

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Ивановский государственный химико-технологический университет

**О.И. Одинцова, М.Н. Кротова, С.В. Смирнова**

## **ОСНОВЫ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ**

Текст лекций

Иваново 2009

УДК 677.03:620.2(075.8)

Одинцова, О.И. Основы текстильного материаловедения: текст лекций / О.И. Одинцова, М.Н. Кротова, С.В. Смирнова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2009. - 64с.

Представлены общие сведения о текстильном материаловедении. Рассмотрена классификация текстильных материалов, дана краткая характеристика их свойств и областей применения. Изложены вопросы получения и первичной обработки натуральных волокон и производства химических волокон. Приведены основные показатели оценки качества текстильных полотен.

Предназначен для изучения студентами текстильных вузов.

Табл.1. Ил. 17. Библиогр.: 6 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета.

Рецензент: кандидат химических наук Л.А. Гарцева (Ивановская государственная текстильная академия)

© Одинцова О.И., Кротова М.Н.,  
Смирнова С.В., 2009  
© Ивановский государственный  
химико-технологический  
университет, 2009

## **ВВЕДЕНИЕ**

Целью изучения материаловедения является формирование у учащихся знаний о получении природных и химических волокон, их свойствах и областях применения. Курс лекций направлен на ознакомление студентов с процессами первичной обработки натуральных волокон, основными показателями оценки качества текстильных материалов.

Эти знания необходимы студентам при выполнении дипломных и курсовых проектов, а также при работе выпускников вузов в условиях отделочного производства текстильной промышленности.

### **Отрасли текстильной промышленности и основные направления их развития**

Текстильная промышленность является одной из ведущих и важнейших в легкой индустрии и занимает первое место в производстве материальных благ. Результаты деятельности текстильных предприятий представлены тканями, трикотажными изделиями, коврами, кружевами, то есть предметами быта, интерьера и одежды человека.

В зависимости от вида перерабатываемого сырья текстильную промышленность подразделяют на отрасли:

- хлопчатобумажную;
- льняную (лубяную);
- шерстяную;
- шелковую.

Текстильная промышленность включает следующие виды производств:

#### **1. Производство по первичной обработке текстильных волокон (сырья):**

- хлопкоочистительные заводы для очистки хлопка-сырца и для отделения волокон хлопка от семян и упаковки их в кипы;
- фабрики для мытья шерсти, ее сортировки, удаления примесей, жиропота и упаковки волокна в кипы;

- заводы по первичной обработке лубяных волокон, где производится выделение волокон из стеблей и их очистка, упаковка в кипы;
  - заводы по первичной обработке коконов, где осуществляют следующие операции: запаривание коконов, высушивание, упаковка в ящики.
2. Прядильное производство – совокупность в основном механических и пневматических технологических процессов, обеспечивающих формирование пряжи из натуральных и химических волокон. В зависимости от вида перерабатываемых волокон имеются хлопко-, шерсто-, льно-, пенько-, джуто- и шелкопрядильное производства.
  3. Кокономотальное производство, где осуществляется разматывание коконов и соединение при этом нескольких коконных нитей в одну комплексную нить.
  4. Ткацкое производство – совокупность в основном механических технологических процессов, обеспечивающих формирование ткани из одноплеточной или крученой пряжи, шелковых и химических нитей. Различают хлопко-, шерсто-, льно- и шелкоткацкие производства.
  5. Красильно-отделочное производство – совокупность химических, тепловых и механических технологических процессов, обеспечивающих крашение, печатание и отделку тканей и трикотажа.

Трикотажное производство – совокупность главным образом механических технологических процессов, обеспечивающих формирование трикотажного полотна или трикотажных изделий из пряжи и химических нитей. Это производство по принятой в России организационной системе является самостоятельной отраслью промышленности.

Одним из направлений совершенствования текстильного производства является изменение характера сырьевой базы, а именно повышение доли использования химических волокон. Развитие сырьевой базы предусматривает реализацию селекционных работ по выведению высокоурожайных сортов льна, хлопчатника и высокопродуктивных пород овец, а также производство модифицированных химических волокон и нитей с заданными свойствами.

Прогресс в прядении предполагает совершенствование безверетенного прядения и создание однопереходной системы, вплоть до схемы волокно – пряжа.

В ткачестве прогресс может быть обеспечен развитием и широким внедрением бесчелночных ткацких станков, мотальных автоматов, скоростных кареток.

В отделочном производстве дальнейшее развитие получают совмещенные способы подготовки, крашения и заключительной отделки текстильных материалов, а также ресурсосберегающие, безотходные, экологически безопасные технологии.

Для того чтобы успешно решать эти задачи, необходимо иметь развитое машиностроение, современные производства по выпуску красителей, ТВВ и ПАВ, а также мощную сырьевую базу для их создания.

Все процессы, происходящие на текстильных предприятиях, изучает наука – технология текстильных материалов, которая подразделяется на механическую (МТТМ) и химическую (ХТТМ).

Механическая технология текстильных материалов занимается изучением способов производства различных текстильных материалов – пряжи, ткани, трикотажа и др., рассматривает процессы механической обработки волокон, благодаря которым из бесформенной волокнистой массы получают пряжу, нити, ткани, трикотаж и нетканые материалы (прядение и ткачество).

Химическая технология текстильных материалов рассматривает процессы отделки – беление, крашение, печатание и заключительную отделку текстильных материалов, то есть процессы, где широко применяются химические реагенты.

Обе науки тесно связаны между собой, так как химическая обработка производится с учетом свойств сырья, ткани, вида ткацкого переплетения ткани, ее плотности и других особенностей.

Текстильное материаловедение – наука о строении, свойствах текстильных материалов и методах оценки их качества.

## ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*Текстильными называются материалы*, состоящие из текстильных волокон. К ним относятся сами волокна, нити, пряжа и изделия из них: войлок, фетр, ткани, трикотаж, галантерейные изделия и т. д.

*Текстильными волокнами* называются протяженные гибкие прочные тела с малыми поперечными размерами и ограниченной длиной, пригодные для изготовления пряжи и других текстильных изделий.

Текстильные волокна подразделяют на технические и элементарные.

*Элементарные волокна* – это одиночные волокна, которые невозможно разделить на более мелкие.

*Технические (или комплексные) волокна* состоят из нескольких элементарных волокон, склеенных друг с другом, например, льняное волокно.

Как элементарные, так и технические волокна имеют ограниченную длину порядка десятков или сотен миллиметров (1·10 ÷ 1·100 мм).

Элементарное волокно длиной в несколько сотен метров называется *элементарной нитью*, например натуральный шелк, химическое волокно.

*Текстильные нити* – это гибкие, прочные тела с малыми поперечными размерами и сколь угодно большой длиной, состоящие из продольно соединенных волокон или элементарных нитей.

По структуре текстильные нити делятся на первичные и вторичные.

*Первичные нити* получают сразу после прядения из волокон (пряжа) или после формования (химическая нить).

*Вторичные нити* получают из первичных путем специальной обработки с целью изменения внешнего вида и свойств. Это крученые и текстурированные нити.

Текстильные изделия могут быть получены как из волокон, так и из пряжи и нитей. Единого определения *текстильное изделие* нет ввиду их большого разнообразия. Можно лишь перечислить их виды. Прежде всего, это полотна и в первую очередь – ткани.

**Ткань** - это текстильное изделие, образованное на ткацком станке переплетением двух взаимно-перпендикулярных систем параллельно расположенных нитей: основных, идущих вдоль ткани, и уточных, идущих поперёк. Основные нити кратко называются основой, а уточные - утком.

**Трикотажные полотна** получают из одной или более нитей одной системы путем образования петель и их переплетения.

**Нетканые полотна** получают скреплением различными способами слоёв волокон – холстов или параллельно расположенных нитей.

**Войлочно-фетровые изделия** получаются в результате уплотнения волокон исходного материала, а не пряжи. Исходный волокнистый материал нагревают, увлажняют, прессуют и (в случае мужских шляп и других твердых изделий) частично пропитывают природной смолой – шеллаком. Наиболее подходящие волокнистые материалы для войлочно-фетровых изделий - короткоштапельные шерстяные очесы и волокна меха кролика, бобра и других подобных животных.

**Плетеные изделия** получают, переплетая ряд нитей по диагонали и продольно так, чтобы образовалась лента или тесьма. Лента обычно бывает шириной не более 10 см, причем она может быть не только плоской, но и круглоплетеной.

**Кружевные и гардинно-тюлевые изделия.** Это орнаментальные ажурные изделия из любого текстильного волокна, переплетаемого под любыми углами. Сложные переплетения нитей, выполняемые вручную или на машине, дают изящные рисунки.

## **Классификация текстильных волокон**

Все текстильные волокна состоят из высокомолекулярных соединений (ВМС). По происхождению они делятся на 2 группы: натуральные и химические.

Натуральные волокна формируются в природе без непосредственного

участия человека и состоят в основном из органических природных гетероцепных ВМС. Лишь небольшая группа натуральных волокон состоит из неорганических ВМС.

Химические волокна производят в заводских условиях из природных органических гетероцепных высокомолекулярных соединений и синтетических гетеро- и карбоцепных высокомолекулярных соединений. Химические волокна, получаемые переработкой природных ВМС, называются искусственными. К ним относятся вискозные, медно-аммиачные, ацетатные и триацетатные волокна, лиоцелл. Сырьем для их производства является целлюлоза, полученная из древесины или хлопка. Синтетическими называют волокна, вырабатываемые из синтетических полимеров. В зависимости от строения основной цепи макромолекул синтетические волокна, так же как исходные полимеры, делятся на две группы: карбоцепные и гетероцепные.

К карбоцепным относятся волокна, вырабатываемые из синтетических органических веществ, основные цепи макромолекул которых построены только из атомов углерода. Наиболее перспективными волокнами этой группы являются полиакрилонитрильные (ПАН) и полиолефиновые (ПО).

К гетероцепным относятся волокна, полученные из синтетических органических полимеров. Гетероцепные полимеры помимо углерода в основной цепи макромолекулы имеют атомы серы, кислорода, азота и других элементов. К этой наиболее многочисленной группе синтетических волокон относятся: полиамидные, полиэфирные и полиуретановые (высокоэластичные волокна).

Сырьем при получении исходных материалов для производства синтетических волокон служат продукты переработки каменного угля и нефти: этилен, ацетилен, бензол, фенол и т. п.

Классификация текстильных волокон по происхождению, способам производства и химическому составу приведена в табл. 1.



Таблица 1

Классификация основных текстильных волокон

Класс		П/класс	Группа	П/группа	Представители	
1	2	3	4	5	6	
Натуральные		Органические ВМС	Растительного происхождения (целлюлозные)	Семенные	Хлопок	
				Лубяные	Лен, джут, пенька, конопля и др.	
		Животного происхождения (белковые)	Шерстяные	Шерсть		
			Шелковые	Натуральный шелк		
Неорганические ВМС	Минерального происхождения	Асбест				
Химические	Органические	Искусственные	Целлюлозные	Гидратцеллюлозные	Вискозные, высокомолекулярные	
					Медно-аммиачные	
					Лиоцеловые	
				Ацетатные	Ди- и триацетатные	
				Карбаматные		
				Полилактидные		
		Белковые	Из животных белков	Казеиновые		
			Из растительных белков	Зеиновые		
		Синтетические	Гетероцепные	Полиамидные	Поликапроамидные (капрон, найлон-6)	
					Полигексаметиленадипамидные (анид, найлон 6.6)	

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	
					Полиаминоэнантовые (энант, нейлон 7)	
					Полиаминоундекановые (ундекан, нейлон 7)	
					Полиаминопеларгоновые	
				Полиэфирные	Полиэтилентерефталатные (лавсан, дакрон)	
				Полиуретановые	Уретановые	
					Высокоэластичные (лайкра, вирен)	
				Карбоцепные	Полиакрилонитрильные (нитрон, орлон, кашмилон)	
					Поливинилспиртовые (винол, куралон, винилон)	
					Полиолефиновые	Полиэтиленовые
						Полипропиленовые
	Поливинилхлоридные (хлорин, ровиль, саран)					
	Фторсодержащие	Тефлон, фторлон				
	Углеродные	Жаростойкие				
	Неорганические				Стекланные	Стекловолокно
					Металлические	Метанит
					Керамические	Керамические нити

## Общие свойства текстильных волокон и нитей

**Свойства** – это объективные особенности волокон, проявляющиеся при их создании, переработке и эксплуатации.

**Качество текстильных волокон** – совокупность свойств, определяющих пригодность волокон удовлетворять требования потребителей в зависимости от назначения изделий из данных волокон.

Свойства определяются в лабораториях предприятий стандартными методами с помощью специальных приборов. Свойства характеризуются нормируемыми величинами, выраженными в единицах Международной системы.

Свойства подразделяются на 4 группы: геометрические, физические, механические, химические.

**Геометрические свойства** – это длина, плотность, линейная плотность или толщина, номер, форма и размеры поперечного сечения.

**Длина** ( $\ell$ ) – это максимальный размер волокна от одного конца до другого в расправленном, но не в натянутом состоянии. Измеряется в миллиметрах, сантиметрах. Длина волокон определяет способ их прядения и влияет на свойства вырабатываемой пряжи.

**Плотность** ( $\rho$ ) – это масса единицы объема волокон. Измеряется в граммах/кубический сантиметр и вычисляется по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

где  $m$  – масса, г;  $V$  – объем, см<sup>3</sup>.

Толщина волокон и нитей характеризуется **линейной плотностью** ( $T$ ), определяемой отношением массы волокон (нитей) к их длине:

$$T = \frac{m}{\ell},$$

где  $m$  – масса, мг, г;  $\ell$  – длина, м, км.

Единица линейной плотности, выраженная в миллиграммах/метр или

граммах/километр, принята как международная и называется **текс**. При расчете линейной плотности волокон используют единицу миллитекс – это размерность миллиграмм/километр.

Линейная плотность ( $T$ ) связана с размером поперечного сечения волокна ( $S$ ) формулой:  $T = S \rho \cdot 10^3$

Из приведенной зависимости видно, что чем выше линейная плотность волокна, тем больше его поперечное сечение.

**Тонину** волокна или нитей иногда характеризуют номером – отношением длины к массе:

$$N = \frac{\ell}{m} \text{ м/г.}$$

С линейной плотностью ( $T$ ) номер ( $N$ ) связан зависимостью:  $N = \frac{1000}{T}$ , т.е.

чем тоньше волокна, тем выше их номер и тем более тонкую пряжу можно из них спрядать.

**2. Физические свойства** – тепловые, оптические, электрические, отношение к влаге, устойчивость к светопогоде.

**Теплостойкость** – способность волокнистого материала сохранять физико-механические свойства при повышенных до определенного предела температурах.

**Термостойкость** – способность противостоять химическому разложению под действием высоких температур.

**Огнестойкость** – способность противостоять воспламенению и термическому разложению под действием огня.

**Морозостойкость** – характеризуется температурой, ниже которой наблюдается резкое ухудшение свойств волокна.

**Устойчивость к светопогоде** – способность волокон сопротивляться разрушающему действию света, кислорода воздуха, влаги и тепла.

**Электризуемость** – способность текстильных волокон накапливать заряды статического электричества, что отрицательно сказывается на ходе технологических процессов их отделки, а также вызывает неприятные ощу-

щения и ускоряет загрязнение изделий при эксплуатации.

**Гигроскопичность** – способность волокна поглощать или отдавать влагу в окружающую среду.

Текстильные материалы по гигроскопичности делятся на 2 группы:

- **гидрофильные** – легко поглощают и отдают влагу;
- **гидрофобные** – почти не проводят влагу.

Гигроскопичность выражается **влажностью** и **влажностью**.

**Влажность** ( $W$ ) – содержание влаги в волокне по отношению к массе сухого образца, %:

$$W = \frac{m - m_c}{m_c} 100,$$

где  $m$  – масса до сушки;  $m_c$  – масса после сушки.

Различают фактическую, максимальную, нормальную и кондиционную влажность. Фактическая влажность  $W_f$  показывает, какая часть массы волокна или нити приходится на массу влаги, содержащейся в волокне (нити) при данной фактической влажности воздуха. Максимальная влажность  $W_c$  характеризует влажность волокна, выдержанного при относительной влажности воздуха 100% и температуре 20°C. Нормальная влажность  $W_n$  показывает влажность волокна, выдержанного в течение 24 часов при нормальных атмосферных условиях (температура воздуха 20±2°C и относительная влажность воздуха 65±5%). Кондиционная влажность  $W_k$  – это условно установленная, постоянная для данного вида волокна влажность, близкая к нормальной.

**Влажностное содержание** ( $B$ ) – содержание влаги в волокне по отношению к массе влажного образца, %:

$$B = \frac{m - m_c}{m} 100.$$

3. **Механические свойства** определяют отношение волокон и нитей к действию различно приложенных сил. К ним относят: прочность, износостойчивость, прядильную способность волокон.

**Прочность** – это способность волокон и изделий из них противостоять

деформационным растяжениям. Она характеризуется следующими показателями:

**Разрывная нагрузка** ( $P_p$ ) – это напряжение, при котором испытуемый образец разрывается (Н, сН, кгс).

**Разрывное удлинение** ( $\ell_p$ ) представляет собой приращение длины волокна или нити к моменту разрыва мм (см, км).

$$\ell_p = \ell_1 - \ell_0,$$

где  $\ell_1$  - длина к моменту разрыва;

$\ell_0$  - длина образца исходного.

**Относительное разрывное удлинение** ( $\varepsilon$ ) – отношение изменения длины образца к моменту разрыва к первоначальной длине образца в %:

$$\varepsilon = \frac{\ell_p}{\ell_0} 100$$

**Относительная разрывная нагрузка** ( $P_n$ ) – отношение разрывной нагрузки к толщине образца:

$$P_0 = \frac{P_p}{T} \text{ н/текс; сН/текс; кгс/текс.}$$

**Разрывная длина** ( $L_p$ ) – это длина, при которой подвешенный за один конец образец волокна или нити, разрывается под действием собственной силы тяжести (рмм, рсм, ркм).

**Износоустойчивость** – это способность волокнистых материалов и изделий из них противостоять старению и химической деструкции под действием различных нагрузок (трение, изгиб, стирка, глажение, светопогода и т.д.).

**Прядильная способность волокна** выражается максимальной длиной пряжи (выраженной в километрах), полученной из 1 кг волокнистого материала.

4. **Химические свойства** изучаются в курсе химической технологии текстильных материалов и характеризуют отношение волокон и нитей к дей-

ствию кислот, щелочей и других химических реагентов, которые используют в процессах отделки различных текстильных материалов.

## НАТУРАЛЬНЫЕ ВОЛОКНА

### Натуральные волокна растительного происхождения

Основным веществом, составляющим все натуральные волокна растительного происхождения, является природный полимер – целлюлоза. Элементарное звено целлюлозы имеет формулу:



Характер изменений химического состава и физико-химических свойств целлюлозы в процессе ее синтеза в природе детально изучен на примере формирования целлюлозы в хлопковом волокне. В волокнах семян хлопчатника целлюлоза находится в наиболее чистом виде в количестве 94-95 % от массы. В растительном волокне кроме целлюлозы содержатся спутники – воска, жиры, белки, лигнин, пектин, которые сообщают волокнам жесткость, ломкость, низкую реакционную способность и крашиваемость.

Синтезировать целлюлозу в лабораторных условиях пока не удалось.

### Хлопок

Хлопок – волокно семенного происхождения, растущее на поверхности семян растения хлопчатника из семейства мальвовых (рис. 1). Каждый волосок хлопка представляет собой очень тонкую и длинную клетку, сужающуюся у глухого конца и открытую с другого – того, которым волосок прикреплен к семени. Культивируется 2 вида – волосистый (средневолокнистый) и барбадосский (тонковолокнистый) хлопчатник. Размеры волокон хлопка разных сортов колеблются в довольно широких пределах. Например, среднево-

локнистый хлопчатник дает волокно, длина которого достигает 30-35 мм. Толщина хлопкового волокна может составлять от 10 до 25 мкм. Основными хлопководческими районами (странами) являются: Индия, Египет, Китай, США, Средняя Азия, Закавказье и юг Украины.



Рис. 1. Часть куста хлопчатника

### **Строение хлопкового волокна**

Строение хлопкового волокна имеет ряд особенностей. Снаружи расположена первичная стенка толщиной около 1 мкм, содержащая примерно 50% целлюлозы. На поверхности первичной стенки сосредоточены жироподобные вещества – этим и объясняется плохая смачиваемость хлопкового волокна водой. За первичной стенкой следует основная многослойная вторичная стенка толщиной около 6-8 мкм, она состоит из суточных отложений целлюлозы, образуемых при фотосинтезе из протоплазмы. Внутри волокна находится канал. В незрелом волокне он заполнен протоплазмой, в зрелом же содержатся только ее остатки. Исследования с помощью электронного микроскопа показывают, что отдельные слои целлюлозы образованы из фибрилл, которые, в свою очередь, представляют собой пучки микрофибрилл, состоящих из десятков и сотен цепей макромолекул целлюлозы. Отдельные макромолекулы в микрофибриллах и микрофибриллы в фибриллах расположены неплотно по отношению друг к другу и удерживаются силами межмолеку-



лярного взаимодействия (главным образом – посредством водородных связей), а также благодаря тому, что длинные цепи макромолекул входят отдельными своими частями (звеньями) в разные микрофибриллы и фибриллы. Поэтому как в отдельных суточных слоях, так и между ними имеются неплотности – поры, микрощели – именно они оказывают большое влияние на поведение хлопковых волокон при различных процессах обработки, в частности при крашении. Микрофибриллы и фибриллы располагаются в отдельных слоях целлюлозы спиралеобразно, под углом 20-40° к оси волокна, поэтому волокно закручивается как спираль относительно своей оси. При созревании волокна протоплазма в канале постепенно засыхает, и волокно сплющивается. Рассматривая такое волокно под микроскопом, можно заметить, что оно имеет форму скрученной ленточки или пустой сплющенной трубочки, со стенками и каналом определенной толщины, которая зависит от зрелости (рис. 2).



Рис. 2. Продольный (а) и поперечный (б) срезы хлопковых волокон

Из поперечных срезов (рис. 2) видно, что внутренняя полость волокна весьма значительна по сравнению с толщиной стенки, а так как эта полость открыта, по крайней мере, с одного конца, то хлопковое волокно способно быстро и легко смачиваться и набухать изнутри. Этим хлопковое волокно выгодно отличается от лубяных волокон. Кроме того, при малой массе хлопковое волокно имеет достаточно развитую поверхность, что обуславливает способность хлопка к адсорбционным процессам.

Мягкость и нежность хлопковых волокон, их скрученная форма объясняют высокую ценность хлопка как прядильного материала. Отдельные волоски хлопка легко сцепляются между собой, распрямляются при вытягивании, держатся в тонких нитях и поддаются закручиванию. Благодаря совокупности этих свойств хлопок, появившийся в Европе позднее других волокон (льняных и пеньковых), очень быстро завоевал себе главенствующее положение в текстильном производстве.

Весь период роста хлопчатника от посева до созревания длится 100-220 дней (в зависимости от вида и условий роста). Созревание коробочек происходит последовательно, начиная с нижних веток, поэтому хлопок собирают в несколько приемов вручную или машинами.

Собранный *хлопок-сырец* направляется на заготовительные пункты, где он сушится и предварительно очищается, комплектуется в однородные партии по разновидностям, сортам, виду сборки и степени засоренности. Учитывается внешний вид, цвет, плотность и упругость волокна. Зрелый хлопок-сырец белого цвета, плотный, упругий.

Далее хлопок поступает на заводы первичной обработки хлопка.

### **Первичная обработка хлопка**

Состоит из 3-х основных операций:

- 1) очистка от сорных примесей;
- 2) отделение волокон от семян;
- 3) очистка от пыли и мелких примесей.

Очистка хлопка-сырца от сорных примесей – листьев, веток коробочек осуществляется на чистителях, основным рабочим органом которых являются колковые барабаны и колосниковые решетки (рис.3).

Клочки волокон под ударами колков 1 разрыхляются, сорные примеси при вращении барабана отсеиваются через решетки колосников 2.

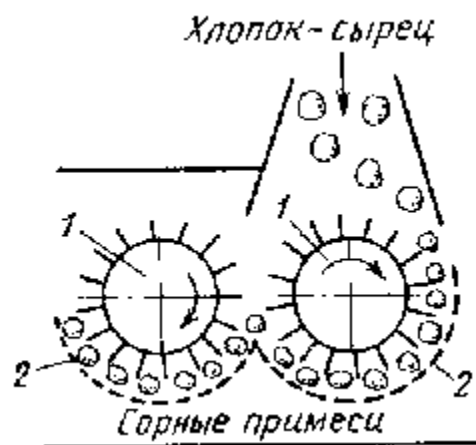
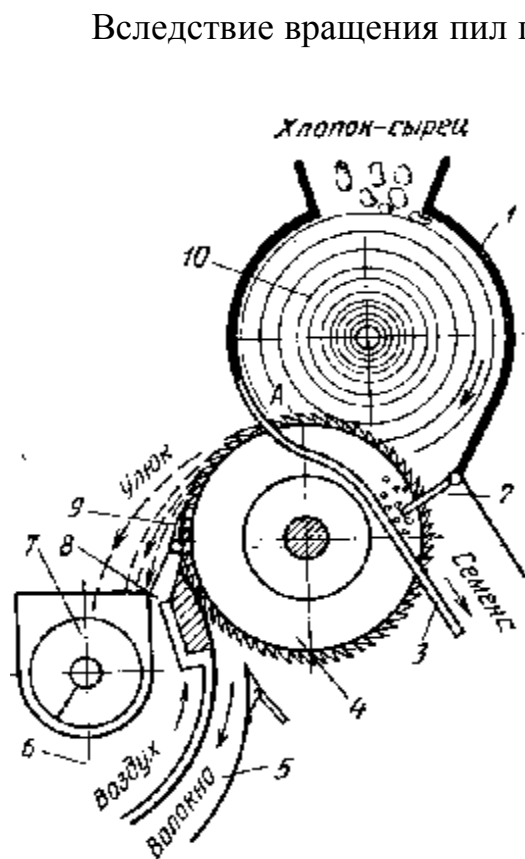


Рис.3. Схема предварительной очистки хлопка-сырца на колковых барабанах: 1 – колковые барабаны; 2 – колосниковые решетки.

Отделение волокон от семян осуществляется на волокноотделителях – джинах (джинирование). Пильный волокноотделитель (рис. 4) имеет сырцовую камеру 1, в которую питателем равномерно подается хлопок-сырец. Нижняя левая решетчатая часть камеры состоит из металлических пластин – колосников 3, между которыми проходят дисковые пилы 4, насаженные с прокладками на общий вал.



Вследствие вращения пил поступающая в камеру 1 масса хлопка-сырца образует вращающийся сырцовый валик 10. При этом под воздействие пил подвдятся как новые, так и частично оголенные летучки хлопка. Их выпадению препятствует семенная гребенка 2, через которую проходят только оголенные семена.

- 1 – сырцовая камера
- 2 – семенная гребенка
- 3 – колосники
- 4 – дисковые пилы
- 5 – волокноотвод
- 6 – канал для подачи воздуха
- 7 – шнек
- 8 – щелевидное сопло
- 9 – уличный козырек
- 10 – сырцовый валик из хлопка-сырца

Рис. 4. Схема пильного волокноотделителя

Зубья вращающихся пил захватывают волокна летучек, увлекают их за собой и в зоне *A* отрывают от семян, которые не могут пройти в промежутки между колосниками. Волокна далее сдуваются с пил струей воздуха, нагнетаемого по каналу *б* и выходящего из щелевидного сопла *8*. Волокна, снятые с пил, вместе с потоком воздуха отводятся по волокноотводу *5* из машины. Сорные примеси и мелкие незрелые семена (улюк), прошедшие вместе с волокнами, отбрасываются центробежной силой с пил на шнек *7* и выводятся из машины. Наибольшее количество незрелых семян выделяется при установке улючного козырька *9* на минимальном расстоянии от пил. При этом волокно получается чище, но его потери вместе с улюком увеличиваются.

Отделенные с пильчатых барабанов струей воздуха волокна поступают затем в волокноочистители, где осуществляется третья операция – очистка волокна от пыли и мелких примесей с помощью отсоса воздуха на сетчатых барабанах.

Хлопок, отделенный от семян, называется **суровым**. Его выход от хлопка-сырца составляет 35-38 %. Масса семян – 50-60 % от массы сырца.

При неправильном регулировании зазоров и повышенной влажности хлопка в процессе джинирования возникают дефекты в виде плотно закатанных жгутиков волокон или попадания частичек семян, а также кусочков их кожицы в волокно, что образует на ткани темные точки «галочки», которые устраняются при белении ткани.

После этих операций хлопок прессуют в кипы по 180-200 кг, обшивают тарной тканью и отправляют на прядильные фабрики.

На семенах хлопкового волокна после волокноотделителей остаются короткие волоконца – пух (линт), составляющий 5-8 % от массы хлопка-сырца. Этот пух удаляют на специальных машинах – линтерах (пухоотделителях). Его используют для производства нетканых материалов, ватных изделий, получения ацетатного и медно-аммиачного волокон.

Семена хлопка содержат до 15 % хлопкового масла, которое используют в пищевой промышленности.

Хлопковое волокно в зависимости от качественных показателей делится на семь сортов – отборный и сорта с 1-го по 6-й. Сортность зависит от сроков уборки, так сырец, собранный до заморозков, дает волокно преимущественно отборное и 1-го сорта, после заморозков собирают волокно 2-го сорта. Из полураскрывшихся и нераскрывшихся коробочек получают волокно с 3-го по 6-й сорта. Этот хлопок более засорен, имеет пониженную прочность.

### **Свойства и область применения хлопкового волокна**

Хлопковое волокно очень тонкое, его номер 7000-5000. Сравнительно прочное – разрывная длина  $L_p = 25$  ркм. Гигроскопичное – влажность  $W = 8-9$  %, хорошо окрашивается, устойчиво к действию щелочей, восстановителей, неустойчиво к действию кислот и окислителей.

К недостаткам волокна следует отнести малую эластичность ( $\varepsilon_p = 6-8\%$ ), поэтому ткани из хлопкового волокна легко сминаются, а трикотажные изделия – вытягиваются.

Из хлопка вырабатывают изделия различного назначения — бытовые – бельевые, сорочечные, плательные и костюмные ткани, кружева, тюль, трикотаж и т.д. и технические — искусственная кожа, брезент, канаты и т.д.

### **Лубяные волокна**

Лубяные волокна относятся к натуральным волокнам растительного происхождения (как и хлопковое).

Лубяными называются волокна, залегающие в стеблях, листьях и оболочках плодов лубяных растений. Из стеблей растений получают **пеньку, джут, рами, льняное волокно, кенаф, канатник, кендырь** из листьев растений добывается **манильская пенька** и **сизаль**, а из плодов (скорлупы кокосовых орехов) - **койр**.

**Пеньку** получают в результате обработки стеблей однолетнего двудольного травянистого растения из семейства крапивных. Пенька применяется пре-

имущественно для изготовления прочных крученых изделий (ниток, шпагата, веревок, канатов), мебельных, мешочных и технических тканей.

**Джут** - однолетнее тропическое травянистое растение из семейства липовых, достигающее высоты трех-четырех, а в отдельных случаях шести метров. Волокна, полученные из джута отечественных сортов, отличаются высокими показателями: прочностью, мягкостью, тониной. Используется джут почти исключительно для изготовления мешочных тканей.

**Кенаф** - однолетнее растение, произрастающее на Северном Кавказе. По строению и свойствам элементарного волокна кенаф близок к джуту и используется по тому же назначению.

**Канатник** - однолетнее травянистое растение высотой до 2,5 м у диких форм и до 4, 5 м у культурных. Стебель канатника по строению аналогичен кенафу и джуту. Техническое волокно канатника, уступающее по мягкости волокну кенафа и джута, используется для изготовления шпагата, веревок и канатов.

**Кендырь** - многолетнее полукустарниковое растение. Длина стебля кендыря достигает 5 м. Волокно кендыря характеризуется высокой прочностью, легкой расщепляемостью на хлопкообразное волокно, высокой стойкостью к действию влаги (малой загниваемостью).

**Рами** – волокно стеблей многолетнего субтропического травянистого растения из семейства крапивных. Из луба рами в зависимости от режима обработки получают волокно двух типов: с высоким содержанием целлюлозы (пригодные для получения более тонкой пряжи) и более грубое длинное техническое волокно. Из рами вырабатывают мебельные ткани, рыболовные сети, канаты, веревки и денежные банкноты.

Для производства текстильных бытовых изделий в основном используется льняное волокно, остальные – для технических целей. Они хотя и превосходят по прочности льняные, но обладают большой грубостью и жесткостью. Основное назначение этих волокон – тарные ткани, веревки, канаты, брезент, парусина.

В семействе льняных насчитывается 330 видов. В России в основном

культивируется 2 вида льна: лен-долгунец и лен-кудряш; в меньших количествах выращивается лен-межеумок и стелющийся лен. Основными льноводческими районами является Вологодская, Ярославская, Архангельская, Кировская, Ивановская области, а также северные области Белоруссии и Украины. Лен-кудряш предназначен главным образом для производства льняных масляных семян. Волокно же получают из льна-долгунца, выращиваемого на 90 % посевных площадей, отводимых под льняные культуры.

Лен-долгунец высевается ранней весной, а через неделю появляются всходы, через 5-6 недель начинается цветение и рост стеблей. Через 12 недель заканчивается формирование в стеблях волокон – лен приобретает светло-желтую окраску; убранный в это время лен имеет высокое качество. При более поздних сроках уборки льняное волокно становится более грубым из-за накопления лигнина.



Рис.5. Часть куста льна-долгунца

Стебель прядильного льна (льна-долгунца) до 1,5 м высоты, тонкий, в верхней части слабо разветвлен (рис. 5). В стеблях льна содержится до 20% волокна, которое состоит из отдельных лубяных клеток, называемых элементарными волокнами. Они склеены пектином в лубяные пучки. Волокна высвобождают предварительным частичным разрушением склеивающего вещества в процессе приготовления тресты с помощью микроорганизмов,

вызывающих мацерацию (пектиновое брожение).

Листья мелкие, многочисленные, линейные или линейно-ланцетные, сидячие, с восковым налетом. На концах разветвлений стебля формируются бутоны. Цветки диаметром 1,5–2,4 см, голубые, белые, реже розовые или фиолетовые. Чашечка и венчик пятилепестные; пестик пятистолбчатый, тычинок пять. Лен – факультативный самоопылитель.

Плод – пятигнездная коробочка с 6–8 семенами яйцевидной формы со слабо искривленным носиком, бронзовой, оливковой или темно-коричневой окраски, с гладкой блестящей поверхностью.

Элементарное волокно льна имеет вид гладкого цилиндра с утолщенными стенками и тонким каналом посередине, который к концу волокна постепенно исчезает. В поперечном срезе волокно имеет вид многоугольника с четырьмя - шестью гранями и небольшой полостью в центре (рис. 6). Длина элементарных волокон колеблется от 10 до 100 мм, поперечника - 12...25 мкм. Концы волокон острые. Внутреннее строение стенок волокна характеризуется, как и у хлопка, слоистостью и наличием тонкого канала.

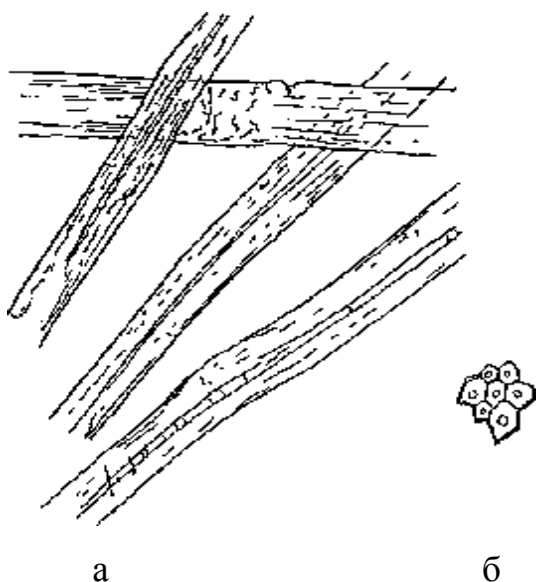


Рис. 6. Продольный вид (а) и поперечный (б) срезы льняного волокна под микроскопом

Уборка льна сводится к следующим основным операциям:

- 1) выдерживание или теребление;
- 2) связывание стеблей в снопы и сушка;
- 3) околот – отделение семенных головок и получение *льносоломы*.

После этого начинается *первичная обработка льносоломы*.

Льняное волокно находится в стебле льна. Стебель состоит из разных по назначению и строению тканей (рис. 7).

### Строение стебля льна

Все ткани от первой до четвертой называются корой стебля или *лубом*. Часть стебля, находящаяся за камбием, называется *древесиной*.

Волокна льна образуются в паренхимной ткани в виде 20-30 пучков, которые состоят из элементарных волокон от 15 до 30 штук, скрепленных между собой срединными пластинками, состоящими из пектиновых и лигни-



новых веществ. Пектин – природный органический клей. Лигнин – полимер, сообщающий целлюлозе льна хрупкость, ломкость, снижает способность к окрашиванию.

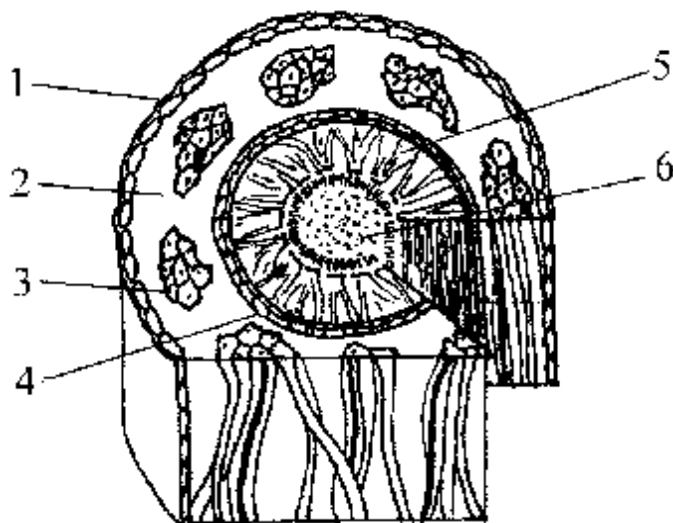


Рис. 7. Строение стебля льна:

- 1 – покровная ткань (ряд клеток, покрытых пленкой кутикулы);
- 2 – паренхимная ткань, состоящая из неодревеневших клеток, служит ложем для волокон льна;
- 3 – волокна льна в виде пучков;
- 4 – тонкий слой камбия, состоящий из клеток, обеспечивающих рост льна;
- 5 – мощный слой древесины, составляющий *остов* стебля;
- 6 – сердцевина, состоящая из рыхлых клеток.

Пучки волокон с окружающими клетками паренхимы связаны также срединными пластинками, но содержание лигнина в них ниже. На этой разнице химического состава срединных пластинок пучков и паренхимы основаны процессы отделения пучков волокон от окружающей ткани.

Разрушение срединных пластинок, связывающих пучки волокон с паренхимой, и является операцией первичной обработки льняной соломы.

### **Первичная обработка льняной соломы**

1. Разрушение срединных пластинок. Осуществляется биологическим и физическим способами.

Биологический способ основан на разрушении пектиновых веществ под действием микроорганизмов – грибков, бактерий, развивающихся на

стеблях льна в процессе *мочки*.

Мочка бывает:

- росовая — льносолома расстилается на лугах на 15-40 дней;
- холодноводная — 12-15 дней солома находится в естественных водоемах (реки, пруды, озера);
- тепловая – осуществляется в специальных баках с водой с температурой 36-38 °С в течение 3-4 дней.

Физический способ заключается в пропаривании предварительно замоченной льносолемы в автоклавах под давлением 2,5-3 бар в течение 60-90 мин.

После мочки и сушки на воздухе получается льносолома с разрушенными срединными пластинками, которая называется *трестой*.

2. *Мятие*. Осуществляется с целью размягчения и частичного удаления древесины из стебля на *мяльных машинах*. Основной рабочий орган этих машин – это металлические рифленые вальцы (от 6 до 24), установленные попарно один над другим (рис. 8).

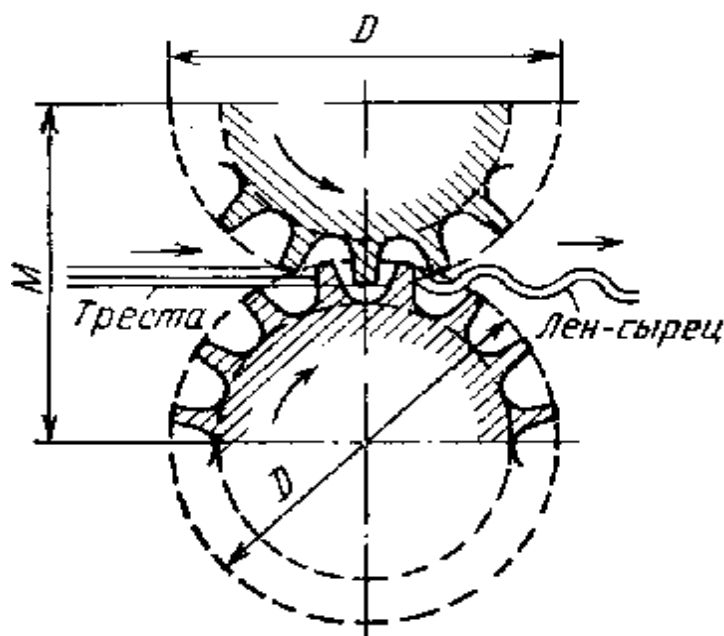


Рис. 8. Схема мятия тресты

Треста пропускается между ними и получается мятый лен-сырец.

3. *Трепание*. Осуществляется на трепальных машинах с целью очистки от измельченной древесины – костры за счет ударного воздействия бия тре-

пальных барабанов. Получается *трепанный лен* и отходы – костра. Трепанный лен сортируется с учетом длины, цвета, прочности и чистоты, упаковывается в кипы и направляется на льнопрядильные фабрики. Его выход составляет 15-20 % от массы льняной соломы. Закостренные волокна используются в производстве древесных плит и фурфурола.

### **Свойства лубяных волокон**

Свойства технического лубяного волокна в основном определяются строением и свойствами элементарных волокон, а также наличием различных примесей, которые в лубяных волокнах присутствуют в больших количествах, чем в хлопке.

Волокна льна – самые прочные из натуральных волокон ( $L_p = 80$  ркм). По крепости они превосходят шерстяные и хлопковые, лучше противостоят гниению. Обладают очень важными гигиеническими и лечебными свойствами, большой воздухо- и теплопроводностью. Изделия из льна не деформируются, отличаются высокой износоустойчивостью, быстро впитывают влагу ( $W = 11$  %), имеют чудесный и неповторимый блеск, даже при многократных стирках не теряют свой первоначальный вид.

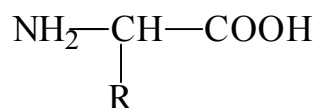
Недостатком является большое количество спутников целлюлозы, что затрудняет подготовку к крашению и печатанию. Кроме того, волокна льна малоэластичны ( $\varepsilon = 2-3$  %). Поэтому изделия из льняных тканей мнутся.

Цилиндрическое строение волокна дает возможность изготавливать компактную, гладкую, непушистую пряжу. Из льняного волокна выпускают ткани бытового назначения – плательные, костюмные, портьерные, для столового и постельного белья; технического назначения – парусина, брезент, тарные ткани.

### **Натуральные волокна животного происхождения**

К ним относятся шерсть и натуральный шелк. Основу волокон составляют природные животные белки – высокомолекулярные соединения, по-

строенные из различных  $\alpha$ -аминокислот, общей формулы:



Белковое вещество шерсти называется кератином, в волокне его содержится 90 %. Белковое вещество шелка – фиброин – содержание его в волокне 95 %. Кроме того, в состав белковых волокон входят минеральные, жировосковые и красящие вещества, а в состав шерсти еще и межклеточное вещество.

### **Шерстяное волокно**

Шерсть представляет собой волосяной покров различных животных – мериносовых овец, коз, верблюдов, кроликов и т.д. Из всех видов шерсти, используемой в шерстяной промышленности, наибольшее значение имеет овечья. Шерсть классифицируют на тонкую, полутонкую, полугрубую и грубую.

По своей структуре шерстяное волокно гетерогенно. В отличие от целлюлозных волокон шерстяное обладает сложным морфологическим строением. Оно состоит из различных клеток белкового вещества кератина, различающихся по составу, структуре и свойствам.

В состав шерстяного волокна входят, как правило, три слоя: чешуйчатый (верхний), корковый (основной, образующий тело волокна) и сердцевинный (расположенный в центральной части) (рис. 9).

Чешуйчатый слой (кутикула) – наружный, состоит из тончайших роговидных пластинок (чешуек), расположенных ступенчатообразно и перекрывающих в некоторой части друг друга. Верхние части их, выделяющиеся на поверхности волокна, направлены своими концами всегда к верхушечной части волоса. Такое черепицеобразное строение чешуйчатого слоя придает ему характер защитного покрова. При изготовлении текстильных изделий чешуйчатый слой волокна способствует их свойлачиванию. Наличие чешуй-

чатого слоя является отличительным признаком шерстяного волокна.

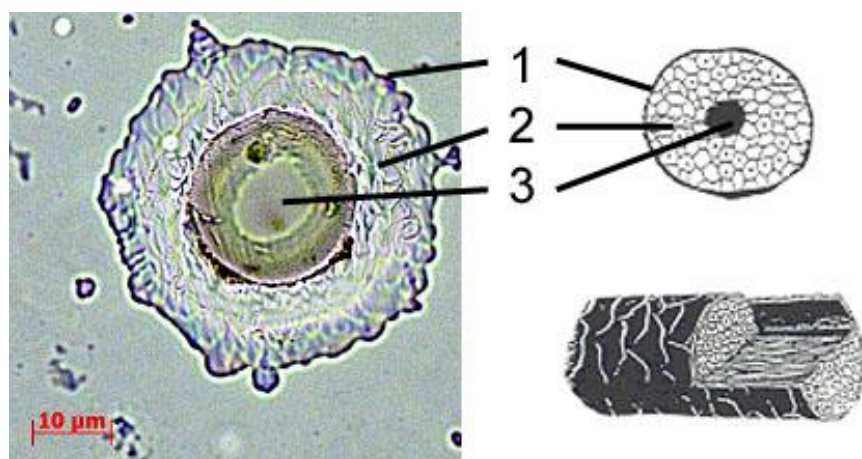


Рис. 9. Строение шерстяного волокна:

1 – чешуйчатый слой, 2 – корковый слой, 3 – сердцевинный слой

Корковый, или волокнистый, слой располагается непосредственно под чешуйчатым и составляет основную массу волокна (90%). Он состоит из отдельных удлиненных клеток, расположенных вдоль оси волокна и названных в связи с их формой веретенообразными. Промежутки между этими клетками заполнены белковым межклеточным веществом. Этот слой определяет основные свойства волокна, то есть его прочность, растяжимость, упругость, мягкость и др.

Сердцевинный слой волокна характерен только для грубой шерсти, он представляет собой внутренний канал, заполненный клетками различной формы, между которыми имеются отдельные воздушные пространства. Внутри некоторых клеток сердцевинного слоя можно обнаружить небольшие пузырьки воздуха. В тонкой шерсти этот слой отсутствует.

В зависимости от того, какие слои в шерсти присутствуют, она может быть следующих видов:

- пух – тонкое, сильно извитое, длинное, самое ценное волокно, состоящее из двух слоев чешуйчатого и коркового без сердцевинного слоя;
- переходный волос занимает промежуточное положение между пухом и остью, как по своему строению, так и по технологической ценности. Он

имеет все три слоя. Благодаря прерывистому рыхлому сердцевинному слою, переходный волос неравномерен по толщине, прочности, имеет меньшую извитость;

- ость имеет развитый сердцевинный слой и характеризуется большой толщиной, отсутствием извитости, повышенной жесткостью и хрупкостью;

- мертвый волос – это грубое, неизвитое волокно с низкой прочностью и высокой толщиной, жесткостью и хрупкостью. Мертвый волос имеет все три слоя, но чешуйчатый и корковый слои, ответственные за адсорбцию красителей, наименее развиты, что препятствует его окрашиванию.

Шерсть содержит большое количество примесей главным образом растительного происхождения – трава, репье, остатки корма и животного происхождения – жиропот, который содержит ланолин, используемый в парфюмерной промышленности.

Для освобождения от примесей шерсть обрабатывают на фабриках первичной обработки шерсти (ПОШ).

### **Первичная обработка шерсти**

Первичной обработкой шерсти называется совокупность производственных процессов, направленных на получение мытой шерсти:

1. Сортировка шерсти для подбора однородных партий под определенный номер пряжи.

2. Разрыхление и трепание шерсти с целью разъединения крупных комков на более мелкие и удаления из шерсти некоторой части землистых и растительных примесей. Эта операция осуществляется на трепальных машинах, главным рабочим органом которых являются колковые барабаны и колосниковые решетки.

3. Мойка для удаления жиропота и других загрязняющих примесей с помощью мыльно-содового раствора или синтетических моющих средств. Она проводится в аппаратах, состоящих из нескольких барок, в которых волокно попеременно обрабатывается теплой водой и мыльно-содовым раствором.

После мойки шерсть высушивается, упаковывается в кипы по 150-180 кг и отправляется на прядильные фабрики.

Очень загрязненное волокно подвергают обработке 5 % раствором серной кислоты с последующей термообработкой при температуре 110°C. Эту операцию называют карбонизацией. Раствор кислоты разрушает растительные засоренности, основу которых составляет целлюлоза. При этом шерсть не повреждается. Продукты гидролиза целлюлозных примесей удаляются из шерстяного материала при последующем механическом воздействии.

### **Свойства и области применения шерстяного волокна**

Волокно извитое и имеет высокую упругость, поэтому изделия из шерсти несминаемы и высокоэластичны ( $\epsilon = 40-60 \%$ ). Извитость и наличие чешуйчатого слоя на поверхности способствуют сцепляемости волокон и обуславливают свойлачиваемость, что используется при изготовлении фетра, сукна, войлока, одеял.

Волокно гигиенично, имеет высокую гигроскопичность ( $W = 15-17\%$ ) и при этом кажется сухим. Волокно легкое, имеет низкий удельный вес и низкую теплопроводность, обладает высокими теплозащитными свойствами. Шерсть — достаточно прочное волокно.

Недостатком шерсти является малая термостойкость — при температуре 100—110°C волокна становятся ломкими, жесткими, снижается их прочность. Шерстяное волокно неустойчиво к истиранию, склонно удерживать и долго сохранять запахи. Потери прочности шерстяного волокна в мокром состоянии составляют около 30 %.

В зависимости от толщины волокон и однородности состава овечью шерсть подразделяют на тонкую, полутонкую, полугрубую и грубую. Важными показателями качества шерстяного волокна являются его длина и толщина. Длина шерсти влияет на технологию получения пряжи, ее качество и качество готовых изделий. Из длинных волокон (55—120 мм) получают гребенную (камвольную) пряжу — тонкую, ровную по толщине, плотную, глад-

кую. Из коротких волокон (до 55 мм) получают аппаратную (суконную) пряжу, которая, в отличие от камвольной, более толстая, рыхлая, пушистая, с неровностями по толщине.

Из тонкой и полутонкой шерсти как в чистом виде, так и в смеси с другими волокнами (хлопковыми, вискозными, капроновыми, лавсановыми и др.), вырабатывают камвольные и тонкосуконные платьевые, костюмные, пальтовые ткани, нетканые полотна, трикотажные изделия, платки, одеяла; из полугрубой и грубой — грубосуконные пальтовые ткани, валяную обувь, войлок.

Козий пух применяют в основном для выработки платков, трикотажных изделий и некоторых платьевых-костюмных, пальтовых тканей; верблюжьей шерстью используют для производства одеял и национальных изделий.

### **Натуральный шелк**

Натуральный шелк представляет собой длинные нити, вырабатываемые гусеницами тутовых шелкопрядов во время завивки коконов (рис. 10). Шелкопряд проходит 4 стадии развития: яички (грена), гусеница, куколка, бабочка. Бабочка откладывает грены в количестве 100-400 штук. На гренажных фабриках грены собирают, промывают, высушивают и хранят до весны (осенью при комнатной температуре, а зимой в специальных холодильниках при 2-4 °С). Весной грены оживляют в инкубаторах при 20-24°С, и из них появляются гусеницы. В шелкоотделительной железе гусениц накапливается белок – фиброин и шелковичный клей – серицин. Гусеницы завивают коконы, выдавливая фиброин в виде двух тонких непрерывных струек, которые застывают на воздухе и склеиваются серицином. Коконная нить имеет длину 500-1500 м. Она укладывается гусеницей, образуя замкнутую оболочку, внутри которой гусеница превращается в куколку, из которой развивается бабочка.



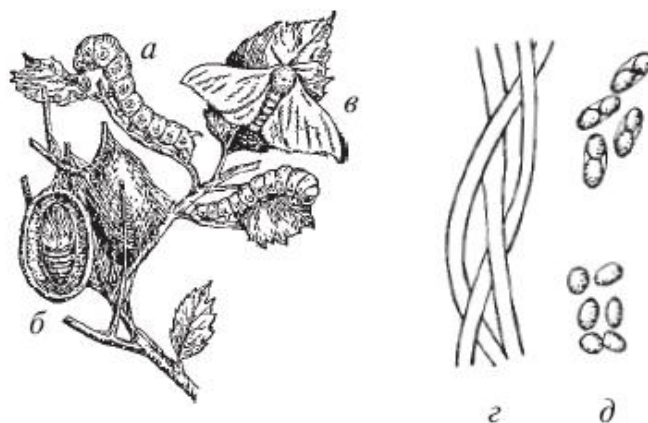


Рис. 10. Натуральный шелк: а -шелковичный червь; б-кокон (куколка),  
в – бабочка; г – элементарные нити;  
д – поперечный срез коконных нитей (вверху) и элементарных нитей (внизу).

Кокон, предназначенные для разматывания, собирают и передают на заводы первичной обработки, где их сортируют, отбирая брачные коконы; затем замаривают, т.е. убивают в них куколку. Замаривание осуществляется паром с последующим высушиванием или горячим воздухом в течение 3-3,5 часов при 80-125 °С.

После замаривания коконы поступают на кокономотальные фабрики, где их подвергают размотке. Размотка состоит из 2-х операций: запаривания и собственно размотки.

Запаривание необходимо для размягчения слоя серицина на поверхности кокона. Его осуществляют обработкой горячей водой в течение 1-2 часов. Затем вручную отыскивают конец нити и разматывают на кокономотальном автомате, где одновременно соединяются вместе нити с 8-10 коконов (рис. 11).

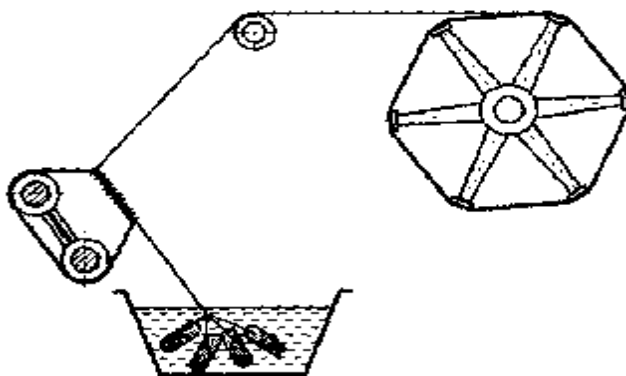


Рис. 11. Схема разматывания коконов

Полученные мотки называются *грежа* или *шелк-сырец*, который поступает на заводы по производству шелковых тканей.

### **Свойства натурального шелка**

Обесклеенная шелковина имеет номер 7500, толщину 0,1 текс. Натуральный шелк – ценное волокно, прочное ( $L_p = 38$  ркм), эластичное ( $\varepsilon = 25\%$ ), тонкое, гигиеничное, гигроскопичное ( $W = 13-15\%$ ), воздухопроницаемое, имеет низкий удельный вес, хорошее туше. Хорошо окрашивается, но очень дорогое.

Из натурального шелка вырабатывается широкий ассортимент платьевых тканей (атлас, шифон, жоржет, тафта, креп-сатин), нитей, шнуров, высокопрочных технических тканей для оборонной промышленности. Кроме тутового шелкопряда существует дубовый шелкопряд, кормом для которого являются листья дубов. Вырабатываемое дубовым шелкопрядом волокно более грубое, менее ценное. Кокон дубового шелкопряда трудно разматывается. Неподдающиеся размотке коконы расчесывают до коротких волокон, из которых и вырабатывают пряжу натуральных бежевых и золотистых цветов с естественным и модным эффектом непропряда.

### **Минеральные волокна**

*Асбестовое волокно* – натуральное, минерального происхождения. На асбестовые фабрики оно поступает после добычи из некоторых горных пород. Его обогащают путем дробления, получая пучки волокон, которые не имеют извитости и поэтому не прядутся. В прядении их используют вместе с хлопком, получая смешанную пряжу, а из нее ткань технического назначения – фильтры, термо- и звукоизолирующие прокладки. Волокно не горит, устойчиво к действию щелочей и других химических реагентов.

# ХИМИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА

## Получение, свойства и применение химических волокон

В мировом балансе текстильных волокон химические занимают первое место. По данным на 2003 г. их производство составляет 55,2 % от общего количества выпускаемых в мире волокон. В будущем выпуск химических волокон будет повышаться, вследствие ряда причин:

- их выпуск не зависит от климатических условий как, например, урожайность хлопка или льна зависит от погодных условий, всхожести и сортности семян;
- себестоимость химволокон невысока. Например, себестоимость вискозного волокна составляет 70 % от себестоимости хлопка, себестоимость капрона – 6 % от себестоимости шелка;
- волокна обладают рядом ценных свойств – высокая эластичность, устойчивость к действию химических реагентов, светопогоде. Изделия и ткани из них не сминаются;
- при переработке химволокон меньше отходов;
- свойства волокон можно изменять в желаемом направлении на стадии синтеза или формования.

Химические волокна выпускаются в виде одиночных филаментных нитей или штапельного волокна.

Процесс получения всех химических волокон складывается из 4-х операций:

1. Синтез полимеров из мономеров или предварительная обработка природного сырья.
2. Приготовление прядильного раствора полимеров (если его можно растворить) или расплава (если температура его плавления меньше температуры термического разложения).
3. Формование нити. Эта операция может осуществляться двумя способами:
  - а) мокрым – свежесформованная нить проходит через ванну с осадитель-

ным раствором и коагулирует в нем (затвердевает);

б) сухим – летучий растворитель удаляется при прохождении свежесформованной нити через шахту с горячим воздухом, а если нить образуется из расплава – то воздух холодный.

4. Отделка для придания мягкости, белизны, снижения электризуемости, для сообщения необходимых механических свойств путем многократного вытягивания нитей и их скручивания.

### **Способы получения химических волокон повышенной прочности**

Очень часто свежесформованная химическая нить не обладает достаточной прочностью и даже бывает хрупкой. Для придания ей необходимых механических и физико-химических свойств нить подвергают многократному вытягиванию.

Ориентационное вытягивание проводят при температуре 70-85 °С; оно обеспечивает высокую ориентацию макромолекул полимера, повышает плотность упаковки макромолекул, увеличивает число межмолекулярных связей. В результате резко возрастает прочность и модуль эластичности нитей и изготовленных из них тканей.

## **ИСКУССТВЕННЫЕ ВОЛОКНА**

Искусственные волокна вырабатываются из природных полимеров - целлюлозы и белков. Они делятся на четыре группы: гидратцеллюлозные, ацетатные, лайоцелловые и белковые.

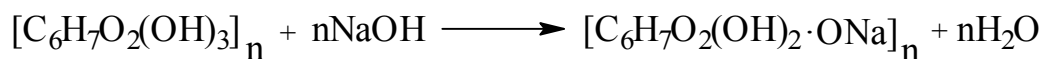
### **Искусственные целлюлозные волокна**

#### **Гидратцеллюлозные волокна**

##### ***Вискозные волокна***

На химические заводы в виде листов картона поступает древесная целлюлоза, которую обрабатывают следующим образом.

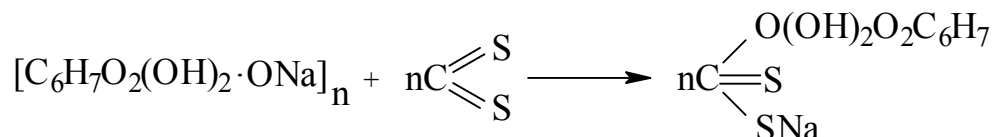
Сначала смешивают разные партии сырья, выдерживают их в нормальных условиях. Далее следует обработка 18 % раствором гидроксида натрия при 40-50 °С (процесс мерсеризации). При этом природная целлюлоза переходит в щелочную целлюлозу по реакции:



целлюлоза

щелочная целлюлоза

Щелочная целлюлоза отжимается и измельчается, а затем под действием кислорода воздуха происходит деструкция, укорочение макромолекулярных цепей целлюлозы. Получается раствор необходимой вязкости, который подвергается процессу ксантогенирования по реакции:



сероуглерод

ксантогенат целлюлозы

Ксантогенат целлюлозы обрабатывают 4-5 % раствором NaOH до получения **раствора вискозы**. Его выдерживают при температуре 40-50 °С в течение 20 часов (процесс созревания). В результате получается раствор с хорошей коагуляцией струек при фильтровании вследствие постепенного гидролиза эфира целлюлозы (ксантогената). Раствор вискозы фильтруют на фильтропрессах, а затем осуществляют прядение мокрым способом по схеме, представленной на рис.12.

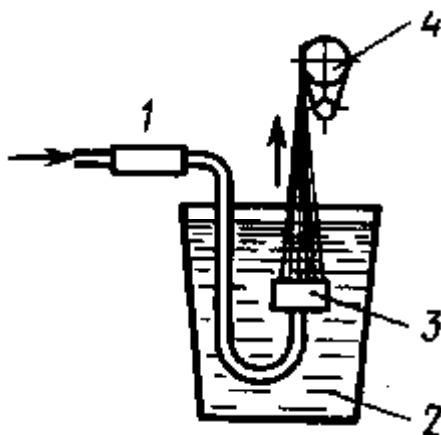
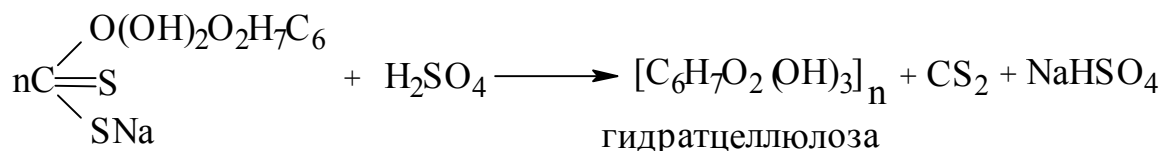


Рис. 12. Схема мокрого формования вискозного волокна

Созревший раствор через фильтр 1 подается в осадительную ванну 2, проходит через фильеру – металлические колпачки с отверстиями 3. Выдавливаемые струйки, попадая в раствор серной кислоты в осадительной ванне, коагулируют, полученные нити наматывают на бобины 4.

Под действием серной кислоты ксантогенат целлюлозы переходит в гидратцеллюлозу по реакции:



Волокна - нити промывают, отмывая от кислоты, замасливают, отбеливают. Процесс затвердевания идет не одновременно. Сначала коагулируют наружные слои, в результате чего они втягиваются вовнутрь и поперечное сечение приобретает неправильную форму круга с зазубринами (рис.13).



Рис. 13. Поперечные срезы искусственных волокон:  
а – вискозного обычного; б -вискозного матированного (полинозного)

Вискозное волокно эластично ( $\epsilon = 12-14 \%$ ), гигроскопично ( $W = 35-40 \%$ ) и имеет разрывную длину как у хлопка. Оно термостойко, хорошо окрашивается, мягкое, легко драпируется, но пиллингуется, усаживается. Недостатком вискозного волокна является большая потеря прочности в мокром состоянии (до 60 %). Вискоза выпускается в виде волокна и комплексной нити (продольно скрепленных волокон).

В последние годы химическая промышленность выпускает более прочные волокна – сиблон (высокомодульное вискозное ВВМ) и полинозное волокно. Сырьем для его получения является вискозное волокно. После осад-

тельной ванны нити пропускают через пластификационную ванну с горячей водой, где они набухают. Затем нити вытягивают, в результате макромолекулы целлюлозы ориентируются вдоль оси волокна, возникают новые межмолекулярные связи, волокно упрочняется. Сиблон имеет в 2-3 раза бóльшую устойчивость к действию щелочей, потери прочности в мокром состоянии не более 25 %. Разрывная длина сиблона 35 ркм, а разрывное удлинение 8-14 %. Сиблон имеет круглое поперечное сечение. Это волокно более упругое, менее сминаемое и менее усадочное по сравнению с обычным вискозным волокном. Изделия напоминают изделия из тонковолокнистого хлопка.

Достоинством всех вискозных волокон является отсутствие спутников целлюлозы, что облегчает отделку в отделочном производстве. Из вискозных штапельных тканей изготавливают костюмы, платья, бельевого трикотажа. Изделия обладают мягкостью, приятным туше, шелковистым блеском.

### *Лиоцеловое волокно*

Лиоцелл, в отличие от аналогичных искусственных волокон, получают из высококачественной целлюлозы, для растворения которой используют N-метилморфолин-N-оксид. Переход к технологиям с использованием в качестве растворителя целлюлозы N-метилморфолин-N-оксида позволяет сократить расход химических веществ в десятки раз по сравнению с вискозным процессом. Главная особенность этого процесса в том, что растворитель практически полностью утилизируется.

Волокна лиоцелла и материалы на их основе близки по свойствам и по назначению к вискозным, но имеют более высокую прочность в сухом и мокром состоянии. В мокром состоянии лиоцелл сохраняет 85 % прочности и является единственным искусственным целлюлозным волокном, которое прочнее хлопка в этих условиях.

Волокна типа лиоцелла характеризуются высоким модулем деформации и пониженным удлинением, повышенной фибриллируемостью в мокром состоянии, а следовательно, пониженной износоустойчивостью. В настоящее

время созданы малофибриллирующиеся виды этих волокон с улучшенными потребительскими характеристиками.

Гидратцеллюлозные волокна – вискозные и лиоцелл могут быть подвергнуты модификации, что позволяет существенно изменять и улучшать их функциональные свойства. Производят гидратцеллюлозные волокна с анти-микробными, огнестойкими и другими важными физико-химическими свойствами.

### ***Медно-аммиачное волокно***

Сырьем для получения медно-аммиачных волокон является хлопковый пух - линт, который подвергается следующим операциям:

- 1) смешение рыхлой массы целлюлозы с гидроокисью меди в присутствии водного раствора аммиака, приводящее к образованию медно-аммиачного раствора целлюлозы;
- 2) фильтрование полученного раствора через никелевые сетки на вакуумной установке для удаления воздуха;
- 3) формование мокрым способом нитей, путем пропускания через осадительный раствор 2 %-ой серной кислоты, где промежуточное медно-аммиачное соединение разлагается с образованием гидратцеллюлозы;
- 4) промывка нитей разбавленным раствором серной кислоты для отмывки от меди, а затем промывка водой для отмывки от кислоты;
- 5) замасливание нитей и сушка.

Поперечный срез медно-аммиачного волокна имеет округлую форму. Медно-аммиачные волокна не перспективны из-за высокой стоимости и недоступности растворителя. Волокно имеет мягкий гриф, равномерный блеск, более прочное, чем вискозное.

## **Волокна на основе уксуснокислых эфиров целлюлозы**

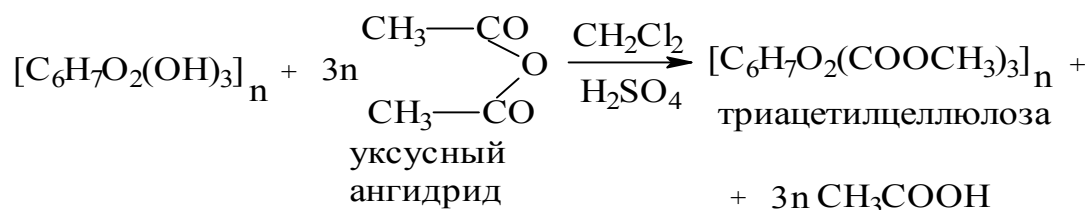
### ***Ацетатные волокна***

Исходным сырьем для получения *триацетатных волокон* является



хлопковый пух.

Процесс производства складывается из следующих операций:



- 1) обработка пуха концентрированным раствором уксусной кислоты;
- 2) обработка уксусным ангидридом в присутствии растворителя – метил-

ленхлорида и катализатора – серной кислоты. При этом образуется триацетилцеллюлоза, которая используется для получения волокна;

- 3) растворение триацетилцеллюлозы (ТАЦ) в смеси метилхлорида и этилового спирта в отношении 91:9, получение прядильного раствора;

- 4) прядение мокрым или сухим способом;
- 5) в случае мокрого формования ацетатных волокон осадительная ванна может быть спиртовой.

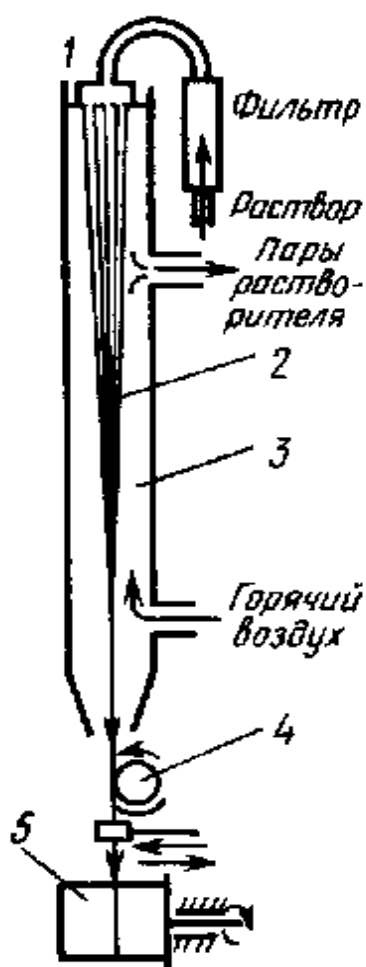


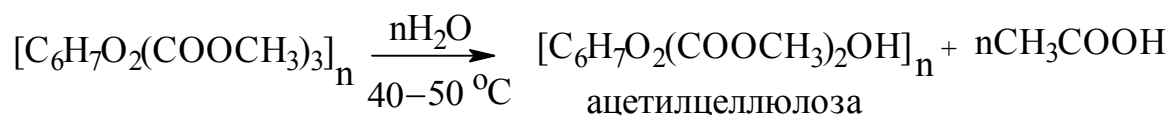
Схема сухого формования ацетатного волокна представлена на рис.15.

Рис. 15. Схема сухого формования триацетатного волокна

Струйки раствора ТАЦ выдавливаются в шахту, где под действием горячего воздуха происходит быстрое испарение растворителя и затвердение струек 2 раствора, вышедших из фильеры 1. Нити формируются в шахте 3, за-масливаются на ролике 4 и наматываются на бобину 5.

Последующая обработка нитей предусматривает придание мягкости и антистатических свойств.

**Ацетатные волокна** получают омылением ТАЦ волокна водой или разбавленной уксусной кислотой по уравнению:



Ацетилцеллюлозу высаживают слабым раствором уксусной кислоты, измельчают, промывают водой, обрабатывают слабым раствором серной кислоты, промывают водой, отжимают, сушат, растворяют в смеси ацетона с водой в отношении 96:4. Далее формуют нити сухим способом. Поперечные срезы ацетатных волокон представлены на рис.16.



Рис. 16. Поперечные срезы ацетатных волокон

Ацетатные волокна менее гигроскопичны, чем гидратцеллюлозные:  $W = 3,5\%$  у триацетатного волокна и  $6\%$  - у ацетатного волокна. Ацетатные волокна более прочные и более эластичные  $\varepsilon = 27\%$ .

Из ацетатных волокон изготавливают трикотажные полотна, технические ткани. Изделия из триацетатных и диацетатных нитей не мнутся, устойчивы к действию микроорганизмов, пропускают УФ-лучи.

Из недостатков следует отметить невысокую термостойкость, невысокую прочность к истиранию и трудную окрашиваемость.

### **Карбаматные волокна**

Карбоцелл – искусственное целлюлозное волокно, регенерируемое из раствора карбамата целлюлозы, который получается в результате взаимодействия целлюлозы и мочевины.

## Полилактидные волокна

Созданы новые полилактидные волокна на основе биохимически превращаемых полисахаридов (крахмала), получаемые на основе крахмалосодержащих растительных отходов. В настоящее время несколько фирм США, Японии и Германии создают современные технологии получения молочной кислоты полилактида и полимерных материалов на их основе (в том числе и в первую очередь волокон); уже строятся или проектируются крупные промышленные производства.

Исходным сырьем для биохимического процесса в основном служит крахмал (маисовый, кукурузный, картофельный) или некоторые другие растительные продукты, содержащие гексозаны. Эти исходные материалы подвергаются гидролизу с образованием глюкозы и других гексоз. Имеется возможность использования гидролизата, получаемого кислотным гидролизом древесины (целлюлозы).

Полученные гексозы (глюкоза) подвергаются ферментации с образованием молочной кислоты, которая очищается переводом в дилактид. Последний полимеризуется до полилактида, являющегося плавким полимером с температурой плавления 175—190 °С. Получение волокон и нитей осуществляется формованием из расплава с последующими операциями вытягивания и релаксации.

## Искусственные белковые волокна

*Казеиновое волокно* получают из отходов молочной промышленности путем добавления в молоко кислоты, в результате чего белок свертывается и в виде творога выпадает в осадок. Затем казеин высушивают, растворяют в едком натре до получения вязкого прядильного раствора, который через фильтры продавливают в осадительную ванну, содержащую формальдегид.

Полученные нити замасливают, вытягивают и наматывают на специальные патроны.

Казеиновое волокно непрочное, но по своим свойствам приближается к

шерсти, имеет матовый блеск, на ощупь теплое, мягкое. Волокно неперспективное, так как сырьем является пищевой продукт.

Из белков арахиса, сои и кукурузы получают *зеиновые волокна*.

## СИНТЕТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА

### Гетероцепные волокна

### Полиамидные волокна

Полиамидные волокна – большая группа волокон, основой которых являются гетероцепные полимеры, в основных цепях содержащие многократно повторяющиеся амидные группы –NH-CO-.

У нас полиамидное волокно вырабатывается под названием *капрон*, в Германии – дедерон; в США – анид, найлон 6.

Получают полиамиды двумя способами:

- путем поликонденсации из диаминов и дикарбоновых кислот;
- по реакции ступенчатой полимеризации из капролактама, являющегося продуктом переработки нефти и каменного угля.

Полимер, полученный из капролактама, измельчают, промывают горячей водой, высушивают и сухую крошку подают в бункер машины для формирования нитей. Здесь она плавится при 250 °С и подается к фильтрам. Струйки охлаждают в шахте с холодным воздухом, а полученные нити замасливают, вытягивают, скручивают, наматывают на перфорированные патроны и подвергают антистатической отделке. Из полиамида получают капроновые волокна и штапельные нити.

Среди ароматических полиамидов (арамидов) российское волокно *армос* занимает первое место одновременно по двум основным показателям: механической прочности и устойчивости к открытому огню. Прочность на растяжение составляет от 4400 до 5500 МПа. Динамический модуль деформации армоса находится в диапазоне 135-145 г/см<sup>3</sup>.

Полиамидные волокна – самые прочные к истирающей нагрузке, раз-

рывная длина их составляют 65-80 ркм, доля обратимой деформации 96%, высокоэластичные ( $\epsilon = 25-35 \%$ ), волокна устойчивы к микроорганизмам, сравнительно устойчивы к щелочам, неустойчивы к кислотам, потеря прочности в мокром состоянии 20-25 %.

Недостатки: низкая гигроскопичность ( $W = 4 \%$ ), высокая электризуемость, пиллингуемость, низкая свето- и термостойкость, изделия из капрона вытягиваются.

Полиамидные волокна применяются для изготовления чулочно-носочных изделий, костюмных и платьевых тканей, брезентов.

Волокна армос, относящиеся к ароматическим полиамидам, обладают комплексом уникальных свойств - безусадочны, не горят на воздухе и устойчивы к действию открытого пламени. Они могут длительно храниться без изменения свойств, незначительно меняют свойства в мокром состоянии, устойчивы к длительному пребыванию в воде, биостойки. Их используют для изготовления композиционных материалов, деталей летательных аппаратов, средств безопасности и спасения, сверхпрочных канатов для подъема затонувших судов, текстильных "мягких" и композитных "жестких" бронежилетов, касок, щитов и многих других изделий.

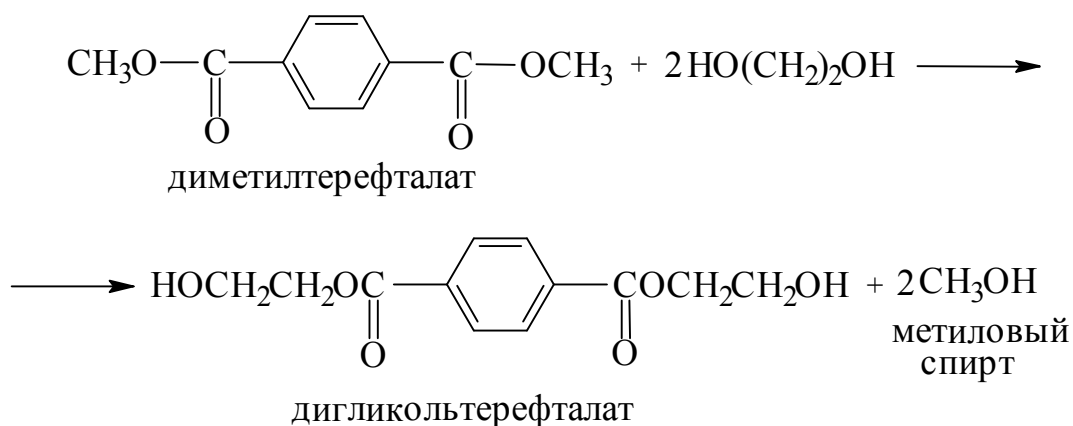
### **Полиэфирные волокна**

В России полиэфирное волокно известно под названием лавсан. В Англии – терилен, в США – дакрон, во Франции – тергаль, в Германии – тревера, диолен, ланол.

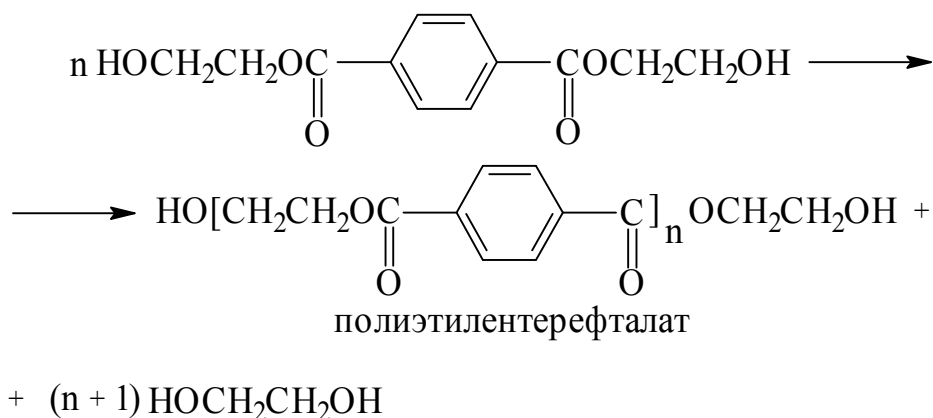
Полиэфирное волокно получают из диметилового эфира терефталевой кислоты и этиленгликоля.

Получение полиэтилентерефталата может быть представлено следующей схемой:

1) переэтерификация диметилтерефталата избытком этиленгликоля:



2) образование высокомолекулярного полиэфира при нагревании дигликольтерефталата:



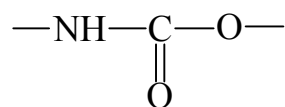
Волокно обладает высокой эластичностью ( $\epsilon = 35\%$ ), разрывной длиной 50 ркм, гидрофобно, устойчиво к действию химреагентов и свету. У полиэфирного волокна самая высокая термостойкость – выдерживает температуру до  $230^\circ\text{C}$  и при этом не плавится, упругое, несминаемое, не теряет прочность в мокром состоянии.

К недостаткам следует отнести малую гигроскопичность ( $W = 0,4\%$ ), высокую электризуемость, пиллингуемость, трудную окрашиваемость.

Полиэфирное волокно в виде штапельного волокна в смеси с шерстью, льном, хлопком, вискозным штапельным волокном используется для изготовления платьевых, костюмных тканей, а в виде элементарных нитей применяется в технических целях для изготовления транспортерных лент, приводных ремней, канатов, парусов, тентов, электроизоляционных материалов.

## Полиуретановые волокна

Полиуретан – гетероцепной полимер, который получается в результате ступенчатой полимеризации гексаметилендиизоцианата  $\text{OCN}(\text{CH}_2)_6\text{NCO}$  и тетраметиленгликоля  $[\text{HO}(\text{CH}_2)_4\text{OH}]$ . Характерной группой этого соединения является уретановая группа:



Полиуретан, синтезируемый при температуре  $195\text{ }^\circ\text{C}$  в атмосфере азота, имеет следующее строение:



Нити формируются из расплава аналогично полиамидным волокнам, а затем также подвергаются большой вытяжке.

Производят в основном монопнити, которые используют как заменитель щетины. По сравнению с полиамидными эти волокна отличаются большей жесткостью, меньшей прочностью и влагопоглощением. Они применяются только в указанной специфической области, и широкого распространения не получили.

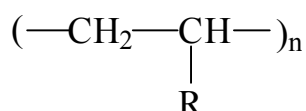
Начиная с 60-х годов прошлого века, в ряде стран было начато производство блочных сополимеров, в которые, наряду с участками полиуретана, входят гибкие, сильно растяжимые блоки, не содержащие полярных групп – это простые или сложные эфиры. Они получили наименование *спандекс*, *лайкра*, *вирен* и др. Название «спандекс» часто используется как родовое для всех нитей подобных видов. Блок-сополимерные волокна обладают большой обратимой растяжимостью (в 2-3 раза и более) при сравнительно высокой прочности и малой плотности. Их широко используют для производства трикотажных и тканых изделий бытового, спортивного, медицинского и других назначений. Эти нити часто вырабатываются с предохраняющей их обмоткой из пряжи различных видов или комплексных нитей.

Важной областью применения эластановой пряжи является производ-

ство эластичных тканей и трикотажа, корсетных изделий, купальных костюмов, лечебных чулочно-носочных изделий.

### Карбоцепные волокна

К карбоцепным волокнам относятся полиакрилонитрильные (ПАН), поливинилспиртовые (ПВС), поливинилхлоридные (ПВХ) и полиолефиновые (ПО), имеющие следующую структурную формулу:



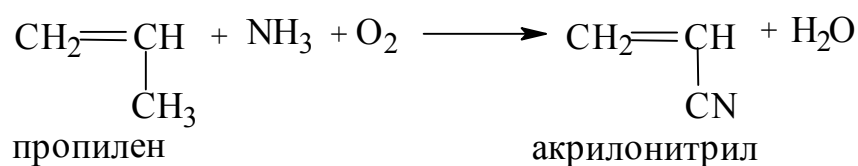
где R – заместитель, определяющий тип волокна:



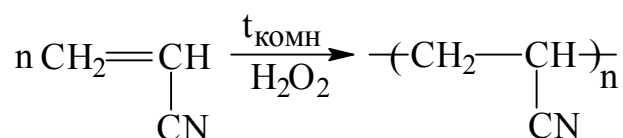
### Полиакрилонитрильные волокна

Отечественные полиакрилонитрильные волокна называются нитроном; в США – орлоном, акриланом; в Японии – кашмилоном и эксланом.

Получают волокна из акрилонитрила, который синтезируется на химических заводах путем окисления пропилена кислородом воздуха в присутствии аммиака:



Акрилонитрил растворяют в воде и полимеризуют при комнатной температуре в присутствии перекиси водорода:



Полиакрилонитрил получают в виде гранул, которые растворяют в диметилформамиде при 70 °С. Раствор фильтруют, обезвоздушивают и форму-



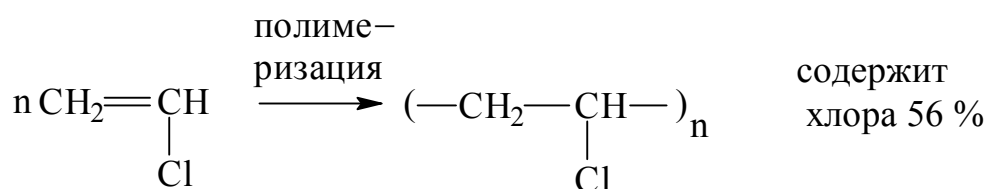
ют сухим или мокрым способом. При формовании мокрым способом в осадительной ванне находится 60 % раствор диметилформамида.

Волокно имеет шерстоподобный вид, высокоэластично ( $\epsilon = 35 \%$ ), прочное ( $L_p = 39$  ркм), устойчиво к действию света и температуры. Вместе с тем ПАН имеет низкую прочность к истиранию, низкую гигроскопичность ( $W = 1-2 \%$ ), малую теплопроводность, высокую электризуемость и большую склонность к пиллингу. Чистый полиакрилонитрил трудно окрашивается, поэтому выпускают модифицированные волокна, содержащие кислотные группировки. Это дает возможность использовать для крашения прочные катионные красители.

Полиакрилонитрильные волокна используются для производства верхнего трикотажа, летнего и зимнего, ковров, искусственного меха, тканей для занавесей и тентов.

### Поливинилхлоридное волокно (ПВХ)

Поливинилхлоридное волокно получают из перхлорвиниловой кислоты. Исходным продуктом является винилхлорид:



Волокно известно под следующими названиями: равиль, термовиль, хлорин, совиден, в США – виньон, дайнель.

Содержание 56 % хлора в макромолекуле недостаточно, чтобы использовать поливинилхлорид для получения волокна, так как он не растворяется в органических растворителях. Поэтому ПВХ дополнительно хлорируют до 65 % содержания хлора.

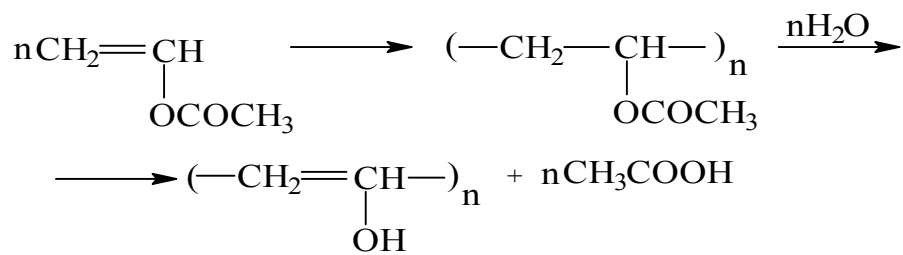
Получают ПВХ – полихлорвиниловую смолу в виде рыхлой волокнистой массы, которую растворяют в ацетоне. Волокно формуют мокрым способом. В осадительной ванне находится разбавленный раствор ацетона.

Волокно очень гидрофобно ( $W = 0,2 \%$ ), характеризуется высокой электризуемостью, низкой термостойкостью и светостойкостью, плохой окрашиваемостью.

Поливинилхлоридные волокна используются в основном для изготовления изделий технического назначения – рыболовных сетей, лечебного белья, негорючих ковров, декоративных тканей и спецодежды.

### Поливинилспиртовые волокна

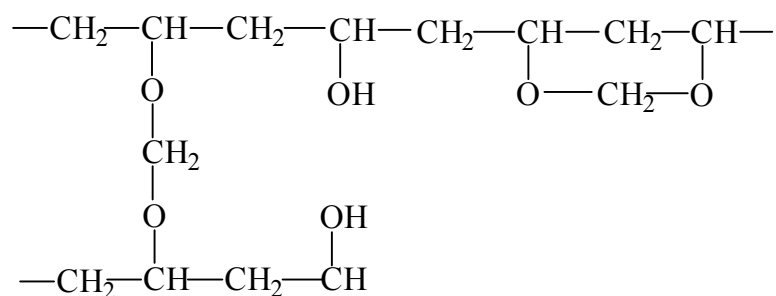
Эти волокна синтезируют из винилацетата, полимеризуя его до поливинилацетата. Омылением поливинилацетата получают поливиниловый спирт:



Волокно нельзя получить из винилового спирта, так как он не существует в свободном состоянии, в момент образования изомеризуется в уксусный альдегид.

Поливиниловый спирт (ПВС) растворим в воде. Формование волокна осуществляют из водного раствора, в осадительной ванне используют растворы солей (сульфат аммония или натрия). Полученное волокно легко растворяется в воде. Поэтому его используют в медицине как нити для швов, не требующих удаления, а также в военном деле для изготовления парашютов, прикрепляемых к морским минам.

Для придания волокнам нерастворимости в воде их дополнительно обрабатывают формальдегидом ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) с целью образования между макромолекулами поперечных химических связей:



Поливинилспиртовые волокна в России называют винол, в Японии – куранол, винилон, в США – винал.

Волокно прочное ( $L_p = 35$  ркм), эластичное ( $\varepsilon = 7-25$  %), гигроскопичное ( $W = 4-5$  %), устойчиво к истиранию, термопластично – размягчается при  $200$  °С, светостойко. Волокно устойчиво к действию микроорганизмов и бензина, поэтому используется для изготовления бензошлангов.

### Полиолефиновые волокна

Волокна получают из полимеров непредельных углеводородов ряда этилена  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ :

полиэтилена  $(-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-)_n$ ,

полипропилена:  $(-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-)_n$

полибутилена:  $(-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_2\text{H}_5}{\text{CH}}-)_n$

Наиболее привлекательны для текстильщиков полиэтиленовые и полипропиленовые волокна из-за широкой сырьевой базы (пропилен и этилен получают при крекинге или пиролизе нефти).

В России их называют полипропилен и полиэтилен, в США – политен, в Англии – курлен, в Италии – мераклон. Полиэтиленовые и полипропиленовые волокна имеют очень прочную, упорядоченную структуру молекул, высокие прочностные и электроизоляционные свойства. Они гидрофобны, сравнительно легко электризуются, не горят, по весу являются самыми лег-

кими и для них характерно явление пиллинга.

В настоящее время разработана технология производства волокон из сверхвысокомолекулярного полиэтилена (НРРЕ). Эти волокна можно применять в области баллистической защиты, для производства фехтовальных костюмов, канатов, сетей и т.д. Они не теряют свою прочность в воде и не подвергаются воздействию УФ-облучения и морской воды.

*Полипропиленовые* нити используют в производстве ковров и нетканых материалов. Изделия из полипропилена экологичны, химически стойки к агрессивным и биологическим средам. Плотность полипропиленового волокна очень низкая, поэтому изделия из них не тонут в воде. Они широко применяются в медицине, строительстве, в производстве канатов, фильтров, технических тканей, веревок, гибких объемных контейнеров, геотекстиля, изоляционного материала, рыболовных снастей, отделочных автомобильных или укрывных материалов для сельского хозяйства.

### **Фторсодержащие волокна**

К фторсодержащим волокнам относятся фторлон и тефлон, сырьем для получения которых являются фторсодержащие сополимеры.

Фторлон и тефлон обладают высокой стойкостью к агрессивным химическим средам, лучшей устойчивостью к свету из всех известных текстильных волокон. Они негорючие, имеют очень малую гигроскопичность. Фторлон даже при нагревании до 120°С незначительно меняет свою прочность. Это волокно используют для производства технических тканей, спецодежды, прокладок и т.д. Тефлон является самым гидрофобным из всех текстильных волокон и выдерживает действие температур до 300 °С. Разрывная длина тефлонового волокна составляет 17 ркм, а разрывное удлинение – 13 %. Это волокно гибкое, эластичное. Оно используется для создания тефлоновых имплантантов.

## **Арамидные волокна**

Арамидное волокно представляет собой ароматический полиамид - полипарафенилентерефталамид:  $(-NH-C_6H_4-NH-CO-C_6H_4-CO-)_n$

Впервые это волокно было получено в 60-х годах в лаборатории химического гиганта DuPont. На рынок оно было выпущено в 1975-м году под торговой маркой Кевлар. Несколько позже, но совершенно независимо, аналогичное волокно было получено в нашей стране под названием ТСВМ (позднее — СВМ). В настоящее время выпуск арамидного волокна налажен по всему миру под самыми различными торговыми марками.

Отличительными свойствами материалов из арамидных нитей и волокон (Кевлар, СВМ, Армос, Русар, Тварон) являются прочность при растяжении, высокий модуль упругости, низкое относительное удлинение при разрыве. Они не подвержены коррозии и устойчивы к действиям химических реагентов, биостойки и не проводят электрический ток. К их уникальным свойствам также относятся превосходная термостойкость, стабильность размеров, жаропрочность и огнестойкость. Эти волокна не меняют своих свойств при длительном хранении, совершенно незначительно меняют свои свойства в мокром состоянии и не поддерживают горения на воздухе, обладают отличной морозостойкостью.

Арамидные материалы находят применение в производстве бронежилетов, ремней и шлангов для автомобилей, компонентов корпусов самолетов, волоконной оптики, электромеханических кабелей и уплотнителей, для проведения работ в условиях высоких температур и давления.

## **Производство нановолокон**

Нанотехнология – это технология производства материалов путем контролируемого манипулирования с атомами, молекулами и частицами сверхмалого размера для получения материалов с фундаментально новыми свойствами. Размерность наночастиц варьируется от 0,1 до 100 нм.

На сегодняшний день в текстиле внедряются следующие нанотехнологии:

- производство нановолокон;
- заключительная отделка с использованием нанотехнологий.

Нановолокна можно производить, наполняя традиционные волокнообразующие полимеры различными по конфигурации наночастицами химических веществ, или путем выработки ультратонких (диаметром в рамках наноразмеров) волокон.

В качестве наполнителей волокон широко используют углеродные нанотрубки с одной или несколькими стенками. Волокна, наполненные нанотрубками, приобретают уникальные свойства – они в 6 раз прочнее стали и в 100 раз легче ее. Наполнение волокон углеродными наночастицами на 5-20% от массы придает им также сопоставимую с медью электропроводность и химическую устойчивость к действию многих реагентов. Углеродные нанотрубки используются в качестве армирующих структур, блоков для получения материалов с высокими прочностными свойствами: экранов дисплеев, сенсоров, хранилищ жидкого топлива, воздушных зондов и т.д. Например, при наполнении углеродными нанотрубками поливинилспиртового волокна, получаемого по коагуляционной технологии прядения, оно становится в 120 раз выносливее, чем стальная проволока и в 17 раз легче, чем волокно Кевлар.

Подобные нановолокна уже сейчас начинают применять для производства взрывозащищающей одежды и одеял, защиты от электромагнитных излучений.

Очень ценные и полезные свойства химические волокна приобретают при наполнении их наночастицами глинозема, которые обеспечивают высокую электро- и теплопроводность, химическую активность, защиту от УФ-излучения, огнезащиту и высокую механическую прочность. У полиамидных волокон, содержащих 5% наночастиц глинозема, на 40% повышается разрывная нагрузка и на 60% – прочность на изгиб. Введение 15% наночастиц глинозема в структуру полипропиленовых волокон обеспечивает возмож-

ность крашения их различными классами красителей с получением окрасок глубоких тонов.

Интенсивно развиваются исследования и производство синтетических волокон, наполненных наночастицами оксидов металлов:  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{MgO}$ . Такие волокна приобретают следующие свойства: фотокаталитическую активность; УФ-защиту; антимикробные свойства; электропроводность; грязеотталкивающие свойства; фотоокислительную способность в различных химических и биологических условиях.

Еще одним интересным направлением в производстве нановолокон является придание им ячеистой, пористой структуры с наноразмерами пор. При этом достигается резкое снижение удельной массы (получение легких материалов), хорошая теплоизоляция, устойчивость к растрескиванию. Образующиеся нанопоры волокон, могут быть заполнены различными жидкими, твердыми и даже газообразными веществами различного функционального назначения (медицина, ароматизация полотен, биологическая защита).

Другой тип нановолокон – ультратонкие волокна, диаметр которых не превышает 100 нм. Эта тонина обеспечивает высокое значение удельной поверхности и, как следствие, высокое удельное содержание функциональных групп. Последнее обеспечивает хорошую сорбционную способность и каталитическую активность материалов из подобных волокон. В Европе США, Израиле и Японии параллельно идут интенсивные работы по созданию синтетических белковых волокон, имитирующих структуру паутины с непревзойденными физико-механическими свойствами. Области применения «паучьего шелка» разнообразны: это и хирургические нити, и невесомые и чрезвычайно прочные бронежилеты, и легкие удочки, и рыболовные снасти.

## **ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН**

Для оценки надежности и прогнозирования срока службы полотен и изделий из них необходимо знать, как изменяются их свойства и строение

при переработке и эксплуатации. С этой целью определяют количественно показатели свойств полотен и сравнивают их с установленными нормативами.

К основным показателям, характеризующим качество тканей, относят прочность, жесткость, драпируемость, сминаемость, гигроскопичность и др.

**Прочность** - это способность ткани сопротивляться разрыву. Её определяют как по основе, так и по утку при разрыве полосок ткани шириной 5 см и длиной 20 см на специальном приборе – разрывной машине. Прочность выражается в ньютонах или сантиньютонах.

**Растяжимость или удлинение** - увеличение длины образца при действии на него растягивающей нагрузки. Обычно удлинение выражается в процентах от начальной длины образца. Чаще всего определяется разрывное удлинение. Общее удлинение ткани при растяжении складывается из упругого, эластического и пластического удлинений. Упругим называется удлинение, которое почти мгновенно исчезает при снятии растягивающей нагрузки. Эластическое удлинение исчезает спустя некоторое время после снятия растягивающей нагрузки, а пластическое не исчезает. При эксплуатации тканей наиболее полезными являются упругие и эластические удлинения.

**Жесткость** - сопротивление ткани изменению формы при действии внешней силы. Для тканей наибольшее значение имеет жесткость при изгибе. Она зависит от вида деформации. При изгибе эта характеристика в обычной трактовке теории упругости представляет собой коэффициент пропорциональности между изгибающим моментом и кривизной продольной оси тела, т.е. упругое сопротивление изменению формы при изгибе. Жесткость при изгибе (или обратная характеристика - гибкость) текстильных изделий является для технолога важной характеристикой, так как определяет поведение изделий при дальнейшей обработке и эксплуатации. Гибкость (пластичность) при изготовлении изделий можно увеличить влажно-тепловыми обработками. При увлажнении и нагреве большинство текстильных материалов становятся менее жесткими, так как тепловые колебания молекул усиливаются, а меж-



молекулярные связи уменьшаются. В этом состоянии им придают определенную форму. При высыхании и охлаждении жесткость восстанавливается. На этом, в частности, основан эффект глажения.

**Драпируемость** – способность ткани в подвешенном состоянии образовывать мягкие подвижные складки под действием собственной силы тяжести. Эта характеристика в значительной мере зависит от гибкости и поверхностной плотности ткани.

**Сминаемость** – свойство ткани сохранять складку в месте изгиба. Складки и морщины не только портят внешний вид одежды, но и ускоряют ее износ, так как по сгибам и складкам происходит более сильное истирание.

**Несминаемость** – способность ткани быстро восстанавливать исходную форму и расправлять складки после прекращения действия сминающей нагрузки. Этот показатель характеризуется углами восстановления ткани после её смятия по основе и утку или суммой этих углов и выражается в градусах. Максимально возможная малосминаемость при измерении в каком-либо одном направлении (по основе или утку) равна  $180^\circ$ . Измерения можно проводить как на сухой, так и на влажной ткани. Соответственно этому получают показатели несминаемости в сухом или мокром состоянии. Определение этих показателей осуществляют в соответствии с ГОСТом на смятиемере.

**Трение и цепкость** оцениваются величиной сопротивления при скольжении ткани по некоторой поверхности. Трение и цепкость имеют большое значение при эксплуатации ткани в качестве одежды.

**Сопротивление истиранию** – способность ткани противостоять истирающим воздействиям. Этот показатель определяют на специальных приборах, где образец ткани подвергается трению о шероховатую поверхность. В отдельных случаях образец при испытаниях перетирают до обрыва и по числу оборотов вала прибора судят о величине сопротивления ткани истиранию. При другом методе образец ткани подвергают определенному числу истирающих воздействий и о сопротивлении ткани к истиранию судят по потере прочности образца. Величина сопротивления истиранию зависит от трения и

цепкости, вида волокнистого материала и структуры ткани.

**Изменение линейных размеров  $\lambda$ , %**, определяют по формуле:

$$\lambda = 100 (L - L_0) / L_0,$$

где  $L$  – конечный линейный размер полотна после обработки, мм;

$L_0$  – начальный линейный размер полотна до обработки, мм.

Величина  $\lambda > 0$  характеризует увеличение, а  $\lambda < 0$  - уменьшение размеров, поэтому итоговые числовые результаты должны записываться со знаком (+) или (-). **Усадкой** называют уменьшение размеров текстильных изделий под действием различных факторов (влаги, температура). Увеличение размеров называют отрицательной усадкой или **притяжкой**.

Усадку полотен  $Y$ , % определяют по формуле:

$$Y = 100 (L_0 - L) / L_0,$$

При определении общей (суммарной) усадки  $Y_o$ , в результате нескольких последовательных процессов усаживания следует пользоваться следующей формулой:

$$Y_o = 100 - 100(1 - 0,01 Y_1)(1 - 0,01 Y_2) \dots (1 - 0,01 Y_n),$$

где  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  – усадка после соответственно 1, 2 и n-го процессов, %,

$$Y_1 = 100 (L_0 - L_1) / L_0,$$

$$Y_2 = 100 (L_1 - L_2) / L_0,$$

$$Y_n = 100 (L_{n-1} - L_n) / L_0,$$

где  $L_1, L_2, \dots, L_{n-1}, L_n$  – размер пробы после соответственно 1, 2, (n-1) и n-го процессов усаживания, мм;  $L_0$  – начальный размер пробы, мм.

**Гигроскопичность  $W_r$ , %** - показывает влажность текстильных полотен при 98% влажности воздуха и температуре  $20 \pm 2$  °C.

$$W_r = \frac{m_s - m_c}{m_c},$$

где  $m_s$  – масса пробы, выдержанной в эксикаторе при относительной влаж-

ности воздуха 98%, г.

**Фактическая влажность  $W_f$** , % показывает какую долю массы текстильных полотен составляет влага, содержащаяся в них при фактической влажности воздуха:

$$W_f = \frac{m_f - m_c}{m_c},$$

где  $m_f$  – масса пробы полотен при фактической влажности воздуха, г;

$m_c$  – масса сухой пробы, г.

**Кондиционная влажность  $W_k$** , % полотен и изделий – влажность условная, принятая в стандартах. Она применяется для полотен с высокой растяжимостью, например, трикотажных, когда расчет производится по массе.

Кондиционную массу рассчитывают по формуле:

$$m_k = m_f \frac{100 + W_k}{100 + W_f},$$

**Капиллярность** текстильных полотен характеризует поглощение влаги продольными капиллярами материала и оценивается высотой  $h$  подъема жидкости в пробе, погруженной одним концом в жидкость на 1 ч.

**Водопоглощаемость** полотен  $B_B$ , % определяется количеством поглощенной пробой воды при полном погружении ее в воду:

$$B_B = \frac{m_B - m_0}{m_0} 100,$$

где  $m_B$  – масса пробы после замачивания в воде, г;

$m_0$  – масса пробы до замачивания, г.

**Привес влаги  $\Pi_B$** , % характеризует количество влаги, поглощенной пробой в результате сорбции, капиллярной конденсации и водопоглощения:

$$\Pi_B = \frac{m_B - m_c}{m_c} 100,$$

где  $m_c$  – масса высушенной пробы, г.

**Воздухопроницаемость** – способность ткани пропускать воздух. Воздухопроницаемость определяется на специальных приборах, в которых по обе стороны от испытуемого образца создается различное давление воздуха. По количеству воздуха, проходящего через ткань, судят о величине воздухопроницаемости. В зависимости от назначения к ткани предъявляют различные требования по ее воздухопроницаемости. Летние легкие ткани должны обладать большей воздухопроницаемостью, а ткани для верхней зимней одежды значительно меньшей.

**Паропроницаемость** – способность ткани пропускать водяные пары из среды с повышенной влажностью воздуха в среду с меньшей влажностью. Паропроницаемость является ценным свойством тканей, так как обеспечивает удаление испарений с поверхности тела человека.

**Водопроницаемость** – способность ткани пропускать воду под определенным давлением. Этот показатель является весьма важным при использовании тканей в качестве фильтровальных материалов, которые должны хорошо и быстро пропускать воду.

**Водоупорность** – сопротивление ткани первоначальному прониканию воды с одной стороны на другую. Повышенной водоупорностью должны обладать брезентовые, палаточные, обувные и плащевые ткани.

**Теплопроводность** – способность ткани в той или иной мере пропускать тепло. Значение этого свойства зависит от назначения ткани. Если ткань предназначена для защиты от холода, то ее теплопроводность должна быть наименьшей. Определяют теплопроводность ткани на специальных приборах.

**Теплостойкость** – характеризуется наибольшей температурой, при которой ткань может нормально работать, не теряя полезных эксплуатационных свойств. При более высокой температуре эксплуатации свойства ткани заметно ухудшаются.

**Носкость** – стойкость ткани к разрушающим воздействиям, возни-

кающим при ношении одежды. Для оценки носкости учитывают влияние светопогоды, чистки, стирки, глажения и других факторов. Это свойство ткани определяют опытной ноской.

**Формоустойчивость** – способность текстильного материала выдерживать многократные воздействия различного характера, не накапливая пластических деформаций. Этот показатель зависит от строения волокон и нитей, вида переплетения и плотности ткани.

**Износ** - результат изнашивания материала, т.е. ухудшение свойств или постепенное разрушение под воздействием различных факторов.

**Износостойкость** - способность материала оказывать сопротивление изнашиванию.

Факторы износа текстильных изделий:

- *механические* – истирание, смятие, утомление в результате многократных деформаций и др.;

- *физико-механические* – действие света, атмосферы, нагрева, воды, пота, моющей жидкости и др.;

- *биологические* – разрушение микроорганизмами и повреждение насекомыми;

- *комбинированные* – светопогода, истирание с утомлением, стирка, химчистка и др.

**Электризуемость** – способность материалов накапливать на поверхности статическое электричество. Способность материала электролизоваться зависит от волокнистого состава соприкасающихся материалов и увеличивается в ряду: растительные и гидратцеллюлозные, белковые, искусственные и синтетические волокна. Электризуемость приводит к дискомфортному состоянию человека, способствует повышенной загрязняемости материалов и вызывает явление прилипания материала к телу человека.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жихарев, А.П. Материаловедение. Швейное производство: учеб. пособие для нач. проф. образования / А.П. Жихарев, Г.П. Румянцева, Е.А. Кирсанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 240с.
2. Фролов, В.Д. Технология и оборудование текстильного производства. Ч. 1. Производство пряжи и нитей: учеб. пособие / В.Д. Фролов, Г.В. Башкова, А.П. Башков. - Иваново: Иван. гос. текстил. акад., 2006. – 436с.
3. Кукин, Г.Н. Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия): учеб. для вузов / Г.Н. Кукин, А.Н. Соловьев, А.И. Кобляков. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1992. – 272с.
4. Букаев, Т.П. Общая технология хлопчато-бумажного производства: учеб. для средн. проф.-техн. училищ /Т.П. Букаев – 2-е изд., доп. – М.: Легпромбытиздат, 1987. – 184с.
5. Механическая технология текстильных материалов: учеб. для вузов / А.Г. Севостьянов [и др.]; под общ. ред. А.Г. Севостьянова. - М.: Легпромбытиздат, 1989. – 512 с.
6. Перепелкин, К.Е. Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности /К.Е. Перепелкин// Рос. хим. журн.- 2002.- Т. XLVI.- № 1. – С.31-48.
7. Перепелкин, К.Е. Волокна и волокнистые материалы: путь от XX в XXI век / К.Е. Перепелкин// Вестн. СПГУТД. – 2003. - № 9. – С.47-73.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Отрасли текстильной промышленности и основные направления их развития	3
ТЕКСТИЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ	6
Классификация текстильных волокон	7
Общие свойства текстильных волокон и нитей	11
НАТУРАЛЬНЫЕ ВОЛОКНА	15
Натуральные волокна растительного происхождения	15
Хлопок	15
Строение хлопкового волокна	16
Первичная обработка хлопка	18
Свойства и область применения хлопкового волокна	21
Лубяные волокна	21
Строение стебля льна	24
Первичная обработка льняной соломы	25
Свойства лубяных волокон	27
Натуральные волокна животного происхождения	27
Шерстяное волокно	28
Первичная обработка шерсти	30
Свойства и области применения шерстяного волокна	31
Натуральный шелк	32
Свойства натурального шелка	34
Минеральные волокна	34
ХИМИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА	35
Получение, свойства и применение химических волокон	35
Способы получения химических волокон повышенной прочности	36
ИСКУССТВЕННЫЕ ВОЛОКНА	36
Искусственные целлюлозные волокна	36
Гидратцеллюлозные волокна	36
Вискозные волокна	36
Лиоцеловое волокно	39
Медно-аммиачное волокно	40
Волокна на основе уксуснокислых эфиров целлюлозы	40
Ацетатные волокна	40
Карбаматные волокна	42
Полилактидные волокна	43
Искусственные белковые волокна	43
СИНТЕТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА	44
Гетероцепные волокна	44
Полиамидные волокна	44
Полиэфирные волокна	45
Полиуретановые волокна	47
Карбоцепные волокна	48
Полиакрилонитрильные волокна	48
Поливинилхлоридное волокно (ПВХ)	49
Поливинилспиртовые волокна	50
Полиолефиновые волокна	51
Фторсодержащие волокна	52
Арамидные волокна	53
Производство нановолокон	53
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН	55
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	62

Учебное издание

Одинцова Ольга Ивановна  
Кротова Мария Николаевна  
Смирнова Светлана Викторовна

## **ОСНОВЫ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ**

Текст лекций

Редактор О.А. Соловьева

Подписано в печать 19.02.2009. Формат 60 x 84 1/16. Бумага писчая.  
Усл. печ. л. 3,72. Уч. – изд. л. 4,13. Тираж 80 экз. Заказ

ГОУ ВПО Ивановский государственный химико-технологический  
университет  
Отпечатано на полиграфическом оборудовании кафедры экономики  
и финансов ГОУ ВПО «ИГХТУ»

153000, г. Иваново, пр. Ф. Энгельса, 7