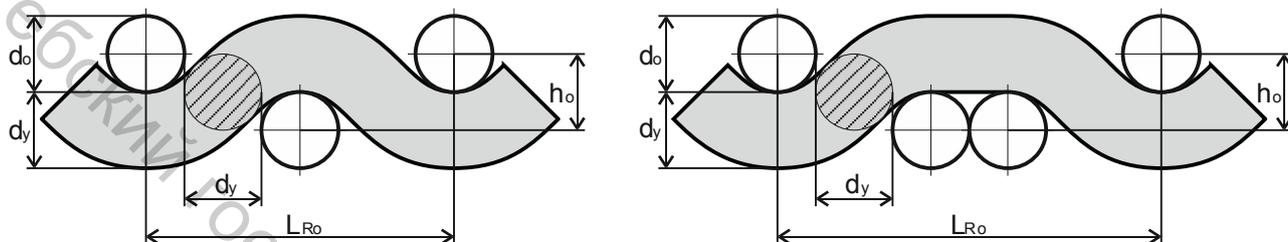


Рисунок 1.5 – Геометрическая модель строения ткани (сечение круг) полотняного переплетения и саржа 1/2

Для тканей, в которых нити имеют форму поперечного сечения в виде круга, расчетный диаметр равен

$$d_p = \frac{(d_o + d_y)}{2} = \frac{0,1 \cdot C_o \cdot \sqrt{0,1 \cdot T_o} \cdot \tau_o + 0,1 \cdot C_y \cdot \sqrt{0,1 \cdot T_y} \cdot \tau_y}{2} \quad (1.19)$$

Для тканей, нити в которых имеют форму поперечного сечения в виде эллипса, расчет диаметра зависит от порядка фазы строения ткани и вида переплетения. Если ткань имеет строение, близкое к квадратному, то есть имеет IV–V и V–VI порядки фазы строения, значение расчетного диаметра определяют по геометрическим моделям ткани.

Ниже приведены характерные варианты расположения сечений нитей в геометрических моделях строения (поперечным срезам) тканей и аналитические формулы для определения значений расчетного диаметра в зависимости от вида переплетения и чередования в нем перекрытий.

Для полотняного переплетения и элементов с чередованием перекрытий 1:1 (рис. 1.6).

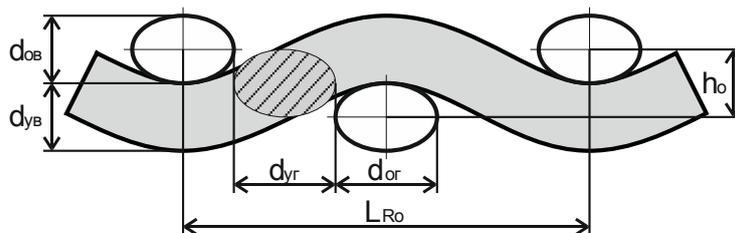


Рисунок 1.6 – Геометрическая модель строения ткани (сечение эллипс) полотняного переплетения

Для тканей с чередованием перекрытий 1:1, имеющих в процессе ткачества форму поперечного сечения в виде эллипса, расчетный диаметр равен

$$d_p = \frac{(d_{o.в} + d_{y.в})}{2} = \frac{0,1 \cdot C_o \cdot \sqrt{0,1 \cdot T_o \cdot \eta_{o.в}} + 0,1 \cdot C_y \cdot \sqrt{0,1 \cdot T_y \cdot \eta_{y.в}}}{2}. \quad (1.20)$$

Для переплетения саржа 2/2 и элементов с чередованием перекрытий 2:2 (рис. 1.7)

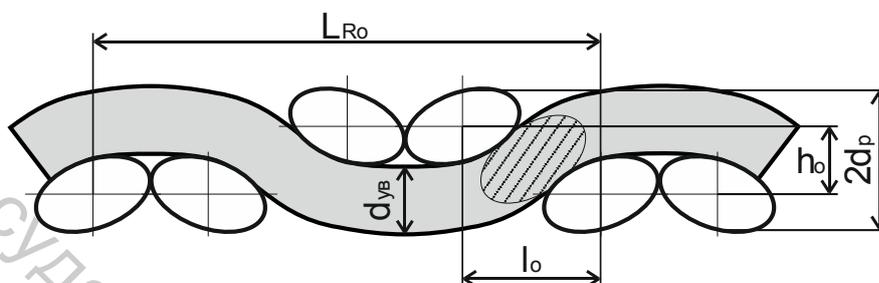


Рисунок 1.7 – Геометрическая модель строения ткани переплетения саржа 2/2

Для тканей с чередованием перекрытий 2:2, имеющих в процессе ткачества форму поперечного сечения в виде эллипса, расчетный диаметр равен

$$d_p = \frac{(d_o + d_y)}{2} = \frac{\sqrt{d_{o.2} \cdot d_{o.в}} + \sqrt{d_{y.2} \cdot d_{y.в}}}{2} = \frac{0,1 \cdot C_o \cdot \sqrt{0,1 \cdot T_o \cdot \eta_{o.2} \cdot \eta_{o.в}} + 0,1 \cdot C_y \cdot \sqrt{0,1 \cdot T_y \cdot \eta_{y.2} \cdot \eta_{y.в}}}{2}. \quad (1.21)$$

Для переплетения саржа 2/1 (саржа 1/2) и элементов с чередованием перекрытий 2:1 (рис. 1.8)

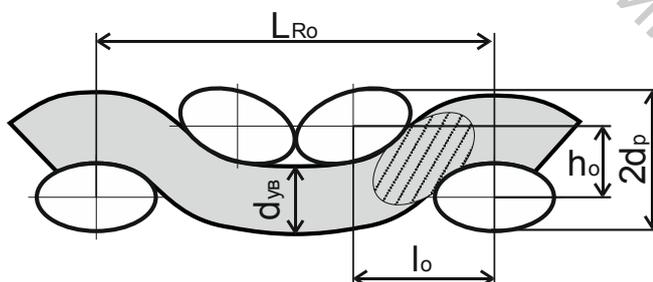


Рисунок 1.8 – Геометрическая модель строения ткани переплетения саржа 2/1

Для тканей с чередованием перекрытий 2:1, имеющих в процессе ткачества форму поперечного сечения в виде эллипса, расчетный диаметр равен

$$d_p = \frac{d_o}{4} + \frac{d_{o.б}}{4} + \frac{d_y}{2} = \frac{\sqrt{d_{o.з} \cdot d_{o.б}}}{4} + \frac{d_{o.б}}{4} + \frac{\sqrt{d_{y.з} \cdot d_{y.б}}}{2} =$$

$$= \frac{0,1 \cdot C_o \cdot \sqrt{0,1 \cdot T_o} \cdot (\sqrt{\eta_{o.з} \cdot \eta_{o.б}} + \eta_{o.б})}{4} + \frac{0,1 \cdot C_y \cdot \sqrt{0,1 \cdot T_y} \cdot \eta_{y.з} \cdot \eta_{y.б}}{2}. \quad (1.22)$$

Для тканей, не уравновешенных по плотности, имеющих порядок фазы строения между VII–IX, геометрическая модель показана на рисунке 1.9. Расчетный диаметр нитей для этих тканей определяем по формуле (1.1). Такое строение характерно для плащевых тканей.

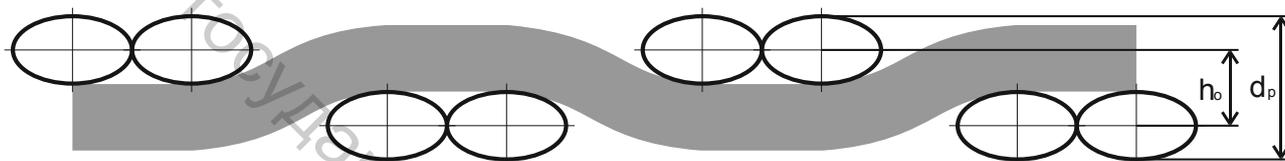


Рисунок 1.9 – Геометрическая модель строения ткани переплетения саржа 2/2, не уравновешенной по плотности и с максимальным уплотнением по основе

#### 1.4 Геометрическая плотность ткани

Расстояние по горизонтали между центрами двух соседних нитей ( $l_o, l_y$ ) в ткани полотняного переплетения Н. Г. Новиков назвал геометрической плотностью ткани. Геометрическая плотность по определению идентична длине полу-волны изгиба нити противоположной системы и является для ткани полотняного переплетения величиной, обратной её технологической плотности ( $P_o, P_y$ )

$$l_o = \frac{100}{P_o}, \quad l_y = \frac{100}{P_y}. \quad (1.23)$$

Как видно из схем, приведенных на рисунке 1.3, с изменением порядка фазы строения ткани от I до IX, при максимальном уплотнении нитей, геометрическая плотность по основе ( $l_o$ ) уменьшается, а геометрическая плотность по утку ( $l_y$ ) увеличивается.

Геометрической плотностью ткани по основе  $l_o$  (мм) называют минимальное расстояние по горизонтали между центрами двух соседних основных нитей в местах пересечения их утком при максимальном уплотнении ткани по основе в данном порядке фазы строения.

Геометрической плотностью ткани по утку  $l_y$  (мм) называют минимальное расстояние по горизонтали между центрами двух соседних уточных нитей в местах пересечения их основой при максимальном уплотнении ткани по утку в данном порядке фазы строения.

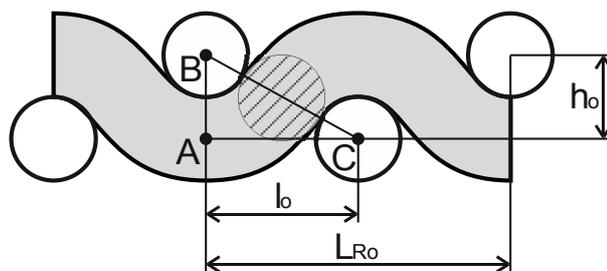


Рисунок 1.10 – Геометрическая модель строения ткани при максимальном уплотнении по основе

Для тканей, в которых нити имеют форму поперечного сечения в виде круга (рис. 1.10), геометрическая плотность по основе, определяемая из треугольника ABC, равна:

$$l_o = AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = \sqrt{(d_o + d_y)^2 - h_o^2}; \quad (1.24)$$

$$d_o + d_y = 2d_p; \quad h_o = K_{h_o} d_p; \quad l_o = d_p \sqrt{4 - K_{h_o}^2}.$$

Аналогично, по геометрической модели строения ткани, построенной для нитей утка, геометрическая плотность по утку (из треугольника ABC) равна:

$$l_y = d_p \sqrt{4 - K_{h_y}^2}. \quad (1.25)$$

Если нити в ткани имеют форму поперечного сечения в виде эллипса, то геометрическая плотность зависит от взаимного расположения нитей основы и утка в ткани. Ниже приводится методика определения геометрической плотности для трех случаев возможного расположения нитей в перекрытиях.

На рисунке 1.11 приведена геометрическая модель строения тканей для полотняного переплетения и элементов переплетений с чередованием перекрытий 1:1 при максимальном уплотнении по основе (сечение нитей – эллипс).

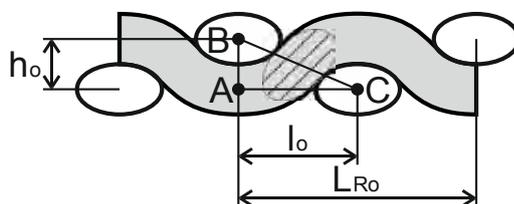


Рисунок 1.11 – Геометрическая модель строения ткани полотняного переплетения при максимальном уплотнении по основе

Геометрическая плотность по основе для полотняного переплетения, определяемая из треугольника ABC, равна:

$$l_o = AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = \sqrt{(d_o + d_{y,в})^2 - h_o^2}. \quad (1.26)$$

Аналогично, по геометрической модели строения ткани, построенной для нитей утка, геометрическая плотность по утку (из треугольника ABC) равна:

$$l_y = \sqrt{(d_y + d_{o.с})^2 - h_y^2} . \quad (1.27)$$

На рисунке 1.12 приведена геометрическая модель строения тканей для переплетения саржа 1/2 и элементов переплетений с чередованием перекрытий 1:2 при максимальном уплотнении по основе (сечение нитей – эллипс).

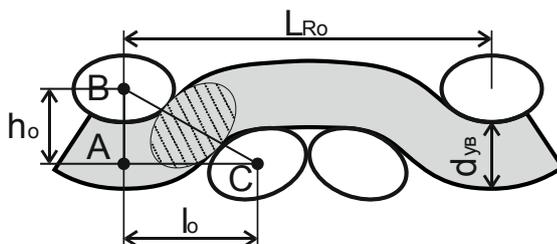


Рисунок 1.12 – Геометрическая модель строения ткани переплетения саржа 1/2 при максимальном уплотнении по основе

Геометрическая плотность по основе для переплетения саржа 1/2, определяемая из треугольника ABC, равна:

$$l_o = AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = \sqrt{\left(\frac{d_o + d_{o.с}}{2} + d_{y.с}\right)^2 - h_o^2} . \quad (1.28)$$

Аналогично, по геометрической модели строения ткани, построенной для нитей утка, геометрическая плотность по утку (из треугольника ABC) равна:

$$l_y = \sqrt{\left(\frac{d_y + d_{y.с}}{2} + d_{o.с}\right)^2 - h_y^2} . \quad (1.29)$$

На рисунке 1.13 приведена геометрическая модель строения тканей для переплетения саржа 2/2 и элементов переплетений с чередованием перекрытий 1:2 при максимальном уплотнении по основе (сечение нитей – эллипс).

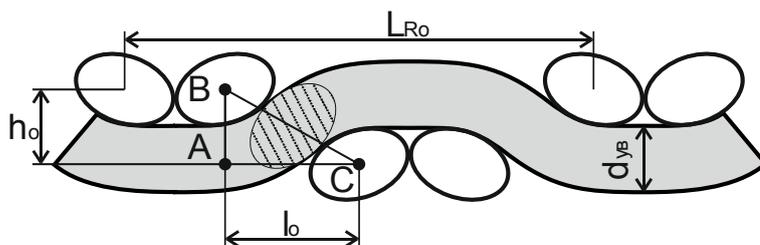


Рисунок 1.13 – Геометрическая модель строения ткани переплетения саржа 2/2 при максимальном уплотнении по основе

Геометрическая плотность по основе для переплетения саржа 2/2, определяемая из треугольника ABC, равна:

$$l_o = AC = \sqrt{BC^2 - AB^2} = \sqrt{(d_{o.g} + d_{y.g})^2 - h_o^2}. \quad (1.30)$$

Аналогично, по геометрической модели строения ткани, построенной для нитей утка, геометрическая плотность по утку (из треугольника ABC) равна:

$$l_y = \sqrt{(d_{y.g} + d_{o.g})^2 - h_y^2}. \quad (1.31)$$

При анализе сложных переплетений построенные геометрические модели следует анализировать, разбивая на участки, с учетом характерных элементов с чередованием перекрытий.

### 1.5 Технологическая плотность ткани и коэффициенты наполнения

Качественные показатели ткани, связность ее структуры, сырьевые затраты на изготовление в значимой степени определяет технологическая плотность.

Технологической плотностью ткани называют число основных или уточных нитей, располагаемых в единице длины, принятой в ткацком производстве, равной 10 см.

Технологическая плотность ткани определяется по максимальной плотности с учетом коэффициентов наполнения ткани волокнистым материалом по основе  $K_{н.о}$  и по утку  $K_{н.у}$ :

$$P_o = P_{o.max} \cdot K_{н.о}, \quad P_y = P_{y.max} \cdot K_{н.у}. \quad (1.32)$$

Количество нитей, располагающихся в единице длины ткани, зависит от их структуры, сырьевого состава и линейной плотности, деформации в процессе ткачества, вида переплетения (очередности расположения перекрытий), фазы строения. Влияние всех перечисленных параметров выражается в геометрической плотности ( $l_o, l_y$ ) и длине раппортов ( $L_{Ro}, L_{Ry}$ ).

$$P_{o.max} = \frac{100 R_o}{L_{Ro}}, \quad P_{y.max} = \frac{100 R_y}{L_{Ry}}. \quad (1.33)$$

Как показано на рисунках 1.11–1.13, на длину раппорта существенно влияет форма поперечного сечения нитей (круг, эллипс) и переплетения ткани.

Максимальную плотность ткани определяют по геометрическим моделям строения для заданного переплетения ткани, заданной фазы строения макси-

мально уплотненных тканей.

На рисунке 1.14 приведена геометрическая модель строения ткани переплетением саржа 3/1 с формой поперечного сечения нитей в виде круга.

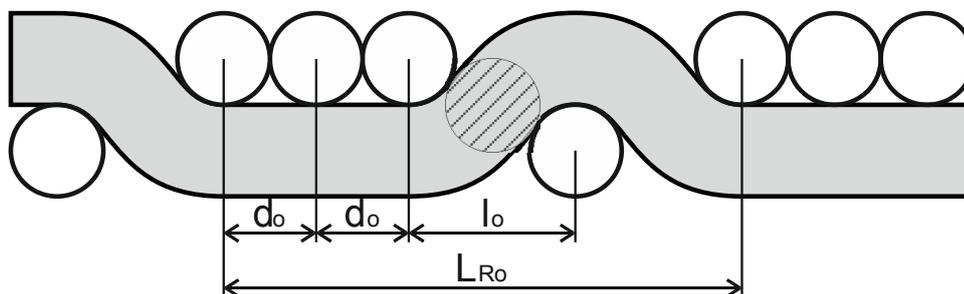


Рисунок 1.14 – Геометрическая модель ткани саржа 3/1 при максимальном уплотнении по основе

Максимальная плотность ткани по основе и утку:

$$P_{o.max} = \frac{100 \cdot R_o}{l_o t_y + d_o (R_o - t_y)} \quad (1.34)$$

$$P_{y.max} = \frac{100 \cdot R_y}{l_y t_o + d_y (R_y - t_o)} \quad (1.35)$$

где  $R_o, R_y$  – раппорт нитей в ткани по основе и по утку,  $t_o, t_y$  – число пересечений нитей основы нитями утка, число пересечений нитей утка нитями основы в пределах раппорта переплетения.

На рисунке 1.15 приведены геометрические модели строения ткани переплетением сложная саржа 1/3 2/1 с формой поперечного сечения нитей в виде эллипса.

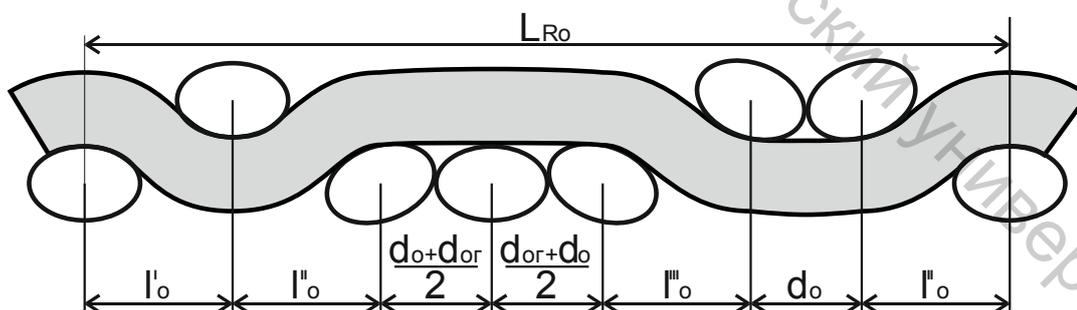


Рисунок 1.15 – Геометрическая модель строения сложного саржевого переплетения, имеющего максимальную плотность по основе

Длину раппорта в максимально уплотненной ткани определяют в каждом конкретном случае в соответствии с заданным переплетением и фактическим положением нитей основы и утка.

Для ткани, геометрическая модель которой представлена на рисунке 1.15, длина раппорта по основе равна:

$$L_{Ro} = l'_o \cdot t'_y + l''_o \cdot t''_y + l'''_o \cdot t'''_y + d_{o.z} + 2d_o. \quad (1.36)$$

Максимальная плотность ткани по основе:

$$P_{o.max} = \frac{100 \cdot R_o}{L_{Ro}} = \frac{100 \cdot R_o}{l'_o \cdot t'_y + l''_o \cdot t''_y + l'''_o \cdot t'''_y + d_{o.z} + 2d_o}. \quad (1.37)$$

Максимальная плотность ткани по утку (определяется по аналогичной геометрической модели для нитей утка).

Длина раппорта по утку равна:

$$L_{Ry} = l'_y \cdot t'_o + l''_y \cdot t''_o + l'''_y \cdot t'''_o + d_{y.z} + 2d_y. \quad (1.38)$$

Максимальная плотность ткани по утку:

$$P_{y.max} = \frac{100 \cdot R_y}{L_{Ry}} = \frac{100 \cdot R_y}{l'_y \cdot t'_o + l''_y \cdot t''_o + l'''_y \cdot t'''_o + d_{y.z} + 2d_y}. \quad (1.39)$$

Геометрические плотности  $l'_o, l''_o, l'''_o, l'_y, l''_y, l'''_y$  определяются с учетом значений соответствующих расчетных диаметров, определение которых подробно показано в разделе 1.2.

В большинстве случаев исследователь имеет дело с конкретной тканью, и поэтому целью исследования параметров строения ткани является определение комплексного показателя строения ткани – коэффициента наполнения ее волокнистым материалом по основе  $K_{н.о}$  и по утку  $K_{н.у}$ . Значения данных коэффициентов определяются по формулам:

$$K_{н.о} = \frac{P_o}{P_{o.max}}; \quad K_{н.у} = \frac{P_y}{P_{y.max}}. \quad (1.40)$$

Точно определить форму поперечного сечения нитей в ткани и другие параметры ее строения позволяет исследование срезов ткани.

## 2 МЕТОДИКА ПРИГОТОВЛЕНИЯ, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА СРЕЗОВ ТКАНИ

Анализ срезов является одним из методов изучения взаимного расположения нитей в ткани. Он включает: подготовку образца ткани; приготовление срезов; определение параметров волнового строения ткани.

Методика приготовления срезов разработана кафедрой ткачества Московского государственного текстильного университета им. А.Н. Косыгина.

### 2.1 Подготовка образца ткани

Образец ткани размером 10×10 см (или 5×5 см) проклеивают медицинским клеем марки БФ6 или другим составом (например, лак для волос), который не изменяет оптические свойства исследуемого материала. Клей наносят на поверхность ткани и равномерно распределяют до тех пор, пока ткань не будет им полностью пропитана. Избытки клея удаляют с поверхности ткани. Пропитанный клеем образец подвешивают для высушивания на 1–2 часа, а затем выдерживают сутки под небольшим прессом, предотвращающим коробление проклеенной поверхности. Если образец не достаточно затвердел, то пропитку образца клеем и высушивание повторяют. Приготовленный образец используют для получения срезов.

При выполнении срезов образец должен располагаться в горизонтальной плоскости на горизонтальной поверхности. Из него с помощью лезвияготавливаются срезы ткани строго точно вдоль нитей основы и утка в пределах не менее одного раппорта по направлению основы и утка.

Для приготовления срезов необходимо иметь остро заточенное лезвие (для тонких одно- и двухслойных тканей). Для толстых и многослойных тканей специального назначения используют специальный остро заточенный нож. Также для выполнения срезов можно использовать острые ножницы, однако при использовании ножниц срез ткани может получиться смятым. Необходимо учитывать, что одной стороной лезвия можно сделать не более 2 срезов.

Для правильного расположения образца среза ткани в зажиме его размер должен быть примерно 10×40 мм (рис. 2.1), как по основе, так и по утку.

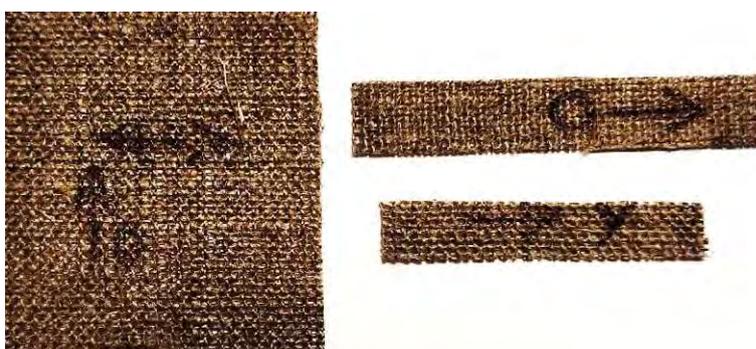


Рисунок 2.1 – Срезы ткани по основе и утку

## 2.2 Получение фотографий срезов тканей

Для получения фотографии срезов используется оптический микроскоп, цифровая камера-окуляр для микроскопа DCM-200 (либо любая другая), а также ноутбук или компьютер с установленной программой для получения и обработки изображений Scope Photo.

Камера-окуляр для микроскопа DCM-200 при помощи программного обеспечения Scope Photo показывает живое видео на экране компьютера. Позволяет сохранять изображение, полученное с помощью микроскопа. Захваченное изображение может быть сохранено в различных форматах (jpg, png, tiff, gif и пр.). Имеется мощная измерительная функция с возможностью измерения длины, углов и площади изображения. Программа позволяет редактировать изображение на компьютере, полученное с помощью микроскопа.

Камера-окуляр имеет сенсор матрицы 1/3" CMOS, максимальное разрешение 1600×1200, 2 мегапикселя. Скорость видеосъемки – 15 кадр/с (1600×1200), 30 кадр/с (640×480) в форматах AVI, MPEG4 и др. Камера подключается кабелем USB. Посадочный диаметр камеры 23,2 мм. Также имеются 2 адаптера-переходника для стереомикроскопов диаметром 23,2–30 мм и 23,2–30,5 мм [5].

Для подключения насадки кабелем соединяют камеру-окуляр с USB 2.0 портом ноутбука или компьютера. Саму камеру вставляют в окулярную трубку микроскопа (рис. 2.2).

Залитый клеем срез ткани помещают в специальный зажим в вертикальном положении между стенкой зажима и прижимной планкой. При подготовке среза на зажим была наклеена металлическая линейка с ценой деления 0,5 мм либо миллиметровка (рис. 2.3). Срез ткани должен находиться на одном горизонтальном уровне с линейкой.

Зажим с приготовленным срезом помещают на предметный столик в поле зрения микроскопа под объектив (рис. 2.4). Вращая револьверное устройство микроскопа, устанавливают объектив с наименьшей степенью увеличения (от 5× до 10×).



Рисунок 2.2 – Подключение камеры к микроскопу и ноутбуку



Рисунок 2.3 – Фиксация среза ткани в зажиме



Рисунок 2.4 – Расположение зажима на предметном столике

Запускают программу Score Photo. После подключения камеры она отобразится в меню. Выбираем установленную камеру и нажимаем на нее для начала просмотра в режиме Live View (📷). Для подключения камеры через интерфейс Twain нажимают кнопку Select device (SD) и выбирают модель камеры.

Для захвата изображения с камеры нажмите кнопку интерфейса Twain: Acquire (TC). В открывшемся окне программы в онлайн-режиме появится изображение с камеры. Вращая винты грубой и тонкой настройки микроскопа, добиваются резкости и четкости изображения. Сдвигая зажим со срезом на предметном столике, выбирают оптимальный вариант среза ткани.

Для захвата изображения с камеры нажимают на кнопку Twain: Capture (Capture). Откроется окно предпросмотра сделанного изображения через интерфейс DirectShow. Полученные изображения срезов сохраняют (File → Save Image as) на носитель информации.

Фотографии срезов выполняют как по основе, так и по утку. Лучшие из сделанных отбираются для дальнейшей работы по построению геометрических моделей.

Для получения фотографии срезов также можно использовать фотоаппарат или мобильный телефон с функцией макросъемки.

Программа Score Photo имеет функции обработки сделанных изображений, а также возможность определения реальных размеров объекта (после калибровки). Результаты измерений экспортируются в Excel и HTML [6]. Однако в Score Photo отсутствует функция экспорта изображений и построения геометрических моделей. Поэтому дальнейшая обработка фотографий срезов и определение параметров строения тканей будет производиться в графическом редакторе.

### 2.3 Построение геометрических моделей по фотографиям срезов тканей

Построение геометрических моделей показано на примере льняной ткани технического назначения. Техническая ткань имеет в структуре пряжу одинаковой линейной плотности в основе и утке 83 текс класса ОЛ и выработывается полотняным переплетением в неотделанном (суровом) виде. На рисунке ниже приведены фотографии срезов льняной ткани вдоль основы (рис. 2.5 а) и утка (рис. 2.5 б), сделанные по методике, приведенной в подразделе 2.2.

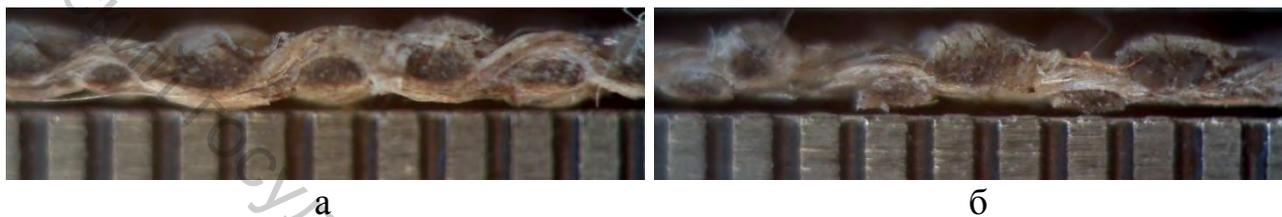


Рисунок 2.5 – Фотографии срезов льняной ткани:  
а – вдоль основы; б – вдоль утка

Для построения геометрических моделей используется программа Corel DRAW. После запуска программы открывают новое окно формата расширения «.cdr» и сохраняют окно. В окне рисуют 10–15 вертикальных линий длиной 15 мм и толщиной 1,8 мм с горизонтальным шагом 5 мм. Шаг зависит от цены деления линейки. В нашем случае на металлической линейке шаг 0,5 мм, поэтому шаг вертикальных линий в документе 5 мм.

Фотографии срезов по основе и утку вставляют в открытое окно программы Corel Draw и размещают его за нарисованными линиями (Объект → Порядок → На задний план слоя или Shift + PgDn). Уменьшаем масштаб изображения срезов ткани до тех пор (обычно это 8,5 % от реального размера), пока расстояние между рисками линейки (0,5 мм) на изображении среза будет равно расстоянию между нарисованными вертикальными линиями (рис. 2.6).

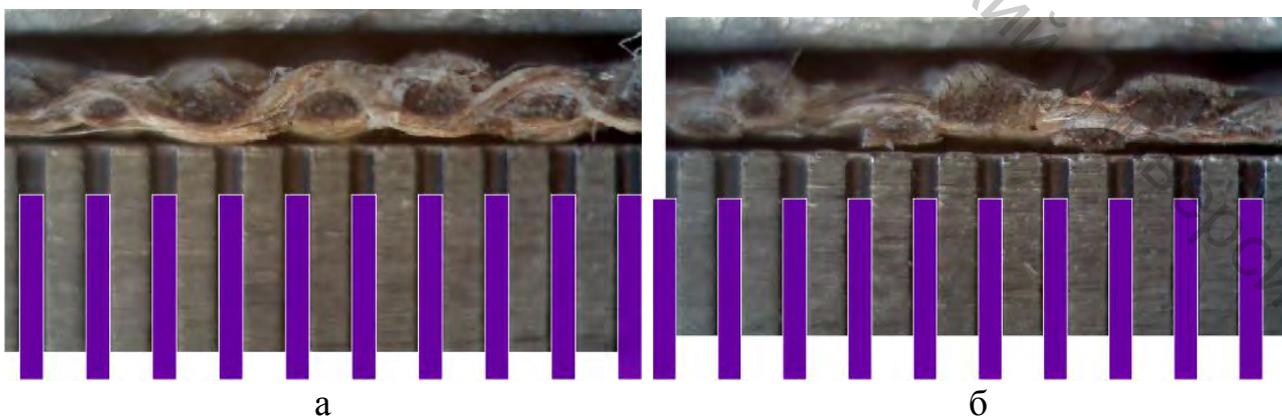


Рисунок 2.6 – Фотографии срезов льняной ткани в масштабе 10:1:  
а – вдоль основы; б – вдоль утка

После этой процедуры размеры всех геометрических объектов в документе Corel Draw будут равны их действительным размерам, умноженные на масштабный коэффициент 10. То есть размеры объектов в документе Corel Draw в десять раз больше реальных размеров нитей. Погрешностью шага нанесения разметки на линейке пренебрегаем.

Далее в программе Corel Draw на фотографии срезов при помощи стандартных инструментов рисования накладываем геометрические фигуры, повторяющие сечения нитей основы и утка на срезах и все их изгибы (рис. 2.7).

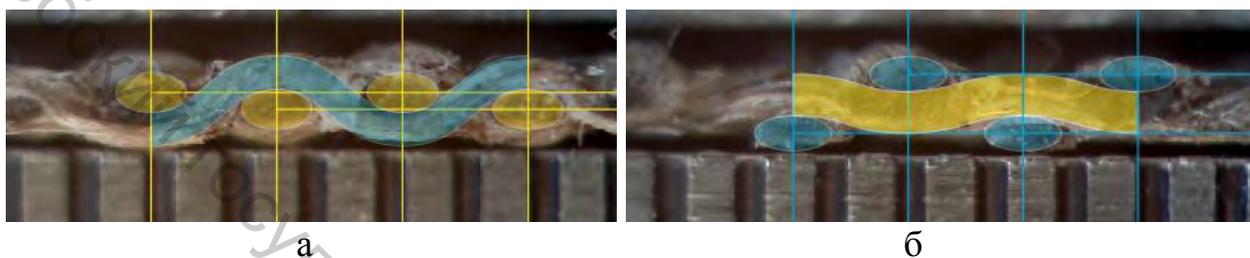


Рисунок 2.7 – Фотографии срезов с наложением фигур нитей  
а – вдоль основы; б – вдоль утка

На следующем этапе удаляем фотографии срезов тканей по основе и утку. Получаем геометрические модели ткани по утку (вдоль нитей основы) и по основе (вдоль нитей утка). На фактических геометрических моделях ткани по основе и утку, приведенных на рисунке 2.8, отмечаем следующие параметры:

$L_{Ro.ф}$  – длина раппорта переплетения по основе, мм;

$L_{Ry.ф}$  – длина раппорта переплетения по утку, мм;

$l_{o.ф}$  – расстояние между нитями основы в местах их пересечения утком (геометрическая плотность по основе), мм;

$l_{y.ф}$  – расстояние между нитями утка в местах их пересечения основой (геометрическая плотность по утку), мм;

$h_o$  – высота волны изгиба нитей основы, мм;

$h_y$  – высота волны изгиба нитей утка, мм;

$d_{o.z}$  – диаметр основы по горизонтали, мм;

$d_{o.e}$  – диаметр основы по вертикали, мм;

$d_{y.z}$  – диаметр утка по горизонтали, мм;

$d_{y.e}$  – диаметр утка по вертикали, мм.

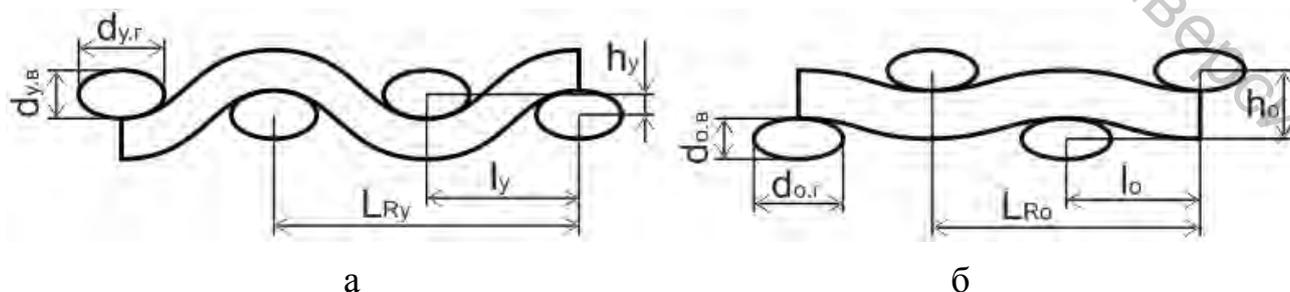


Рисунок 2.8 – Геометрические модели ткани:  
а – вдоль основы; б – вдоль утка

## 2.4 Определение структурных параметров тканей

Построенные по срезам геометрические модели тканей соответствуют моделям на рисунке 1.11 и позволяют измерить указанные выше параметры строения исследуемой ткани.

Для этого при помощи инструмента выбора () выделяем необходимый геометрический объект в программе Corel Draw. В окне «Размеры объекта» отражается его размер в программе Corel Draw. Разделив данные значения на 10 (масштабный коэффициент), мы получаем действительные размеры объекта.

Для исследуемой льняной ткани получены следующие значения параметров: форма поперечного сечения нитей в ткани – эллипс;  $d_{o.z} = 0,48$  мм;  $d_{o.в} = 0,22$  мм;  $d_{y.z} = 0,46$  мм;  $d_{y.в} = 0,26$  мм;  $h_o = 0,37$  мм;  $h_y = 0,11$ , мм;  $l_{o.ф} = 0,72$  мм;  $l_{y.ф} = 0,82$  мм;  $L_{Ro.ф} = 1,44$  мм;  $L_{Ry.ф} = 1,64$  мм.

Зная линейную плотность нитей до ткачества и приняв коэффициент сырьевого состава для льняной пряжи равным  $C = 1,12$ , по формуле (1.1) определяем диаметры нитей основы  $d_{o.n}$  и утка  $d_{y.n}$  до ткачества.

$$d_{o.n} = d_{y.n} = 0,0316 \cdot 1,22 \cdot \sqrt{83} = 0,3224 \text{ мм.}$$

Коэффициент соотношения диаметров нитей на паковке

$$K = \frac{d_{o.n}}{d_{y.n}}, \quad (2.1)$$

$$= \frac{0,3224}{0,3224} = 1.$$

Для исследуемой льняной ткани нити основы и утка в ткачестве принимают форму эллипса. Находим коэффициенты изогнутости нитей основы и утка в ткани по горизонтали и вертикали для сечения эллипса:

$$\eta_{o.z} = \frac{d_{o.г}}{d_{o.п}}, \quad \eta_{o.в} = \frac{d_{o.в}}{d_{o.п}}. \quad (2.2)$$

$$\eta_{y.г} = \frac{d_{y.г}}{d_{y.п}}, \quad \eta_{y.в} = \frac{d_{y.в}}{d_{y.п}}. \quad (2.3)$$

$$\eta_{o.г} = \frac{0,48}{0,3224} = 1,49, \quad \eta_{o.в} = \frac{0,22}{0,3224} = 0,68.$$

$$\eta_{y.г} = \frac{0,46}{0,3224} = 1,43, \quad \eta_{y.в} = \frac{0,26}{0,3224} = 0,81.$$

Расчетный диаметр нитей найдем по формуле (1.20):

$$p = \frac{0,22 + 0,26}{2} = 0,24 \text{ мм.}$$

По высотам волн изгиба нитей основы и утка в ткани определяем коэффициенты изменения высот волн изгиба нитей  $K_{ho}, K_{hy}$ :

$$K_{ho} = \frac{h_o}{d_p}, \quad K_{hy} = \frac{h_y}{d_p}. \quad (2.4)$$

$$K_h = \frac{0,37}{0,24} = 1,54, \quad K_{hy} = \frac{0,11}{0,24} = 0,46.$$

Исследуемая льняная ткань имеет фазу строения, близкую к VII.

Геометрическая плотность нитей по основе и утку при максимальном уплотнении для сечения эллипс [1]:

$$l_o = \frac{d_{cp.n} (K_d \eta_{oz} + \eta_{y2}) \cdot \sqrt{4 - K_{ho}^2}}{K_d + 1} \quad (2.5)$$

$$l_y = \frac{d_{cp.n} (K_d \eta_{os} + \eta_{y2}) \cdot \sqrt{4 - K_{hy}^2}}{K_d + 1} \quad (2.6)$$

$$l_o = \frac{0,3224 \begin{pmatrix} 1 & 1,49 & 0,81 \end{pmatrix} \sqrt{4 - 1,54^2}}{1 \quad 1} = 0,47 \text{ мм.}$$

$$l_y = \frac{0,3224 \begin{pmatrix} 1 & 1,68 & 1,43 \end{pmatrix} \sqrt{4 - 0,46^2}}{1 \quad 1} = 0,66 \text{ мм.}$$

В соответствии с геометрическими моделями строения ткани определяют длину раппорта переплетения при максимальном уплотнении по основе и утку для сечения эллипс [1]

$$L_{Ro} = t_y l_o + (R_o - t_y) d_{oz} \quad (2.7)$$

$$L_{Ry} = t_o l_y + (R_y - t_o) d_{y2} \quad (2.8)$$

$$L_o = 2 \cdot 0,47 + (2 - 2) \cdot 0,48 = 0,95 \text{ мм.}$$

$$L_y = 2 \cdot 0,66 + (2 - 2) \cdot 0,46 = 1,32 \text{ мм.}$$

По формуле (1.33) найдем максимальную (теоретическую) плотность нитей в ткани по основе и утку:

$$o. = \frac{100 \cdot 2}{0,95} = 211 \text{ нит/10 см.}$$

$$y. = \frac{100 \cdot 2}{1,32} = 151 \text{ нит/10 см.}$$

Определенные по геометрическим моделям значения длины нитей основы и утка в раппорте переплетения используют для определения коэффициентов наполнения ткани.

Коэффициенты наполнения ткани по основе  $K_{но}$  и утку  $K_{ну}$ :

$$K_{но} = \frac{L_{Ro}}{L_{Ro.ф}}, \quad K_{ну} = \frac{L_{Ry}}{L_{Ry.ф}}. \quad (2.9)$$

$$K_{но} = \frac{0,95}{1,44} = 0,66;$$

$$K_{ну} = \frac{1,32}{1,64} = 0,81.$$

Таким образом определены предварительные исходные данные к выполнению расчетов по проектированию ткани по заданному параметру: коэффициенты наполнения ткани волокнистым материалом  $K_{но}$ ,  $K_{ну}$ ; коэффициенты изменения высот волн изгиба нитей  $K_{ho}$ ,  $K_{hy}$ ; форма поперечного сечения нитей в ткани и коэффициенты, характеризующие изменение размеров поперечного сечения нитей в ткачестве  $o_{г}$ ,  $o_{в}$ ,  $y_{г}$ ,  $y_{в}$ .

Далее осуществляют проектирование ткани по заданному параметру по известным методикам [1, 2, 3, 4].

При проектировании по поверхностной плотности рекомендуется использовать программу автоматического расчета параметров ткани ProjectТкани.exe. Также студент может самостоятельно разработать алгоритм и реализовать проектирование ткани в программе Excel.

В ходе проектирования необходимо выйти на параметры заданной ткани  $P_o$ ,  $P_y$ ,  $T_o$ ,  $T_y$ ,  $a_o$ ,  $a_y$ ,  $M_s$  и т. д. В качестве входных используются данные параметров структуры ткани, определенные по срезам тканей.

В случае, если при определенных по срезам параметрах структуры не удастся получить ткань заданных свойств, то исходные данные проектирования могут корректироваться (подбираться) студентом, пока ткань не будет соответствовать требованиям.

Определение структурных параметров тканей с поперечным сечением в виде круга производится по аналогичному алгоритму, с использованием формул для сечения круг.

## ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРНЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. САПР текстильных материалов: курс лекций для студентов специализации 1-50 01 01-04 «Технология тканей» / сост. В. В. Невских, Д. И. Кветковский. – Витебск : УО «ВГТУ», 2013. – 171 с.
2. Мартынова, А. А. Строение и проектирование тканей: учебное пособие для вузов по направлению «Технология и проектирование тканей» / А. А. Мартынова, Г. Л. Слостина, Н. А. Власова. – Москва: РИО МГТА им. А. Н. Косыгина, 1999. – 434 с.
3. Дамянов, Г. Б. Строение ткани и современные методы ее проектирования / Г. Б. Дамянов, Ц. З. Бачев, Н. Ф. Сурнина; под ред. Н. Ф. Сурниной. – Москва: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 240 с.
4. Невских, В. В. Основы автоматизированного проектирования тканей : учебное пособие / В. В. Невских, Ж. Е. Тихонова. – Витебск : УО «ВГТУ», 2003. – 87 с.
5. Видеоокуляр DCM-200 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://micromed.pro/item/videookulyar-dcm-200.html>. – Дата доступа: 20.11.2020 г.
6. Инструкция по использованию программы ScopePhoto 3.0.

Учебное издание

**САПР тканей.  
Анализ структуры ткани по срезам**

Методические указания по выполнению лабораторных работ и  
курсового проектирования

Составители:

Кветковский Дмитрий Игоревич  
Лобацкая Екатерина Михайловна

Редактор *Т.А. Осипова*

Корректор *Т.А. Осипова*

Компьютерная верстка *Д.И. Кветковский*

---

Подписано к печати 21.01.2021. Формат 60x90<sup>1/16</sup>. Усл. печ. листов 2,0.  
Уч.-изд. листов 2,5. Тираж 30 экз. Заказ № 27.

Учреждение образования

«Витебский государственный технологический университет»  
210038, г. Витебск, Московский пр-т, 72.

Отпечатано на ризографе учреждения образования

«Витебский государственный технологический университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/172 от 12 февраля 2014 г.

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