

К 438



УЧЕБНИК

С.М. КИРЮХИН, Ю.С. ШУСТОВ

# ТЕКСТИЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ



«КолосС»



**Кирюхин Сергей Михайлович** — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ. После окончания в 1962 г. Московского текстильного института (МТИ) успешно работал в области материаловедения, стандартизации, сертификации, квалитметрии и управления качеством текстильных материалов в ряде отраслевых научно-исследовательских институтов. Постоянно сочетал научно-исследовательскую работу с преподавательской деятельностью в высших учебных заведениях.

С 1986 г. и по настоящее время С. М. Кирюхин работает в Московском государственном текстильном университете им. А. Н. Косыгина профессором кафедры текстильного материаловедения, имеет более 150 научных методических работ по качеству текстильных материалов, в том числе учебники и монографии.



**Шустов Юрий Степанович** — доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой текстильного материаловедения Московского государственного текстильного университета имени А. Н. Косыгина. Автор 4 книг по текстильной тематике и более 150 научно-методических публикаций.

Область научно-педагогической деятельности — оценка качества и современные методы прогнозирования физико-механических свойств текстильных материалов различного назначения.



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

С. М. КИРЮХИН, Ю. С. ШУСТОВ

## ТЕКСТИЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Рекомендовано УМО по образованию в области технологии и проектирования текстильных изделий в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям 260700 «Технология и проектирование текстильных изделий», 240200 «Химическая технология полимерных волокон и текстильных материалов», 071500 «Художественное проектирование изделий текстильной и легкой промышленности» и специальности 080502 «Экономика и управление на предприятии»



МОСКВА «КолосС» 2011

УДК 677-037(075.8)  
ББК 37.23-3я73  
К 43

Редактор *И. С. Тарасова*

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. *А. П. Жихарев* (МГУДТ),  
д-р. техн. наук, проф. *К. Э. Разумеев* (ЦНИИшерсти)

**Кириухин С. М., Шустов Ю. С.**

К 43 Текстильное материаловедение. — М.: КолосС, 2011. —  
360 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш.  
учеб. заведений).  
ISBN 978—5—9532—0619—8

Приведены общие сведения о свойствах волокон, нитей, тканей, трикотажных и нетканых материалах. Рассмотрены особенности их строения, способы получения, методы определения показателей качества. Освещены контроль и управление качеством текстильных материалов.

Для студентов высших учебных заведений по специальностям «Технология текстильных изделий» и «Стандартизация и сертификация».

Учебное издание

УДК 677-037(075.8)

Кириухин Сергей Михайлович, Шустов Юрий Степанович

ББК 37.23-3я73

# ТЕКСТИЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

*Учебное пособие для вузов*

Художественный редактор **В. А. Чуракова**  
Компьютерная верстка **С. И. Шаровой**  
Компьютерная графика **Т. Ю. Кутузовой**  
Корректор **Т. Д. Звягинцева**

Сдано в набор 28.11.09. Подписано в печать 20.11.10. Формат 60×88 1/16.  
Бумага офсетная. Гарнитура Ньютон. Печать офсетная. Усл. печ. л. 22,05.  
Изд. № 039. Тираж (1-й завод: 1—350 экз.). Заказ .

ООО «Издательство «КолосС»,  
101000, Москва, ул. Мясницкая, д. 17.  
Почтовый адрес: 129090, Москва, Астраханский пер., д. 8.  
Тел./факс (495) 680-14-63, e-mail: sales@koloss.ru,  
наш сайт: www.koloss.ru

Отпечатано с готовых диапозитивов в ООО «Марийское  
Рекламно-издательское полиграфическое предприятие»  
424020, г. Йошкар-Ола, ул. Машиностроителей, 8 г.  
Тел. (8362) 42-38-52, 42-24-72. e-mail: marketing@mrpp.net

*Оригинал-макет книги является собственностью издательства «КолосС»,  
и его воспроизведение в любом виде, включая электронный,  
без согласия издателя запрещено.*

ISBN 978—5—9532—0619—8

© Издательство «КолосС», 2011

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее учебное пособие предназначается для студентов высших учебных заведений, изучающих дисциплину «Текстильное материаловедение» и смежные с ней курсы. Это прежде всего будущие инженеры-технологи, работа которых связана с получением и переработкой текстильных материалов. Инженер может успешно управлять технологическими процессами и совершенствовать их только при условии, что он хорошо знает особенности строения и свойства перерабатываемых материалов и специфику требований, предъявляемых к качеству выпускаемой продукции.

Учебное пособие содержит необходимые сведения о строении, свойствах и оценке качества основных видов текстильных волокон, нитей и изделий, основные сведения о стандартных методах испытаний текстильных материалов, об организации и проведении технического контроля на предприятии.

Показатели и характеристики свойств, по которым оценивается качество текстильных материалов, нормируются действующими стандартами. Знание, правильное применение и строгое соблюдение стандартов, распространяющихся на текстильные материалы, обеспечивает выпуск продукции заданного качества. При этом особое место занимают стандарты на методы испытания свойств текстильных материалов, с помощью которых оценивают и контролируют показатели качества продукции.

Контроль качества продукции не ограничивается только правильным применением стандартных методов испытаний. Большое значение имеет рациональная организация и эффективное функционирование всей системы контрольных операций на производстве, что на предприятии осуществляется отделом технического контроля.

Технический контроль обеспечивает выпуск продукции заданного качества, осуществляя входной контроль исходного сырья и вспомогательных материалов, конт-

исходного сырья и вспомогательных материалов, контроль и регулирование свойств полуфабрикатов и комплектующих изделий, параметров технологического процесса, показателей качества вырабатываемой продукции. Однако для планомерного и систематического повышения качества необходимо постоянно выполнять комплекс различных мероприятий целенаправленного воздействия на условия и факторы, определяющие качество продукции на всех стадиях его формирования. Это приводит к необходимости разработки и внедрения на предприятиях систем управления качеством.

Способы получения и особенности переработки текстильных материалов излагаются кратко и только по мере необходимости. Более глубокое изучение этих вопросов должно осуществляться в специальных курсах по технологии получения и переработки отдельных видов волокон, нитей и текстильных изделий.

«Текстильное материаловедение» может быть использовано в качестве базового для студентов-материаловедов, заканчивающих обучение на соответствующих кафедрах по различным специальностям и специализациям. Для углубленного изучения строения, свойств, оценки и управления качеством текстильных материалов студентам-материаловедам рекомендуются специальные курсы.

Студенты-экономисты, дизайнеры, конфекционеры и др., обучающиеся в вузах текстильного профиля, тоже могут использовать это пособие.

Настоящее учебное пособие подготовлено на основе опыта работы кафедры текстильного материаловедения МГТУ им. А. Н. Косыгина. В нем используются материалы ранее изданных известных и широко применяемых аналогичных учебных изданий, прежде всего «Текстильного материаловедения» в трех частях профессоров Г. Н. Кукина, А. Н. Соловьева и А. И. Коблякова.

В учебном пособии пять глав, в конце которых приведены контрольные вопросы и задачи. Список литературы включает в себя основные и дополнительные источники. Основные литературные источники приведены в порядке их значимости для изучения курса.

Авторы будут благодарны всем, кто найдет нужным прислать свои замечания и предложения по содержанию данной книги.

## Глава 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ



### 1.1. ПРЕДМЕТ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Текстильное материаловедение является наукой о строении, свойствах и оценке качества текстильных материалов. Такое определение было дано в 1985 г. С учетом изменений, которые произошли с того времени, а также особенностей развития подготовки специалистов-материаловедов более полным и глубоким может быть следующее определение: *текстильное материаловедение* является наукой о строении, свойствах, оценке, контроле качества текстильных материалов и управлению им.

Основополагающими началами данной науки является изучение текстильных материалов, используемых человеком в различных видах его деятельности.

Текстильными называют и материалы, состоящие из текстильных волокон, и сами текстильные волокна.

Изучение различных материалов и составляющих их веществ всегда являлось предметом естественных наук и было связано с техническими средствами получения и переработки этих материалов и веществ. Поэтому текстильное материаловедение относится к группе технических наук прикладного характера.

Большинство текстильных волокон состоит из высокомолекулярных веществ, в связи с чем текстильное материаловедение тесно связано с использованием теоретических основ и практических методов таких фундаментальных дисциплин, как физика и химия, а также физикохимия полимеров.

Так как текстильное материаловедение является технической наукой, для ее изучения необходимы и общинженерные знания, получаемые при изучении таких дисциплин, как механика, сопротивление материалов, электротехника, электроника, автоматика и др. Особое место занимает физико-химическая механика (реология) волокнообразующих полимеров.

В текстильном материаловедении, как и в других научных дисциплинах, широко применяются высшая математика, математи-

ческая статистика и теория вероятностей, а также современные вычислительные методы и средства.

Знание строения и свойств текстильных материалов необходимо при выборе и совершенствовании технологических процессов их получения и переработки, а в конечном счете — при получении готового текстильного изделия заданного качества, оцениваемого специальными методами. Таким образом, для текстильного материаловедения необходимы методы измерения и оценки качества, являющиеся предметом сравнительно новой самостоятельной дисциплины — квалитрии.

Переработка текстильных материалов невозможна без контроля качества полуфабрикатов на отдельных этапах технологического процесса. Разработкой методов контроля качества также занимается текстильное материаловедение.

И наконец, последним из широкого круга вопросов, связанных с текстильным материаловедением, является вопрос управления качеством продукции. Такая связь очень естественна, ведь без знания строения и свойств текстильных материалов, методов оценки и контроля качества невозможно управлять технологическим процессом и качеством вырабатываемой продукции.

Текстильное материаловедение следует отличать от текстильного товароведения, хотя между ними много общего. Товароведение является дисциплиной, основные положения которой предназначены для изучения потребительских свойств готовой продукции, используемой как товар. Товароведение уделяет внимание и таким вопросам, как способы упаковки товаров, их транспортирование, хранение и т. п., которые в задачи материаловедения обычно не входят.

Из других родственных дисциплин следует еще сказать о материаловедении швейного производства, имеющем много общего с текстильным материаловедением. Отличие заключается в том, что строению и свойствам волокон и нитей в швейном производстве уделяется меньше внимания, чем текстильным полотнам, зато добавляются сведения об отделочных материалах нетекстильного характера (натуральной и искусственной коже, мехе, клеенках и т. п.).

Обратим внимание на значение текстильных материалов в жизни человека.

Считается, что жизнь человека невозможна без пищи, жилья и одежды. Последняя преимущественно состоит из текстильных материалов. Портяры, занавески, постельное белье, покрывала, полотенца, скатерти и салфетки, ковры и напольные покрытия, трикотажные изделия и нетканые материалы, шнурки, шпагаты и многое, многое другое — все это текстильные материалы, без которых жизнь современного человека невозможна и которые во многом делают эту жизнь комфортной и привлекательной.

Текстильные материалы используются не только в быту. Статистические данные показывают, что в промышленно развитых странах умеренного климата из общего количества потребляемых текстильных материалов на одежду и белье расходуется 35...40 %, на бытовые и хозяйственные потребности 20...25 %, в технике потребляется 30...35 %, на прочие потребности (тару, культурные нужды, медицину и др.) до 10 %. Конечно, в отдельных странах эти соотношения могут существенно колебаться в зависимости от социальных условий, климата, развития техники и др. Но можно смело утверждать, что нет практически ни одной материальной, а в отдельных случаях и духовной сферы деятельности человека, где бы не использовались текстильные материалы. Это обуславливает весьма значительный объем их производства и достаточно высокие требования к их качеству.

Из многообразных вопросов, решаемых в рамках текстильного материаловедения, можно выделить следующие:

исследование строения и свойств текстильных материалов, позволяющее целенаправленно проводить работу по повышению их качества;

разработка методов и технических средств измерения, оценки и контроля показателей качества текстильных материалов;

разработка теоретических основ и практических методов оценки качества, стандартизации, сертификации и управления качеством текстильных материалов.

Как и любая другая научная дисциплина, текстильное материаловедение имеет свой генезис, т. е. историю образования и развития.

Интерес к строению и свойствам текстильных материалов, вероятно, появился в то время, когда они стали использоваться в различных целях. История этого вопроса уходит в глубокую древность. Например, овцеводство, которое использовалось, в частности, для получения волокон шерсти, было известно не менее чем за 6 тыс. лет до н. э. Льноводство было широко распространено в Древнем Египте еще около 5 тыс. лет назад. Примерно к этому же времени относятся найденные при раскопках изделия из хлопка в Индии. В нашей стране в местах раскопок стоянок древнего человека вблизи Рязани археологи обнаружили древнейшие текстильные изделия, представляющие собой нечто среднее между тканью и трикотажем. Сегодня такие полотна называют трикотканью.

Первые документально дошедшие до нашего времени сведения об изучении отдельных свойств текстильных материалов относятся к 250 г. до н. э., когда греческий механик Филон Византийский исследовал прочность и упругость канатов.

Однако вплоть до эпохи Возрождения были сделаны только самые первые шаги в изучении текстильных материалов. В начале XVI в. великий итальянец Леонардо да Винчи исследовал трение канатов и влажность волокон. В упрощенной форме он сформулировал известный закон о пропорциональности между нормальным приложенным давлением и силой трения. Ко второй половине XVII в. относятся работы известного английского ученого Р. Гука, который изучал механические свойства различных материалов, в том числе нитей из волокон льна и

шелка. Он описал строение тонкой шелковой ткани и был одним из первых, кто высказал идею о возможности изготовления химических нитей.

Потребность в систематических исследованиях строения и свойств текстильных материалов начала ощущаться все больше с возникновением и развитием мануфактурного производства. Пока господствовало простое товарное производство и производителями выступали мелкие ремесленники, они имели дело с небольшим количеством сырья. Каждый из них ограничивался преимущественно органолептической оценкой свойств и качества материалов. Концентрация в мануфактурах больших количеств текстильных материалов потребовала другого отношения к их оценке и вызвала необходимость их изучения. Этому же способствовало и расширение торговли текстильными материалами, в том числе между различными странами. Поэтому с конца XVII — начала XVIII в. в ряде стран Европы устанавливаются официальные требования к показателям качества волокон, нитей и тканей. Эти требования утверждаются правительственными учреждениями в виде различных регламентов и даже законов. Например, итальянские (пьемонтские) регламенты 1681 г. о работе шелковых фабрик устанавливали требования к шелковому сырью — коконам. Согласно этим требованиям коконы в зависимости от содержания шелка в их оболочке и способности разматываться делились на несколько сортов.

В России законы о качестве и способах сортировки исходных волокон, поставляемых на экспорт и на снабжение мануфактур, вырабатывающих пряжу и парусину для флота, а также сукна для снабжения армии, появились в XVIII в. Первым известным по времени издания был закон № 635 от 26 апреля 1713 г. «О браковании пеньки и льна у города Архангельска». Затем последовали законы о ширине, длине и весе (т. е. массе) льняных полотен (1715 г.), о контроле толщины, крутки и влажности пеньковой пряжи (1722 г.), усадке сукон после замачивания (1731 г.), их длине и ширине (1741 г.), о качестве их окраски и об их долговечности (1744 г.) и др.

В этих документах стали упоминаться первые простейшие инструментальные методы измерения отдельных показателей качества текстильных материалов. Так, изданный в России при Петре I в 1722 г. закон требовал контролировать толщину пеньковой пряжи для канатов путем протаскивания ее образцов через отверстия различных размеров, сделанных в железных досках, чтобы установить «такой ли она толстоты, как надлежит быть».

В XVIII в. зарождаются и развиваются первые объективные инструментальные способы измерения и оценки свойств и показателей качества текстильных материалов. Тем самым закладывается фундамент будущей науки — текстильного материаловедения.

В первой половине XVIII в. французский физик Р. Реомюр сконструировал одну из первых разрывных машин и исследовал прочность пеньковых и шелковых крученых нитей. В 1750 г. в Турине (Северная Италия) появилась одна из первых в мире лабораторий по испытанию свойств текстильных материалов, получившая название «кондицион» и осуществлявшая контроль влажности шелка-сырца. Это был первый прототип ныне действующих сертификационных лабораторий. Позднее «кондиционы» стали появляться и в других странах Европы, например во Франции, где исследовали шерсть, пряжу различных видов и т. п. В конце XVIII в. появились приборы для оценки толщины нитей путем отматывания моточков постоянной длины на специальных мотовилах и взвешивания их на рычажных весах — квадрантах. Подобные мотовила и квадранты выпускали в Санкт-Петербурге механические мастерские Александровской мануфактуры — крупнейшего русского текстильного комбината, основанного в 1799 г.

В области изучения свойств текстильного сырья и поисков новых видов волокон следует отметить работы первого члена-корреспондента Российской академии наук П. И. Рычкова (1712—1777 гг.) — видного историка, географа и экономиста. Он был одним из первых русских ученых, работавших в области текстиль-

ного материаловедения. В ряде своих статей, напечатанных в «Трудах Вольного экономического общества к поощрению в России земледелия и домостроительства», он поставил вопросы об использовании козьей и верблюжьей шерсти, о некоторых растительных волокнах, разведении хлопка и др.

В XIX в. текстильное материаловедение активно развивалось практически во всех странах Европы, в том числе в России.

Отметим лишь некоторые основные даты развития отечественного текстильного материаловедения.

В первой половине XIX в. в России возникли учебные заведения, выпускавшие специалистов, которым в учебных курсах уже сообщались сведения о свойствах текстильных материалов. К числу таких средних учебных заведений можно отнести открытую в Москве в 1806 г. Практическую академию коммерческих наук, выпускавшую товароведов, а к числу высших — Технологический институт в Петербурге, основанный в 1828 г. и открытый для занятий в 1831 г.

В середине XIX в. в Московском университете и Московской практической академии развернулась деятельность выдающегося русского товароведа проф. М. Я. Киттары, уделявшего в своих работах большое внимание изучению текстильных материалов. Он организовал кафедру технологии, техническую лабораторию, читал лекции, где приводилась общая классификация товаров, в том числе текстильных, руководил разработкой методов испытания и правил приемки текстильных изделий для русской армии.

В конце XIX в. в России при учебных заведениях, а затем на крупных текстильных фабриках стали создаваться лаборатории испытания текстильных материалов. Одной из первых была лаборатория при Московском высшем техническом училище (МВТУ), начало деятельности которой было положено в 1882 г. проф. Ф. М. Дмитриевым. Его преемник, один из крупнейших русских ученых-текстильщиков проф. С. А. Федоров в 1895—1903 гг. организовал большую лабораторию механической технологии текстильных материалов и при ней испытательную станцию. В своей работе «Об испытании пряжи» в 1897 г. он писал: «В практике, при исследованиях пряжи, до сих пор обыкновенно руководствовались привычными впечатлениями осязания, зрения, слуха. Такого рода определения требовали, конечно, большого навыка. Всякий, кто знаком с практикой бумагопрядения и кто работал с измерительными приборами, знает, что приборы эти во многих случаях подтверждают наши выводы, сделанные на взгляд и на осязание, иногда же говорят совсем противное тому, что нам кажется. Приборы, таким образом, исключают случайность и субъективизм, и посредством их мы получаем данные, на которых можно построить вполне беспристрастное суждение». В работе «Об испытании пряжи» были обобщены все основные применявшиеся тогда методы исследования нитей.

Лаборатория МВТУ сыграла большую роль в развитии русского текстильного материаловедения. В 1911—1912 гг. в этой лаборатории проводила исследования «Комиссия по переработке описаний, условий приемки и всех кондиций поставки тканей в интендантство», возглавлявшаяся проф. С. А. Федоровым. При этом были проведены многочисленные испытания тканей и уточнены методы этих испытаний. Указанные исследования были опубликованы в работе проф. Н. М. Чиликина «Об испытании тканей», напечатанной в 1912 г. С 1915 г. этот ученый начал в МВТУ чтение особого курса «Материаловедение волокнистых веществ», явившегося первым в России вузовским курсом по текстильному материаловедению. В 1910—1914 гг. в МВТУ был проведен ряд работ выдающимся русским ученым-текстильщиком проф. Н. А. Васильевым. Среди них были исследования по оценке методов испытания пряжи и тканей. Глубоко понимая значение испытаний свойств материалов для практической работы фабрики, этот замечательный ученый писал: «Испытательная станция должна быть также одним из отделов фабрики, не добавочной камеркой с двумя-тремя аппаратами, а отделом, оборудованным всем необходимым для успешного контролирования производства, с целесо-

образными аппаратами, по возможности автоматически испытывающими образцы и ведущими записи, и наконец, должна иметь заведующего, могущего не только поддерживать все устройства в состоянии постоянной надлежащей работоспособности, но и систематизировать полученные результаты сообразно преследуемым целям. От такой постановки дела испытаний производство, конечно, только выиграет». Эти замечательные слова следует всегда помнить инженерам-технологам текстильного производства.

В 1889 г. в России организовалось первое научное общество текстильщиков, получившее название «Общество для содействия улучшению и развитию мануфактурной промышленности». В «Известиях» общества, издававшихся под редакцией Н. Н. Кукина, был напечатан ряд работ по изучению свойств текстильных материалов, в частности работы инженера А. Г. Разуваева. В период 1882—1904 гг. этот исследователь провел многочисленные испытания различных тканей. Результаты этих испытаний были обобщены в его работе «Исследование сопротивления волокнистых веществ». А. Г. Разуваев и австрийский инженер А. Розенвейг были первыми текстильщиками, одновременно (1904 г.) впервые применившими методы математической статистики к обработке результатов испытаний текстильных материалов.

В 1914 г. выдающийся педагог и крупный специалист в области испытаний текстильных материалов проф. А. Г. Архангельский выпустил книгу «Волокна, пряжи и ткани», ставшую первым систематическим руководством на русском языке, в котором описывались свойства этих материалов. Большое значение для развития русского материаловедения имели работы и курсы, читавшиеся в конце XIX — начале XX в. в различных товароведно-экономических высших и средних учебных заведениях Москвы профессорами Я. Я. Никитинским и П. П. Петровым и др. Широкое использование в учебном процессе сведений о текстильных материалах позволяло говорить о достаточно большом накопленном опыте изучения их строения и свойств.

В 1919 г. в Москве на базе прядильно-ткацкого училища был организован текстильный техникум, который 8 декабря 1920 г. был приравнен к высшему учебному заведению и преобразован в Московский практический текстильный институт. История этого высшего учебного заведения началась еще в 1896 г., когда на торгово-промышленном съезде во время Всероссийской выставки в Нижнем Новгороде было принято решение организовать в Москве школу при Обществе для содействия улучшению и развитию мануфактурной промышленности. В соответствии с данным решением в Москве было открыто прядильно-ткацкое училище, существовавшее с 1901 по 1919 г.

Чтение курса «Текстильное материаловедение» осуществлялось уже с первых лет образования Московского текстильного института (МТИ). Одним из первых преподавателей текстильного материаловедения был проф. Н. М. Чиликин. В 1923 г. в институте доц. Н. И. Слободяниновым была создана лаборатория испытания текстильных материалов, а в 1944 г. — кафедра текстильного материаловедения. Организатором кафедры и ее первым заведующим был выдающийся ученый текстильщик-материаловед засл. деятель науки проф. Г. Н. Кукин (1907—1991 гг.)

В 1927 г. в Москве был создан первый в нашей стране Научно-исследовательский текстильный институт (НИТИ), в котором под руководством Н. С. Федорова развернула свою работу большая испытательная лаборатория «Бюро испытания текстильных материалов». Исследования НИТИ позволили улучшить методы испытания различных текстильных материалов. Так, проф. В. Е. Зотиковым, проф. Н. С. Федоровым, инж. В. Н. Жуковым, проф. А. Н. Соловьевым была создана отечественная методика испытания хлопкового волокна. Изучались строение хлопка, свойства шелка и химических нитей, механические свойства нитей, неровнота пряжи по толщине, широко применялись математические методы обработки результатов испытаний.

В конце 20-х — начале 30-х годов работы по текстильному материаловедению в нашей стране получили практический выход, заключающийся в стандартизации текстильных материалов. В 1923—1926 гг. в МТИ под руководством проф. Н. Я. Канарского были проведены исследования, связанные со стандартизацией шерсти. Проф. В. В. Линде и его сотрудники занимались стандартизацией шелка-сырца. Были разработаны и утверждены первые стандарты на основные виды нитей, тканей и на другие текстильные изделия. С тех пор работы по стандартизации стали неотъемлемой частью материаловедческих исследований текстильных материалов.

В 1930 г. в Иванове был открыт Ивановский текстильный институт, отделившийся от Иваново-Вознесенского политехнического института, организованного в 1918 г. и имевшего прядильно-ткацкий факультет. В этом же году в Ленинграде на базе Механико-технологического института им. Ленсовета (бывшего Санкт-Петербургского технологического института им. Николая I) для удовлетворения потребности отечественной текстильной промышленности в квалифицированных инженерных кадрах был создан Ленинградский институт текстильной и легкой промышленности (ЛИТЛП). Оба этих высших учебных заведения имели кафедры текстильного материаловедения.

В 1934 г. НИТИ был разделен на отдельные отраслевые институты: хлопчатобумажной промышленности (ЦНИИХБИ), промышленности лубяных волокон (ЦНИИЛВ), шерстяной промышленности (ЦНИИшерсти), шелковой (ВНИИПХВ), трикотажной промышленности (ВНИИТП) и др. Во всех этих институтах имелись испытательные лаборатории, отделы или лаборатории текстильного материаловедения, проводившие фундаментальные и прикладные исследования строения и свойств текстильных материалов, а также работы по их стандартизации.

Особенностью работ по текстильному материаловедению является то, что они носят самостоятельный характер и в то же время являются обязательными в научно-исследовательских работах инженеров-технологов текстильного и швейного производства. Это связано с получением новых текстильных материалов, совершенствованием технологии их переработки, введением новых видов обработки и отделки и т. п. Во всех этих случаях необходимы тщательное изучение свойств текстильных материалов, исследование влияния различных факторов на изменение свойств и показателей качества исходного сырья, полуфабрикатов и готовых текстильных изделий.

В первой половине XX в. была создана мощная база отечественного текстильного материаловедения, успешно решавшая различные задачи, которые стояли в то время перед текстильной и легкой промышленностью нашей страны.

Во второй половине XX в. развитие отечественного текстильного материаловедения получило новые качественные признаки и направления. Формировались научные школы ведущих ученых текстильщиков-материаловедов. В Москве (МТИ) это профессора Г. Н. Кукин и А. Н. Соловьев, в Ленинграде (ЛИТЛП) — М. И. Сухарев, в Иваново (ИвТИ) — проф. А. К. Киселев. Начиная с 1950-х годов систематически один раз в четыре года проводились международные научно-практические конференции по текстильному материаловедению, инициатором которых был заведующий кафедрой текстильного материаловедения МТИ проф. Г. Н. Кукин. В 1959 г. эта кафедра осуществила первый выпуск инженеров-технологов со специализацией «текстильное материаловедение». Позднее с учетом требований промышленности и экономической ситуации в стране в МТИ на кафедре текстильного материаловедения стали подготавливать инженеров-технологов по специализациям «метрология, стандартизация и управление качеством продукции». Инженеры-материаловеды становились дипломированными специалистами широкого профиля по качеству текстильных материалов. Аналогичная работа проводилась и на кафедрах материаловедения ЛИТЛП в Ленинграде и ИвТИ

в Иванове. Эти тенденции нашли отражение в работах отделов и лабораторий материаловедения отраслевых научно-исследовательских институтов текстильной и легкой промышленности. Начиная с 1970-х годов существенно увеличился объем материаловедческих работ по стандартизации и управлению качеством текстильных материалов, стали широко применяться методы теории надежности и метрологии.

Конец XX в. внес существенные изменения в развитие отечественного текстильного материаловедения. Переход страны на новые формы экономического развития, резкий спад производства в текстильной и легкой промышленности, значительное снижение государственного финансирования науки и образования привели к существенному замедлению темпов развития материаловедческих работ в отраслевых НИИ текстильной и легкой промышленности и на кафедрах материаловедения соответствующих высших учебных заведений, но появилось новое содержание работ по текстильному материаловедению.

Текстильное материаловедение конца XX — начала XXI в. — это автоматические и полуавтоматические испытательные приборы с программным управлением на базе ПК, включая испытательные комплексы типа «Spinlab» для оценки показателей качества хлопкового волокна; это фундаментальные и прикладные комплексные исследования традиционных и новых текстильных материалов, в том числе ультратонких волокон органического и неорганического происхождения, сверхпрочных нитей технического и специального назначения, композиционных материалов, армированных текстилем, так называемых «умных и думающих» (smart) тканей, которые могут изменять свои свойства в зависимости от температуры тела человека или окружающей среды, и многое, многое другое.

Футурологи считают XXI в. веком текстиля как одного из обязательных компонентов комфортной жизни человека. Поэтому можно предположить появление в XXI в. большого разнообразия принципиально новых текстильных материалов, успешная переработка и эффективное использование которых потребуют глубоких материаловедческих исследований.

Развитие текстильного материаловедения, безусловно, базируется на последних достижениях фундаментальных наук, упомянутых выше. В то же время в отдельных публикациях отмечается, что исследования текстильных материалов определили некоторые направления современной науки. Например, считают, что изучение аминокислот кератина волокон шерсти послужило основанием для развития исследований ДНК и генной инженерии. Работа английского материаловеда К. Пирса по изучению влияния зажимной длины на характеристики прочности хлопчатобумажной пряжи (1926 г.) сформировала современную статистическую теорию прочности различных материалов, получившую название «теории слабейшего звена». Контроль и ликвидация обрывности текстильных нитей в технологических процессах текстильного производства были практической основой развития математических методов статистического контроля и теории массового обслуживания и др.

Подробно и детально развитие текстильного материаловедения описано Г. Н. Кукиным, А. Н. Соловьевым и А. И. Кобляковым в их учебниках, в которых дается анализ развития текстильного материаловедения не только в России и в бывших республиках СССР, но и в странах Европы, в США и в Японии.

Работы по материаловедению будут находить все большее практическое применение в стандартизации, контроле, технической экспертизе, сертификации текстильных материалов и управлении их качеством.

## 1.2. СВОЙСТВА И ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Текстильные материалы** — это прежде всего текстильные волокна и нити, изготовленные из них текстильные изделия, а также получаемые в процессах текстильного производства различные промежуточные волокнистые материалы — полуфабрикаты и отходы.

**Текстильное волокно** — протяженное тело, гибкое и прочное, с малыми поперечными размерами, ограниченной длины, пригодное для изготовления текстильных нитей и изделий.

Волокна могут быть натуральными, химическими, органическими и неорганическими, элементарными и комплексными.

**Натуральные волокна** образуются в природе без непосредственного участия человека. Иногда их называют природными волокнами. Они бывают растительного, животного происхождения и из минералов.

Натуральные волокна растительного происхождения получают из семян, стеблей, листьев и плодов растений. Это, например, хлопок, волокна которого образуются на семенах растения хлопчатника. Волокна льна, конопли (пенька), джута, кенафа, рами залегают в стеблях растений. Из листьев тропического растения агавы получают волокно сизаль, а из абаки — так называемую манильскую пеньку — манилу. Из плодов кокоса аборигены получают волокно койр, используемое в кустарных текстильных изделиях.

Натуральные волокна растительного происхождения еще называют целлюлозными, так как все они состоят в основном из природного органического высокомолекулярного вещества — целлюлозы.

Натуральные волокна животного происхождения образуют волосяной покров различных животных (шерсть овец, коз, верблюдов, лам и др.) или выделяются насекомыми из специальных желез. Например, натуральный шелк получают от тутовых или дубовых шелкопрядов на стадии развития гусеница — куколка, когда они завиваются вокруг своего тела нити, образующие плотные оболочки — коконы.

Волокна животного происхождения состоят из природных органических высокомолекулярных соединений — фибриллярных белков, поэтому их еще называют белковыми или «животными» волокнами.

Натуральное неорганическое волокно из минералов — это асбест, получаемый из минералов группы серпентинитов (хризотил-асбест) или амфиболов (амфибол-асбест), которые при переработке способны расщепляться на тонкие гибкие и прочные волокна длиной 1...18 мм и более.

В настоящее время в мире производится около 27 млн т натуральных волокон. Рост объемов производства этих волокон объективно ограничен реальными ресурсами природной среды, которые оцениваются в 30...35 млн т ежегодно. Поэтому постоянно увеличивающаяся потребность в текстильных материалах, которая сегодня составляет 10...12 кг на человека в год, будет удовлетворяться преимущественно за счет химических волокон.

*Химические волокна* изготовляют при непосредственном участии человека из природных или предварительно синтезированных веществ путем проведения химических, физико-химических и других процессов. В англоязычных странах эти волокна называют *man made*, т. е. «сделанные человеком». Основным веществом для изготовления химических волокон являются волокнообразующие полимеры, поэтому их иногда называют полимерными.

Различают искусственные и синтетические химические волокна. Искусственные волокна изготовляют из веществ, которые есть в природе, а синтетические — из материалов, которых в природе нет и которые предварительно синтезируют теми или иными способами. Например, искусственное вискозное волокно получают из природной целлюлозы, а синтетическое капроновое волокно — из капролактама — полимера, получаемого путем синтеза из продуктов нефтепереработки.

Химические волокна группируют и иногда называют по виду высокомолекулярного вещества или соединения, из которых их получают. В табл. 1.1 приведены наиболее распространенные из них, там же даны принятые в различных странах некоторые наименования химических волокон и их условные обозначения.

Химические волокна для переработки, в том числе в смеси с натуральными волокнами, разрезают или разрывают на отрезки определенной длины. Такие отрезки называются штапельными и обозначаются символом F, а в зависимости от назначения делятся на типы: хлопчатобумажные (bt), шерстяные (wt), льняные (lt), джутовые (jt), ковровые (tt) и меховые (pt). Например, полиэфирное штапельное волокно льняного типа имеет обозначение PE-F-lt.

Таблица 1.1

| Высокомолекулярные вещества и соединения | Наименование волокон                                                                                                                      | Условное обозначение |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Полиэфирные                              | Лавсан (Россия), элана (Польша), дакрон (США), терилон (Великобритания, Германия), тетлон (Япония)                                        | PE                   |
| Полипропиленовые                         | Меркалон (Италия), пропен (США), проплан (Франция), ульстрон (Великобритания), холстлен (Германия)                                        | PP                   |
| Полиамидные                              | Капрон (Россия), капролон (США), стилон (Польша), дедерон, перлон (Германия), амилан (Япония), нейлон (США, Великобритания, Япония и др.) | PA                   |

Продолжение

| Высокомолекулярные вещества и соединения   | Наименование волокон                                                                                | Условное обозначение |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Полиакрилонитрильные                       | Нитрон (Россия), дралон, прелана (Германия), анилана (Польша), акрилон (США), кашмилон (Япония)     | PAN                  |
| Поливинилхлоридные, поливинилиденхлоридные | Хлорин (Россия), саран (США, Великобритания, Япония, Германия)                                      | PVC                  |
| Целлюлозные                                | Вискозное (Россия), виллана, данулон (Германия), вискон (Польша), висколлон (США), дайафил (Япония) | VJ                   |
|                                            | Ацетатное (Россия), фортейнез (США, Великобритания), риалин (Германия), миналон (Япония)            | AC                   |

Химические волокна в большинстве своем органические, но могут быть и неорганические, например стеклянные, металлические, керамические, базальтовые и т. п. Как правило, это волокна технического и специального назначения.

Различают элементарные и комплексные текстильные волокна.

*Элементарное волокно* — это первичное одиночное волокно, не делящееся вдоль оси на мелкие отрезки без разрушения самого волокна.

*Комплексное волокно* — волокно, состоящее из элементарных волокон, склеенных между собой или связанных межмолекулярными силами.

Примерами комплексных волокон являются лубяные растительные волокна (лен, пенька и др.) и минеральное волокно асбест. Иногда комплексные волокна называют *техническими*, так как их разделение на элементарные происходит при технологических процессах их переработки.

Мировое производство химических волокон бурно развивается. Возникнув в начале XX в., только в период 1950—2000 гг. оно выросло с 1,7 млн т до 28 млн т, т. е. более чем в 16 раз.

Волокна являются исходным сырьем для изготовления текстильных нитей и изделий.

Подробная классификация текстильных нитей и изделий, особенности их строения, основные этапы получения и свойства даны в гл. 3 и 4.

Рассмотрим свойства и показатели качества текстильных материалов.

*Свойства текстильных материалов* — это объективная особенность текстильных материалов, проявляющаяся при их получении, переработке и эксплуатации.

Свойства основных видов текстильных материалов подразделяют на следующие группы.

*Свойства строения и структуры* — строение и структура веществ, образующих текстильные волокна (степень полимеризации, кристалличности, особенности надмолекулярной структуры и т. п.), а также структура и строение самих волокон (порядок расположения микрофибрилл, наличие или отсутствие оболочки, канала у волокон и т. п.). Для нитей это взаимное расположение составляющих их волокон и элементарных нитей, определяемое круткой пряжи и нитей. Строение и структура тканей характеризуются переплетением составляющих ее нитей, их взаимным расположением и числом в элементе структуры тканей (фазы строения тканей, плотность по основе и утку и т. п.).

*Геометрические свойства* определяют размеры волокон и нитей (длину, линейную плотность, форму поперечного сечения и т. п.), а также размеры тканей и штучных изделий (ширину, длину, толщину и т. п.).

*Механические свойства* текстильных материалов характеризуют их отношение к действию различно приложенных к ним сил и деформаций (растяжение, сжатие, кручение, изгиб и т. п.).

В зависимости от способа осуществления испытательного цикла «нагрузка — разгрузка — отдых» характеристики механических свойств текстильных волокон, нитей и изделий подразделяются на полуцикловые, одноцикловые и многоцикловые. Полуцикловые характеристики получают при осуществлении части испытательного цикла — нагрузки без разгрузки или с разгрузкой, но без последующего отдыха. Эти характеристики определяют отношение материалов к однократному нагружению или деформированию (например, растяжением материала до разрушения определяется разрывная нагрузка). Одноцикловые характеристики получают в процессе осуществления полного цикла «нагрузка — разгрузка — отдых». Они определяют особенности прямой и обратной деформации материалов, их способность сохранять начальную форму и т. п. Многоцикловые характеристики получают в результате многократного повторения испытательного цикла. По ним можно судить об устойчивости материала к многократным силовым воздействиям или деформациям (стойкости к многократному растяжению, изгибу, стойкости к истиранию и т. п.).

*Физические свойства* — это масса, гигроскопичность, проницаемость текстильных материалов. Физическими свойствами являются также тепловые, оптические, электрические, акустические, радиационные и другие свойства текстильных волокон, нитей и изделий.

*Химические свойства* определяют отношение текстильных материалов к действию различных химических веществ. Это, например, растворимость волокон в кислотах, щелочах и т. п. или устойчивость к их действию.

Свойства материалов могут быть простыми и сложными. Сложные свойства характеризуются несколькими простыми свойствами. Примерами сложных свойств текстильных материалов являются усадка волокон, нитей и тканей, износостойкость текстильных изделий, прочность окраски и т. п.

В особую группу следует выделить свойства, определяющие внешний вид текстильных материалов, например цвет ткани, чистота и отсутствие посторонних включений у текстильных волокон, отсутствие пороков внешнего вида у нитей и тканей и т. п.

Одной из важных характеристик свойств текстильных материалов является их однородность или равномерность.

В товароведении текстильной продукции свойства подразделяют на функциональные, потребительские, эргономические, эстетические, социально-экономические и др. Такое подразделение основано главным образом на требованиях, предъявляемых к текстильным товарам потребителем.

Свойства текстильных материалов следует отличать от требований к ним, выражаемым через показатели качества.

*Показатели качества* — это количественная характеристика одного или нескольких свойств текстильного материала, рассматриваемая применительно к определенным условиям его получения, переработки и эксплуатации.

Существует общая классификация групп показателей качества.

*Группа показателей назначения* характеризует свойства, определяющие правильность и рациональность использования материала и обуславливающие область его применения. К этой группе относятся: классификационные показатели, например усадку тканей после стирки, в зависимости от которой ткани подразделяются на безусадочные, малоусадочные и усадочные; показатели функциональной и технической эффективности, например эксплуатационные показатели качества тканей; конструктивные показатели, например линейную плотность нитей, ширину ткани и т. п.; показатели состава и структуры, например волокнистый состав, крутку нитей, плотность ткани по основе и утку и т. п.

*Показатели надежности* характеризуют безотказность, долговечность и сохраняемость во времени свойств материала в заданных пределах, обеспечивающих его эффективное использование по назначению. К этой группе относятся такие показатели качества текстильных материалов, как устойчивость к истиранию, многократным деформациям, прочность окраски и т. п.

*Эргономические показатели* учитывают комплекс гигиенических, антропометрических, физиологических и психологических свойств, проявляющихся в системе человек — изделие — среда. Например, воздухопроницаемость, паропроницаемость и гигроскопичность тканей.

*Эстетические показатели* характеризуют своеобразие внешнего оформления текстильных изделий, например тканей, их художественно-колористическое оформление, информационную выразительность, соответствие моде, целостность композиции, совершенство производственного исполнения, товарный вид и т. п. К этой группе также можно отнести и показатели, влияющие на внешний вид текстильных изделий. Например, сминаемость, драпируемость, пороки внешнего вида ткани и т. п.

*Технические или технологические показатели* определяют пригодность материала и изделий к производству и воспроизводству. Они характеризуют свойства, обуславливающие оптимальное распределение затрат материалов, труда и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и эксплуатации текстильных изделий. Перечень технологических показателей для большинства видов текстильных материалов еще мало изучен и требует значительного уточнения.

*Экологические показатели* характеризуют уровень вредных воздействий на окружающую среду, возникающих при получении, переработке и эксплуатации текстильных материалов и изделий. К сожалению, это может иметь место при получении и переработке некоторых волокон и нитей, а также для тканей, подвергаемых различным видам специальных отделок. В процессе переработки и эксплуатации такие ткани иногда выделяют в окружающую среду вещества, небезопасные для здоровья людей.

*Группа показателей стандартизации и унификации* характеризует степень использования стандартизованных изделий и уровень унификации их составных частей. Эти показатели имеют ограниченное применение при оценке качества текстильных материалов. В то же время работа по унификации строения и структуры текстильных нитей и изделий является чрезвычайно важной и дает большой экономический эффект.

*Группа патентно-правовых показателей* характеризует патентную защиту и патентную чистоту изделий и является существенным фактором при определении их конкурентоспособности. Для продукции текстильной промышленности эти показатели в нашей стране практически не применяются, хотя роль их в условиях рыночной экономики и развития международной торговли должна постоянно возрастать.

*Группа показателей безопасности* определяет особенности материалов и изделий, обуславливающие безопасность человека при их эксплуатации. С появлением новых синтетических материалов и специальных видов отделки текстильных изделий, с возрастанием числа аллергических заболеваний людей в условиях ухудшающейся экологической обстановки такие показатели становятся, к сожалению, актуальными и для текстильных материалов. Устой-

чивость к воздействию высоких температур, воспламеняемость и горючесть также относятся к данной группе показателей.

*Группа экономических показателей* характеризует затраты на разработку, изготовление и эксплуатацию изделий, а также на экономическую эффективность их использования. В материаловедческих исследованиях показатели этой группы практически не используются, что является большим недостатком. Свойства, показатели качества, стоимость и цена взаимосвязаны, поэтому экономические показатели текстильных материалов обязательно должны учитываться, особенно в работах по обеспечению качества и управлению им.

Кроме перечисленных групп показателей при оценке и контроле качества текстильных волокон, нитей и изделий определяют *показатели дефектности*, которые характеризуют наличие дефектов в новом неиспользованном материале, а также дефекты, возникающие при переработке и эксплуатации (например, пилинг, раздвижка нитей в тканях, швах и пр.).

Конкретные показатели, по которым оценивают и контролируют качество текстильных материалов, установлены в действующей нормативно-технической документации: регламентах, стандартах, технологических проводках, инструкциях, методиках и т. п. Информацию о фактических показателях качества текстильных материалов получают путем испытания последних.

### 1.3. ИСПЫТАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Испытания* — это экспериментальное определение количественных или качественных свойств объекта.

В зависимости от целей испытания подразделяются на исследовательские, предназначенные для изучения определенных свойств объекта, и контрольные, осуществляемые для контроля его качества. По продолжительности они могут быть ускоренными, обеспечивающими получение необходимой информации в более короткий срок, чем предусмотрено в условиях и режиме эксплуатации, и нормальными, выполняемыми в срок, предусмотренный условиями и режимом эксплуатации.

Исследовательские испытания текстильных материалов обычно являются частью материаловедческих научно-исследовательских работ по изучению строения и свойств волокон, нитей и текстильных изделий, а контрольные испытания выполняют при оценке и контроле качества текстильных материалов в условиях их производства, а также при торговле, например в процессе предшествующей ей сертификации.

Все лабораторные испытания текстильных материалов, и в частности определение показателей механических свойств, являются ускоренными, более того, все они условны. Последнее заключает-

ся в том, что при испытании материалов в лаборатории практически не представляется возможным полностью имитировать условия и режимы, при которых материалы находятся во время переработки и эксплуатации. Это не означает, что лабораторные контрольные испытания являются бесполезными. Они необходимы, без них невозможно правильно организовать технологический процесс переработки текстильных материалов и обеспечить выпуск продукции заданного качества.

К нормальным по продолжительности испытаниям текстильных материалов можно отнести контрольные переработки волокон и нитей, выполняемые в производственных условиях, а также опытные носки текстильных изделий.

В зависимости от метода проведения испытания разделяют на разрушающие, которые лишают испытываемую продукцию пригодности к использованию по назначению, и неразрушающие, которые не нарушают эту пригодность. Примером разрушающих испытаний является определение прочности тканей, неразрушающих — определение воздухопроницаемости текстильных изделий.

Испытания могут быть эксплуатационными и проводимыми на стадии производства. Для текстильных материалов чаще используются последние.

Кроме этого, испытания могут классифицироваться в зависимости от стадии разработки продукции (доводочные, предварительные, приемочные); уровня выполнения (ведомственные, межведомственные, государственные); места проведения; вида воздействия и т. п.

**Метод испытания** — это совокупность правил, применяемых для осуществления испытаний.

Методы испытаний качества текстильных материалов определяются видом материалов. Испытание осуществляется путем последовательного выполнения следующих работ: отбора образцов и проб, подготовки их к испытанию, собственно испытания, обработки и анализа полученных результатов.

### 1.3.1. ОТБОР ОБРАЗЦОВ И ПРОБ. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЮ

**Образец** — это часть партии материала или штучных изделий, которую отбирают для испытания, а **проба** — наименьшая часть образца, используемая для определения одного или нескольких показателей качества.

**Партией** текстильных материалов называют продукцию одной качественной градации, одного артикула или вида, которая вырабатана за ограниченный период времени с определенными струк-

турными параметрами и оформлена одним документом, удостоверяющим ее качество.

В математической статистике при обработке результатов испытаний и контроле показателей качества продукции понятие «партия» заменяют термином *генеральная совокупность*, а ее часть, отбираемую для испытания, называют *выборкой*.

Основным требованием, которое предъявляют к выборке, является ее репрезентативность (от англ. represent — представлять), т. е. выборка должна отражать (представлять) особенности всей партии продукции. Это может быть достигнуто благодаря определенному объему и соответствующим методам отбора выборок.

**Методы отбора выборок** могут быть одноступенчатые, двухступенчатые и многоступенчатые (обычно трехступенчатые). Отбор осуществляется случайным методом, методом наибольшей объективности, а также систематическим и механическим методами.

**Одноступенчатый метод** отбора выборки предусматривает выборку из всей партии без предварительного деления ее на части (например, при испытании отрезков нити с одной паковки, пробных полосок из одного образца полотна и т. п.).

**Двухступенчатый метод** отбора выборки заключается в предварительном делении партии на отдельные примерно равные части и последующем отборе из этих частей.

При испытании текстильных материалов двухступенчатый метод отбора выборки применяют очень часто, так как партии большинства текстильных материалов состоят из отдельных частей (например, партии волокон — из кип, партии нитей — из паковок, партии тканей — из рулонов, включающих в себя несколько кусков, и т. п.).

**Трехступенчатый метод** отбора выборки применяют в том случае, если партия состоит из отдельных примерно равных частей, а каждая часть — из приблизительно одинакового количества продукции или материала. Сначала от партии отбирают несколько частей, затем из них отбирают по одинаковому числу серий, а из каждой из этих серий в выборку попадает примерно одинаковое число единиц продукции или материала. Например, для контрольного испытания партии пряжи отбирают несколько контейнеров или ящиков, из каждого из них берут одинаковое число паковок, а из каждой паковки — одно и то же число отрезков нитей.

**Случайный метод** предусматривает нумерацию всех объектов в партии и отбор тех из них, чьи номера выбирают из таблиц случайных чисел или каким-либо другим подобным образом. В этом случае каждому объекту генеральной совокупности обеспечивается равновероятная (одинаковая) возможность попасть в выборку. Случайный метод отбора рекомендуют во всех случаях, когда нет

серьезных технических или экономических ограничений его применения.

*Метод наибольшей объективности* является разновидностью случайного отбора и применяется в том случае, если нумерация единиц продукции невозможна. Объекты отбирают из разных частей партии продукции наугад, обеспечивая каждому из них одинаковую вероятность попадания в выборку.

Этот метод широко используется при контрольных испытаниях качества текстильных материалов. Метод наибольшей объективности не рекомендуется применять, если оценка качества объектов, отбираемых в выборку, может быть сделана визуально, так как это может значительно снизить его объективность.

*Систематический метод* отбора предусматривает отбор единиц продукции через определенный интервал. Начало отбора определяют случайным методом или методом наибольшей объективности. Периодичность отбора единиц не должна совпадать с периодичностью изменения контролируемого свойства.

Этот метод рекомендуется применять при отборе единиц продукции или материала в выборку с производственного потока. Он находит широкое применение в текстильной промышленности.

*Механический метод* отбора является разновидностью систематического метода. Он основан на нумерации всех объектов генеральной совокупности и последующем отборе части объектов через интервал, определяемый соотношением объемов совокупности и выборки. Например, если из партии объемом 50 изделий надо отобрать выборку объемом 10, то отбирают 5, 10, 15, 20, ..., 45 и 50-й объекты.

В процессе контрольных испытаний показателей качества текстильных материалов применяют ряд специфических определений. Например, различают образцы (пробы) *первого вида*, которые используют для определения всех показателей качества текстильных материалов, кроме влажности, и образцы (пробы) *второго вида* — для измерения влажности. Массу последних фиксируют в момент отбора или сразу же помещают в герметически закрывающийся сосуд, исключающий потерю влаги. Часть партии текстильных материалов (контейнер, ящик, кипа, мешок, тюк, рулон и т. п.) называют *единицей упаковки*, а наименьшую часть такой единицы (моток, початок, шпулю, катушку, бобину и т. п.) — *паковкой*. Для волокон пробой могут быть навески, ленточки, прядки, штапельки и т. п.; для нитей — пасмы (моток) и отрезки (участки); для изделий — полоски и заготовки для испытаний.

Методы отбора образцов и проб для определения конкретных показателей качества текстильных материалов регламентированы в специальных стандартах.

Подготовка образцов и проб к испытанию обусловлена видом текстильного материала и особенностями его испытания. Например, для выполнения некоторых испытаний пробу волокна необходимо освободить от посторонних примесей, распрямить и параллелизовать отдельные волокна. Поэтому отобранные пробы волокон подвергают обработке для наилучшего перемешивания материала, для распрямления, параллелизации волокон и удаления некоторых примесей, мешающих испытаниям. Для тканей подготовка образцов заключается в их раскрое на пробы (полоски, кружки и т. п.), которые направляют в испытательные приборы и установки.

Общим в подготовке всех текстильных материалов к испытаниям является выдерживание отобранных образцов и проб первого вида в нормальных атмосферных условиях (относительная влажность  $\varphi = (65 \pm 2) \%$  и температура  $t = (20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ). Это объясняется тем, что некоторые показатели качества текстильных материалов, например характеристики прочности волокон, могут изменяться в зависимости от их влажности и температуры. Поэтому контрольные испытания показателей качества волокон, нитей и изделий необходимо производить при нормальной влажности, которую они приобретают при выдерживании в течение определенного времени в нормальных атмосферных условиях.

Образцы и пробы волокон перед выдерживанием тщательно, но не повреждая, разрыхляют, раскладывают на проволоочной сетке или подвешивают в марлевых мешочках. Нити выдерживают в мотках или в паковках, а полупродукты прядения — в первоначальных паковках. Образцы и пробы текстильных изделий выдерживают в свободном виде на подвешенной проволоочной сетке.

Чтобы избежать явлений, связанных с сорбционным гистерезисом, и получить сравнимые результаты, при особо ответственных испытаниях гидрофильных текстильных материалов выдерживание осуществляется в условиях сорбции.

Время выдерживания перед испытанием образцов и проб основных видов текстильных материалов может изменяться от 2 до 24 ч. Например, волокна хлопка и шерсти выдерживают 2...4 ч, пряжу — 4...6 ч, нити в паковках — 10...24 ч, ткани — 24 ч.

Отбор образцов и проб, а также подготовка их к испытанию существенно влияют на полученные результаты, поэтому необходимо строго соблюдать установленные для этого правила.

### 1.3.2. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

Проведение испытаний текстильных материалов, как правило, сводится к измерению определяемого показателя.

**Измерение** — это совокупность операций по нахождению измеряемой величины опытным путем с помощью средств измерений.

**Средство измерения** — это техническое средство, используемое при измерениях и имеющее нормированные метрологические характеристики.

Иногда используют более широкое определение этого понятия. Средство измерения — это техническое средство (или их комплекс), предназначенное для измерений и имеющее нормированные метрологические характеристики, воспроизводящее и/или хранящее единицу физической величины, размер которой принимается неизменным (в пределах установленной погрешности) в течение определенного интервала времени.

По конструктивному исполнению средства измерений подразделяются на меры, измерительные приборы, измерительные установки, измерительные системы и измерительные комплексы.

**Мера** — средство измерения, предназначенное для воспроизведения и/или хранения физической величины одного или нескольких заданных размеров, значения которых выражены в установленных единицах и известны с необходимой точностью, т. е. мера выступает в качестве носителя физической величины и служит основой для измерений. В текстильной промышленности при контроле показателей качества сырья, полуфабрикатов и продукции широко используют различные меры, например массы, длины и т. п.

**Измерительный прибор** предназначается для сравнения измеряемой величины с величиной, значение которой известно.

Различают следующие виды измерительных приборов.

**Показывающие** приборы указывают измеряемую величину в момент измерения, определяемую визуально по отсчетным приспособлениям. Эти приборы имеют шкалы, разградуированные в единицах измерения определенных величин. К таким приборам относятся разрывные машины для определения прочности текстильных материалов, торсионные весы и т. п.

**Компарирующие** (сравнивающие) приборы служат для сравнения измеряемой величины с мерами или для сравнения мер с образцовыми мерами.

**Самонишущие** приборы имеют приспособление для записи значений измеряемой величины. Это, например, прибор для измерения неровноты по линейной плотности продуктов прядения, разрывные машины с записью диаграмм растяжения и т. п.

**Интегрирующие** приборы показывают с помощью счетного механизма суммарное значение измеряемого показателя, изменяющегося во времени. Примерами являются прибор для подсчета числа пороков нитей на определенной длине, газовый счетчик в приборе для определения воздухопроницаемости текстильных изделий и др.

**Регулирующие** приборы (например, автоматический регулятор температуры в кондиционном аппарате для определения влажности текстильных материалов) посредством специальных приспособлений автоматически регулируют какой-либо процесс по определенным значениям измеряемой величины.

**Измерительная установка** — совокупность функционально объединенных мер, измерительных приборов, измерительных преобразователей и других устройств, предназначенная для измерения одной или нескольких физических величин и расположенная в одном месте (например, измерительная установка для определения длины хлопковых волокон, включающая в себя прибор для приготовления штапеля и прибор для рассортировки штапеля по группам длин).

**Измерительная система** отличается от измерительной установки тем, что входящие в нее элементы расположены не в одном месте, а в разных точках контролируемого пространства.

**Измерительно-вычислительный комплекс** — это функционально объединенная совокупность средств измерений, ЭВМ и вспомогательных устройств, предназначенная для выполнения в составе измерительной информационной системы конкретной измерительной задачи.

Выбор средства измерения для испытания зависит от вида текстильных материалов, определяемого параметра, условий и места проведения испытаний и т. п.

Независимо от конкретного назначения и конструктивного исполнения все средства измерений имеют ряд общих свойств, позволяющих им осуществить свое функциональное назначение. Технические характеристики, описывающие эти свойства и оказывающие влияние на результаты и погрешности измерений, называются **метрологическими характеристиками средств измерений**.

Метрологические характеристики, устанавливаемые нормативно-технической документацией, называют нормируемыми, а определенные экспериментально — действительными метрологическими характеристиками.

Наиболее распространенными метрологическими характеристиками средств измерений являются: диапазон измерений (или показаний), нестабильность, вариация показаний, чувствительность и порог чувствительности, точность, коэффициент преобразования и др.

**Диапазон измерений** — это величина, в пределах которой нормированы допустимые пределы погрешности средства измерения.

**Диапазон показаний** — это область значений шкалы прибора, ограниченная конечным и начальным значениями шкалы.

**Нестабильность средств измерений** — свойство, показывающее изменение метрологических характеристик за установленный интервал времени.

Нестабильность средств измерений может быть обусловлена многими причинами, например старением и износом отдельных элементов, влиянием окружающей среды и т. п. Нестабильность определяют на основании длительных исследований и обычно устанавливают для одного года. Количественной характеристикой нестабильности может быть вариация — разность показаний прибора в одной и той же точке диапазона измерений. В лабораторных приборах вариация не должна превышать 0,2 деления шкалы, а в технических приборах допускается вариация до 0,5 деления.

*Чувствительность* характеризует свойство средства измерения, определяемое отношением изменения выходного сигнала этого средства к вызывающему его изменению измеряемой величины.

Для приборов, имеющих шкалу измерений, чувствительность

$$S = \Delta n / \Delta A,$$

где  $\Delta n$  — линейное или угловое перемещение указателя прибора;  $\Delta A$  — изменение измеряемой величины.

Если  $\Delta n$  выражено числом делений шкалы прибора, а  $\Delta A$  — единицами измерения шкалы, то величина  $S$ , обратная чувствительности, равняется цене одного деления шкалы прибора:

$$C = 1/S = \Delta A / \Delta n.$$

При уменьшении  $\Delta A$  наступает такой момент, когда очень малая величина  $\Delta A$  не вызывает никакого перемещения указателя, т. е.  $\Delta n = 0$ . Наибольшее значение  $p$  измеряемой величины, при которой  $\Delta n = 0$ , называется *порогом чувствительности*. При  $\Delta A \leq p \Delta n = 0$ , а при  $\Delta A > p \Delta n > 0$ .

*Погрешность* характеризует разницу между показаниями прибора и действительным значением измеряемой величины.

Так как действительное (истинное) значение измеряемой величины остается неизвестным, то для рабочего средства измерения за него принимают показания образцового средства измерения, а для образцового — физическую величину, полученную с помощью эталона. Поэтому в общем виде погрешность прибора будет равна

$$a = X - A, \quad (1.1)$$

где  $X$  — величина, полученная образцовым средством измерения (действительное значение);  $A$  — значение той же самой величины на поверяемом приборе.

Различают следующие виды погрешностей средств измерений.

*Систематическая погрешность* средств измерений связана с их конструкцией или неправильной работой. Она или постоян-

но проявляется, или закономерно изменяется. *Случайная погрешность* зависит от многих случайных факторов и изменяется случайно.

*Абсолютная погрешность*  $a$  выражается в единицах измеряемой величины, *относительная*  $\delta$ , %, — отношением абсолютной погрешности к действительной измеряемой величине:

$$\delta = \frac{a}{A} 100. \quad (1.2)$$

*Допустимая предельная абсолютная погрешность*  $a_m$  является наибольшей погрешностью прибора, допускаемой нормой. Для большинства приборов ее величина равна цене деления шкалы.

*Приведенная погрешность* — относительная погрешность, в которой абсолютная погрешность прибора отнесена к условно принятому значению, постоянному во всем диапазоне измерений или в части диапазона. Часто за эту величину принимают верхний предел измерений, и приведенная погрешность характеризует минимальное значение предельной относительной погрешности прибора, выраженной в процентах.

*Основная погрешность* определяется в нормальных условиях ( $t = 20^\circ\text{C}$  и  $\phi = 65\%$ ), а *дополнительная* — при отступлении от этих условий.

*Статическая погрешность* имеет место при измерении физической величины, принимаемой за неизменную, а *динамическая* возникает дополнительно при измерении переменной физической величины. Она обусловлена несоответствием реакции прибора на изменение входного сигнала.

*Точность* прибора — это характеристика качества измерения, отражающая близость его погрешности к нулю.

Показатель точности  $T$  определяется как величина, обратная предельной относительной погрешности  $\delta_m$ , выраженной в процентах:

$$T = \frac{1}{\delta_m} = \frac{A}{100a_m}. \quad (1.3)$$

Приведенные выше метрологические характеристики средств измерений необходимо учитывать при проведении испытаний, записи и обработке полученных результатов.

### 1.3.3. ЗАПИСЬ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

Все *первичные результаты измерений* являются приближенными и могут состоять из значащих и незначащих, верных и неверных цифр.

Значащими называют все цифры числа, кроме нулей, стоящих подряд в левой части числа. Нули подряд справа могут быть значащими и незначащими. Незначащими считают нули, записанные в разрядах, меньших точности отсчета. Отсчет — это отвлеченное число, прочитанное на шкале показывающего прибора или на диаграмме регистрирующего прибора. Точность обычно равна цене (значению) деления шкалы прибора, т. е. допустимой предельной абсолютной погрешности.

Верными считают цифры высших разрядов, которых нет в абсолютной погрешности приближенного числа, а неверными — все остальные. Например, при определении прочности кордной нити на разрывной машине с ценой деления шкалы 10 сН лаборант записал результат 02,150 даН. В этом числе значащими цифрами будут 2,15, нуль, стоящий слева, незначащий по определению, а нуль, стоящий справа, тоже незначащий, так как точность отсчета равна абсолютной погрешности  $a = 0,01$  даН. Верными в данном числе будут цифры 0, 2, 1.

Результаты первичных измерений записывают с точностью отсчета на приборе, и они должны содержать лишь одну неверную цифру. В промежуточных расчетах по первичным данным могут быть две неверные цифры, а итоговый результат должен иметь все верные цифры, за исключением последней в низшем разряде.

В промежуточных расчетах с использованием первичных результатов необходимо учитывать следующие правила действия с приближенными числами.

Предельная абсолютная ошибка суммы или разности приближенных чисел равна сумме абсолютных ошибок слагаемых или уменьшаемого и вычитаемого.

Предельная абсолютная ошибка произведения приближенных чисел  $A$

$$a_m = \frac{\delta_m A_1 A_2 A_3}{100}, \quad (1.4)$$

где  $\delta_m$  — предельная относительная ошибка, определяемая по формуле

$$\delta_m = (|\delta_1| + |\delta_2| + |\delta_3| + \dots), \quad (1.5)$$

где  $\delta_i$  — относительные ошибки приближенных чисел.

При умножении приближенного числа на точное число  $n$  абсолютная ошибка возрастает в  $n$  раз.

Предельная абсолютная ошибка частного от деления двух приближенных чисел

$$a_m = \frac{\sigma_m A_1}{A_2}, \quad (1.6)$$

$$\delta_m = \pm (|\delta_1| + |\delta_2|), \quad (1.7)$$

где  $\delta_1$  и  $\delta_2$  — относительные ошибки делимого  $A_1$  и делителя  $A_2$ .

Предельная абсолютная ошибка среднего из любого числа измерений равна предельной абсолютной погрешности отдельного измерения.

Предельная абсолютная ошибка приближенного числа  $n$ , возведенного в степень  $n$ , равна

$$a_m = \pm n a A^{n-1}, \quad (1.8)$$

где  $a$  — предельная абсолютная ошибка основания.

Предельная абсолютная ошибка корня степени  $n$  из приближенного числа  $A$  определяется по формуле

$$a_m = \pm \frac{a}{n} A^{1/(n-1)} = \pm \frac{a}{n} \frac{1/(n-1)}{\sqrt[n]{A}}, \quad (1.9)$$

где  $a$  — предельная абсолютная ошибка подкоренного числа.

При промежуточных расчетах и записи итогового результата необходимо придерживаться следующего правила округления. Если отбрасываемая при округлении цифра меньше 5, то цифру в сохраняемом степенном разряде не изменяют. Если отбрасываемая цифра больше 5, сохраняемую цифру увеличивают на единицу. Если отбрасываемая цифра равна 5, сохраняемую цифру увеличивают на единицу, если она нечетная, и не изменяют, если она четная или равна нулю.

Многие приборы для испытаний текстильных материалов имеют встроенные микропроцессоры или совмещены с ЭВМ. В этом случае нет необходимости записывать первичные результаты. Однако обязательно должна быть предусмотрена фиксация и распечатка первичных данных. Кроме того, выбор и отладка программы обработки первичных данных на этих приборах должны производиться с учетом метрологических характеристик используемого средства измерения.

**Обработка результатов испытаний** включает в себя систематизацию полученных при испытании первичных результатов, подсчет сводных характеристик выборки, оценку этих характеристик в генеральной совокупности (партии), анализ полученных результатов.

Обработку результатов испытаний показателей качества текстильных материалов производят на ЭВМ по стандартным программам. Для этого необходимо ввести в машину первичные дан-

ные. Однако для использования получаемых расчетов необходимо знать сущность методов обработки результатов и уметь произвести необходимые расчеты вручную.

Обработка результатов испытаний чаще всего производится методами математической статистики, базирующимися на основных положениях теории вероятностей. Каждый результат измерений при испытании, как бы тщательно оно ни выполнялось, считают *случайной величиной*, которая может принимать одно и только одно из возможных значений, заранее неизвестное и зависящее от ряда случайных причин, которые не могут быть учтены.

При определении показателей качества текстильных материалов как правило производят несколько измерений, в результате чего получают случайные величины, объединяемые в одну выборку.

Если число таких величин невелико ( $n \leq 30$ ), то их систематизируют путем построения ранжированного ряда. Для этого случайные величины располагают последовательно по мере возрастания (что делается чаще) или убывания. Например, при определении прочности ткани по основе получены следующие результаты испытания трех образцов: 1-го — 26; 31; 33 даН, 2-го — 30; 32; 36 даН и 3-го — 28; 29; 34 даН. Ранжированный ряд образуется последовательностью 26; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34 и 36 даН.

Если  $n \geq 30$ , то первичные результаты систематизируют (см. в табл. распределения). Для построения такой таблицы находят наибольший  $X_{\max}$  и наименьший  $X_{\min}$  из полученных результатов, определяют размах выборки  $R = X_{\max} - X_{\min}$  и рассчитывают классовый интервал:

$$\Delta_k = \frac{R}{K}, \quad (1.10)$$

где  $K$  — число классов, которое можно определить по формуле

$$K = 1 + 3,4 \lg(n), \quad (1.11)$$

где  $n$  — общее число результатов.

Число классов  $K$  желательно выбрать так, чтобы  $R$  делилось без остатка и  $\Delta_k$  было целым числом.

Ориентировочно можно принять при  $n < 100$   $K < 10$ , при  $n > 100$   $K \geq 10$ . При необходимости округление  $\Delta_k$  всегда производят в большую сторону.

Ниже приведены первичные результаты определения разрывной нагрузки пряжи, сН. Рамками выделены наибольший и наименьший результаты.

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 93  | 100 | 110 | 112 | 102 | 107 | 111 | 98  | 112 | 117 |
| 113 | 115 | 112 | 91  | 114 | 111 | 113 | 112 | 108 | 118 |
| 108 | 117 | 97  | 110 | 117 | 107 | 118 | 122 | 109 | 123 |
| 106 | 120 | 114 | 101 | 112 | 96  | 111 | 102 | 115 | 125 |
| 122 | 116 | 109 | 110 | 96  | 105 | 112 | 113 | 117 | 101 |
| 112 | 114 | 117 | 106 | 107 | 113 | 112 | 111 | 90  | 128 |
| 126 | 92  | 127 | 112 | 108 | 110 | 112 | 121 | 112 | 117 |
| 117 | 119 | 113 | 122 | 114 | 124 | 102 | 105 | 111 | 112 |
| 100 | 135 | 106 | 129 | 112 | 99  | 110 | 116 | 113 | 122 |
| 133 | 112 | 131 | 107 | 119 | 112 | 117 | 107 | 114 | 111 |

Находим  $R = 135 - 90 = 45$ , принимаем  $K = 9$ . Отсюда

$$\Delta_k = \frac{45}{9} = 5 \text{ сН.}$$

Определив классовые интервалы (классы) и среднее классов  $\bar{X}_i$ , построим таблицу распределения (табл. 1.2), отмечая число результатов, попавших в каждый класс  $m_i$  — частоту класса.

Таблица 1.2

| Номер класса | Разрывная нагрузка, сН | $\bar{X}_i$ | $m_i$ | $\alpha$ | $m\alpha$ | $m\alpha^2$ |
|--------------|------------------------|-------------|-------|----------|-----------|-------------|
| 1            | 90...94                | 92          | 4     | -4       | -16       | 64          |
| 2            | 95...99                | 97          | 5     | -3       | -15       | 45          |
| 3            | 100...104              | 102         | 7     | -2       | -14       | 28          |
| 4            | 105...109              | 107         | 15    | -1       | -15       | 15          |
| 5            | 110...114              | 112         | 37    | 0        | 0         | 0           |
| 6            | 115...119              | 117         | 16    | 1        | 16        | 16          |
| 7            | 120...124              | 122         | 8     | 2        | 16        | 32          |
| 8            | 125...129              | 127         | 5     | 3        | 15        | 45          |
| 9            | 130...135              | 132         | 3     | 4        | 12        | 48          |
|              |                        | $\Sigma$    | 100   |          | -1        | 293         |

Для оценки испытания выборки в математической статистике применяют сводные характеристики, заменяющие совокупность результатов отдельных измерений. К характеристикам, наиболее часто используемым при контроле показателей качества текстильных материалов, относятся *среднее  $\bar{X}$ , среднее квадратическое отклонение  $S$  и коэффициент вариации  $C$* .

Сводные характеристики выборки определяют по приведенным ниже формулам:

$$\bar{X}_B = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_i + X_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (1.12)$$

где  $X_i$  — отдельные результаты измерений;  $n$  — число измерений в выборке;

$$S_B = \sqrt{\frac{(X_1 - \bar{X}_B)^2 + (X_2 - \bar{X}_B)^2 + \dots + (X_n - \bar{X}_B)^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}. \quad (1.13)$$

Подсчитанное по этой формуле значение  $S$  называют смещенным. Оно может быть в среднем занижено по сравнению с  $S$  в генеральной совокупности. Несмещенное значение  $S$  определяют как  $S_n = M_K S_B$ , где  $M_K$  — поправка на смещение. Величины  $M_K$  приведены ниже для  $K = n - 1$ , если среднее  $\bar{X}$  для партии неизвестно (что чаще всего и имеет место), и  $K = n$ , если  $\bar{X}$  известно.

|       |      |      |      |      |      |      |     |
|-------|------|------|------|------|------|------|-----|
| $K$   | 2    | 3    | 4    | 9    | 19   | 30   | >30 |
| $M_K$ | 1,13 | 1,08 | 1,06 | 1,03 | 1,01 | 1,01 | ~1  |

При малых выборках ( $n \leq 10$ ) среднее квадратическое отклонение можно определить по размаху выборки как  $S = R_B d_n$ , где  $d_n$  — коэффициент, зависящий от числа испытаний в выборке  $n$ .

|       |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| $n$   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 8    | 10   |
| $d_n$ | 0,89 | 0,59 | 0,48 | 0,43 | 0,40 | 0,35 | 0,32 |

Коэффициент вариации выборки определяют как отношение  $S$  к  $\bar{X}$  и при определении показателей качества текстильных материалов выражают в процентах:

$$C = \frac{S}{\bar{X}} 100. \quad (1.14)$$

При большом числе испытаний в выборке, когда первичные результаты представляют в таблице распределения, используют

приближенные методы расчета сводных характеристик, например по формулам

$$\bar{X}_B = \frac{\sum_{i=1}^k X_i m_i}{n}; \quad S_B = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (\bar{X}_i - \bar{X}_B)^2 m_i}{n}}, \quad (1.15)$$

где  $\bar{X}_i$  — среднее класса;  $m_i$  — частота класса;  $n = \sum_{i=1}^k m_i$  — общее число испытаний;  $k$  — число классов.

При обработке данных таблицы распределения методом произведений (см. табл. 1.2) против класса с наибольшей частотой ставят  $\alpha = 0$ , а для других классов отмечают вверх от 0 по порядку положительные числа  $\alpha$  и вниз от 0 по порядку отрицательные. Подсчитывают для каждого класса произведения  $m_i \alpha_i$  и  $m_i \alpha_i^2$ , их

суммы  $\sum_{i=1}^k m_i \alpha_i^2$  и  $\sum_{i=1}^k m_i \alpha_i$  и находят

$$\bar{X}_B = \bar{X}_0 + \frac{\Delta_K \sum m_i \alpha_i}{n}; \quad S_B = \Delta_K \sqrt{\frac{\sum m_i \alpha_i^2}{n} - \left( \frac{\sum m_i \alpha_i}{n} \right)^2}, \quad (1.16)$$

где  $\bar{X}_0$  — среднее класса для  $\alpha = 0$ ;  $\Delta_K$  — классовой интервал.

Коэффициент вариации подсчитывают по формуле (1.14).

Сводные характеристики выборки относятся только к данной выборке и могут изменяться от выборки к выборке. Для распространения этих характеристик на генеральную совокупность (партию) необходимо найти *доверительный интервал*, ограниченный нижней и верхней *доверительными границами* или одной из них. Точное значение сводных характеристик для генеральной совокупности при выборочном методе контроля найти нельзя, но можно с выбранной доверительной вероятностью определить пределы (предел), внутри которых (которого) будет находиться значение сводной характеристики для генеральной совокупности.

Доверительный интервал для  $\bar{X}$  и  $S$  в случае нормального распределения  $X_i$  находят как

$$\bar{X}_r = \bar{X}_B \pm \frac{t'_r S_B}{\sqrt{n}}; \quad (1.17)$$

только нижнюю доверительную границу

$$\bar{X}_{н.г} = \bar{X}_B - \frac{t'_r S_B}{\sqrt{n}}; \quad (1.18)$$

только верхнюю доверительную границу

$$\bar{X}_{в.г} = \bar{X}_в + \frac{t_\gamma S_в}{\sqrt{n}}, \quad (1.19)$$

где  $\bar{X}_{в.г}$  и  $S_в$  — выборочное значение среднего и среднего квадратического отклонения;  $n$  — число испытаний в выборке;  $t'_\gamma$  и  $t_\gamma$  — коэффициенты, зависящие от числа испытаний в выборке и принятой доверительной вероятности  $\gamma$  (табл. 1.3).

При обработке результатов испытаний показателей качества текстильных материалов доверительные интервалы и границы принято определять при вероятности  $\gamma = 0,90 \dots 0,99$ .

Таблица 1.3

| $n-1$                 | 2    | 3    | 5    | 10   | 20   | 30   | 50   | 100  | $\infty$ |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| $t'_{0,9} = t_{0,95}$ | 2,92 | 2,35 | 2,02 | 1,81 | 1,72 | 1,7  | 1,68 | 1,66 | 1,64     |
| $Z_{н,0,95}$          | 0,58 | 0,62 | 0,67 | 0,74 | 0,80 | 0,83 | 0,86 | 0,9  | ~1       |
| $Z_{в,0,95}$          | 4,42 | 2,92 | 2,09 | 1,59 | 1,36 | 1,27 | 1,20 | 1,13 | ~1       |

Нижняя и верхняя доверительные границы среднего квадратического отклонения подсчитываются по формулам

$$S_{н.д} = Z_{н,\gamma} S_в; \quad S_{в.д} = Z_{в,\gamma} S_в, \quad (1.20)$$

где  $Z_{н,\gamma}$  и  $Z_{в,\gamma}$  — коэффициенты, зависящие от числа испытаний в выборке и принятой доверительной вероятности (см. табл. 1.3).

Доверительные границы коэффициента вариации определяют как

$$C_{н.г} = K_н C_в; \quad C_{в.г} = K_в C_в. \quad (1.21)$$

Значения коэффициентов  $K_н$  и  $K_в$  для доверительной вероятности  $\gamma = 0,95$  даны ниже в зависимости от  $n$  — числа испытаний в выборке.

| $n$   | 30   | 50   | 100  | 200  | 500  | 1000 |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| $K_н$ | 0,83 | 0,86 | 0,9  | 0,92 | 0,95 | 0,97 |
| $K_в$ | 1,27 | 1,2  | 1,13 | 1,1  | 1,06 | 1,04 |

Полученные при испытании текстильных материалов результаты после обработки можно проанализировать.

Анализ результатов испытаний может преследовать различные цели и задачи.

Оценку «выскакивающих» (анормальных) результатов испытаний в выборке, значения которых существенно отличаются от уровня остальных, производят после записи первичных данных одновременно с подсчетом сводных характеристик. По существу эта процедура сводится к оценке принадлежности «выскакивающего» результата к данной выборке. При законе нормального распределения первичных данных для этого вычисляют величину

$$t = \frac{|x' - \bar{X}_в|}{S_в} \sqrt{\frac{n-1}{n}}, \quad (1.22)$$

где  $x'$  — результат, который оценивают на анормальность;  $\bar{X}_в$  — среднее;  $S_в$  — среднее квадратическое отклонение;  $n$  — число измерений в выборке.

Если  $t > t_\gamma$ , значения которого даны ниже, то с вероятностью  $p \geq 0,95$  результат  $x'$  считают «выскакивающим» и его не следует включать в подсчет сводных характеристик выборки.

| $n$        | 2     | 3    | 4    | 5    | 10   | 20   | 30   | 60   | $\infty$ |
|------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| $t_\gamma$ | 15,56 | 4,97 | 3,56 | 3,04 | 2,37 | 2,14 | 2,08 | 2,02 | 1,96     |

Возможна оценка «выскакивающего» результата по размаху выборки  $R$ . Если из  $n$  ранжированных результатов  $x_1$  или  $x_n$  вызывает сомнение, то, исключив эти результаты, определяют из оставшихся  $n-1$  результатов среднее  $\bar{X}_в$ . При  $x_1 < \bar{X}_в - RZ$  или  $x_1 < \bar{X}_в + RZ$  результат  $x_1$  или  $x_n$  считают «выскакивающим». Коэффициент  $Z$  выбирают в зависимости от  $n$  — числа испытаний в выборке.

| $n$ | 5   | 6   | 7   | 8...9 | 10...11 | 12...15 | 16...22 | 23...25 | 26...63 | 64...150 |
|-----|-----|-----|-----|-------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| $Z$ | 1,7 | 1,6 | 1,5 | 1,4   | 1,3     | 1,2     | 1,1     | 1       | 0,9     | 0,8      |

Оценка достоверности различия сводных характеристик выборок может производиться, если необходимо убедиться, что эти выборки принадлежат одной генеральной совокупности или если требуется оценить вероятность (достоверность) отличия результатов испытания одной выборки от результатов другой. Для этих целей используют различные критерии.

Критерий Фишера  $F$  применяют для оценки достоверности различия дисперсий двух выборок:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{при} \quad S_1 > S_2. \quad (1.23)$$

Если  $F > F_T$  (значения  $F_T$  берут по специальным таблицам в зависимости от принятой вероятности и числа испытаний в выборках), то различие между  $S_1$  и  $S_2$  достоверно с принятой вероятностью. Обычно такой вероятностью является  $p \geq 0,95$ .

Существенность различия между  $S_1$  и  $S_2$  по величине  $F$  может быть оценена по критерию Романовского:

$$R = \frac{|\Theta - 1|}{\sigma_\Theta}; \quad (1.24)$$

$$\Theta = \frac{v_2 - 2}{v_2} F \text{ и } \sigma_\Theta = \sqrt{\frac{2(v_1 + v_2 - 2)}{v_1(v_2 + 4)}}, \quad (1.25)$$

где  $v_2 = n_2 - 1$  и  $v_1 = n_1 - 1$ , а  $n_1$  и  $n_2$  — число измерений в сравниваемых выборках.

При  $R \geq 3$  различие между  $S_1$  и  $S_2$  существенно, а при  $R < 3$  — нет. Критерий Стьюдента  $t$  используют для оценки достоверности различия между средними двух выборок:

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{n_1 S_1^2 + n_2 S_2^2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}, \quad (1.26)$$

где  $\bar{X}_1$  и  $\bar{X}_2$  — средние;  $S_1$  и  $S_2$  — средние квадратические отклонения;  $n_1$  и  $n_2$  — число испытаний в выборках.

Если  $t > t_T$ , то различие между средними считают достоверным с принятой вероятностью. Значения  $t_T$  при  $p = 0,95$  в зависимости от  $n_1$  и  $n_2$  даны ниже.

| $v = n_1 + n_2 - 2$ | 2   | 4    | 10   | 20   | 30   | 60 | 100  | $\infty$ |
|---------------------|-----|------|------|------|------|----|------|----------|
| $t_T$               | 4,3 | 2,78 | 2,23 | 2,09 | 2,04 | 2  | 1,98 | 1,96     |

При  $n_1 = n_2 > 30$  формулу (1.26) можно записать как

$$t = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{S_1^2 + S_2^2}} \sqrt{n}. \quad (1.27)$$

## Контрольные вопросы

1. Что такое текстильное материаловедение?
2. Почему инженеру-технологу необходимо знать текстильное материаловедение?
3. Каковы основные этапы развития отечественного текстильного материаловедения?
4. Что такое текстильные материалы, волокно, нити, изделия?
5. Что такое натуральные волокна? Как они подразделяются? Приведите примеры этих волокон.
6. Что такое химические волокна? Как они подразделяются? Приведите примеры этих волокон.
7. Каково международное обозначение капронового штапельного волокна, используемого в смеси с хлопковым волокном?
8. Что характеризует механические свойства текстильных материалов?
9. Каковы физические и химические свойства текстильных материалов?
10. Чем отличается показатель качества текстильных материалов от его свойства?
11. Какие показатели называются показателями назначения и эргономическими показателями текстильных материалов?
12. Какие показатели являются показателями надежности и эстетическими показателями текстильных изделий?
13. Какие показатели являются технологическими и экологическими показателями текстильных материалов?
14. Что такое испытание и метод испытания? Какова последовательность его проведения?
15. Что такое образец и проба, партия и выборка? В чем заключается одноступенчатые и двухступенчатые методы отбора выборок?
16. Что такое случайный метод, метод наибольшей объективности, систематический и механический методы отбора выборок?
17. Что такое образцы (пробы) первого и второго вида? В чем заключается их подготовка к испытанию?
18. Что такое средства измерения? Каковы их основные виды?
19. Каковы метрологические характеристики средств измерения?
20. Какими бывают погрешности измерений?
21. Что такое значащие и верные числа?
22. Что такое сводные характеристики выборки? Как их подсчитывают?
23. Как распространяются сводные характеристики выборки на генеральную совокупность?
24. Для каких целей используют критерии Фишера  $F$  и Стьюдента  $t$ ?

## Задачи

1. Определить абсолютную и относительную погрешность измерения прочности нити, если полученный результат равен 200 сН, а цена деления шкалы разрывной машины 10 сН.
2. Определить предельную абсолютную ошибку суммы, произведения и частного от деления двух приближенных чисел  $A_1 = 100$ ;  $a_1 = 10$  и  $A_2 = 50$ ;  $a_2 = 2$ .

3. Подсчитать сводные характеристики выборки определения прочности ткани по основе, если при испытании трех образцов получены следующие результаты: 1-го — 26; 31; 33 даН, 2-го — 30; 32; 36 даН, 3-го — 28; 29; 34 даН.

4. Для данных задачи 3 подсчитать среднее квадратическое отклонение каждого образца методом размаха.

5. Построить таблицу распределения результатов испытаний и подсчитать методом произведений сводные характеристики выборки, распространить их на генеральную совокупность.

6. Для данных задачи 3 найти среднее и среднее квадратическое отклонение для партии — генеральной совокупности.

7. Для данных задачи 3 установить, является ли результат 26 даН аномальным, т. е. установить, является ли он «выскакивающим».

8. Для данных задачи 3 оценить достоверность различия между средними квадратическими отклонениями определения прочности трех образцов ткани.

9. Для данных задачи 3 оценить достоверность различия между средними значениями определения прочности трех образцов ткани.

10. Для данных задачи 3 определить, какой из трех образцов имеет наибольшую разрывную нагрузку и наименьший разброс результатов.

## Глава 2 ТЕКСТИЛЬНЫЕ ВОЛОКНА



### 2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН

В общепринятой классификации в зависимости от происхождения и способа получения текстильные волокна подразделяют на натуральные и химические.

**Натуральные текстильные волокна**, образующиеся в природе, могут быть растительного, животного и минерального происхождения.

Волокна растительного происхождения, получаемые из стеблей растений, называют *лубяными*; из листьев — *лиственными*; с поверхности семян и из оболочек плодов — *семенными*.

Волокна животного происхождения образуются в виде волосного покрова животных (шерсть) или выделяются специальными железами насекомых (шелк).

Волокна растительного и животного происхождения состоят из органических веществ. Единственным натуральным волокном, состоящим из неорганического вещества, является асбест — волокно минерального происхождения.

**Химические текстильные волокна**, создаваемые при непосредственном участии человека, могут быть искусственными, получаемыми из природных веществ, и синтетическими — из различных синтетических веществ.

Искусственные химические волокна получают из природной целлюлозы, натуральных белков, каучука и из природных неорганических соединений кремния, металлов и т. п.

Синтетические химические волокна, получаемые на основе различных химических соединений, могут быть полиамидными, полиэфирными, полиакрилонитрильными, полипропиленовыми, углеродными и т. д.

Большинство синтетических волокон состоит из органических веществ. К неорганическим синтетическим волокнам относятся стеклянные, керамические, кремнеземные, каменные и др.

По данным мировой статистики производство текстильных волокон в 2001—2002 гг. составило в целом 58 201 тыс. т в год. В табл. 2.1 приведены объемы производства и выраженная в процентах доля основных видов текстильных волокон в их общем количестве.

Каждое текстильное волокно имеет историю своего появления и использования человеком, собственную, присущую только данному волокну, технологию переработки, свои особенные, порой замечательные свойства.

Таблица 2.1

| Текстильные волокна в 2001—2002 гг.             | Объем, тыс. т | %    |
|-------------------------------------------------|---------------|------|
| Общее количество волокон                        | 58201         | 100  |
| В том числе:                                    |               |      |
| натуральные волокна                             | 23908         | 42,1 |
| химические волокна                              | 34293         | 57,9 |
| Натуральные волокна растительного происхождения | 23646         | 40   |
| В том числе:                                    |               |      |
| хлопок                                          | 19814         | 33,5 |
| лен                                             | 588           | 1    |
| рамы                                            | 179           | 0,3  |
| джут                                            | 3065          | 5,2  |
| Натуральные волокна животного происхождения     | 1262          | 2,1  |
| В том числе:                                    |               |      |
| шерсть                                          | 1180          | 2,0  |
| шелк                                            | 82            | 0,1  |
| Химические искусственные волокна                | 2692          | 4,5  |
| Химические синтетические волокна                | 31601         | 53,4 |
| В том числе:                                    |               |      |
| полиэфирные                                     | 19244         | 32,5 |
| полипропиленовые                                | 5815          | 9,8  |
| полиамидные                                     | 3660          | 6,2  |
| полиакрилонитрильные                            | 2555          | 4,3  |
| остальные                                       | 327           | 0,6  |

### 2.1.1. НАТУРАЛЬНЫЕ ВОЛОКНА РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Раньше всего человечество научилось получать и перерабатывать в текстильные изделия натуральные волокна растительного происхождения.

К ним относятся тонкостебельные (лен, рами); грубостебельные (пенька, джут, кенаф); листовые (абака, сизаль); семенные (хлопок, койр) волокна.

Лен — тонкостебельное лубяное волокно растительного происхождения, получаемое из стеблей однолетнего растения льна. Лен начали использовать для прядения раньше других материалов. Еще в эпоху неолита, задолго до возникновения овцеводства, человек умел из льноволокна свить веревку, сплести циновку, изго-

товить простейшие виды нательной одежды. Археологи установили, что наиболее древние образцы изделий из льна появились 8 тыс. лет до н. э., а уже 5 тыс. лет назад до н. э. в Палестине и 3 тыс. лет до н. э. в Египте и Ассирии (территория современного Ирака) из льна изготавливали тонкие и очень красивые ткани. В Древней Греции и Древнем Риме дорогая белая или пурпурная ткань из льна называлась «царский виссон». В погребении фараонов 12-й династии (2,5 тыс. лет до н. э.) найдены льняные изделия высочайшего качества. Мумии фараонов обертывали в пелену, сотканную из тонкой льняной пряжи, а ткань имела до 200 нитей в 1 см. Лицо мумии фараона покрывали особенно тонкой льняной тканью, которую называли «тканый воздух». Плащаница Иисуса Христа также была изготовлена из льняной ткани. Современная промышленная технология переработки льна даже отдаленно не позволяет получить подобные ткани.

В России лен возделывается с X в., а в XIII—XV вв. становится объектом активной торговли, в том числе международной. Русский лен в то время продавался не только в Европе, но и далеко на Востоке. В XVI—XVII вв., с открытием северного морского пути через Архангельск, льноводство интенсивно развивается на севере европейской части нашей страны. Наиболее активно закупали русский лен англичане. Именно тогда лен стали называть «русским, или северным, шелком».

При Петре I в России стали действовать крупные мануфактуры по изготовлению полотна из льняной пряжи для парусов военного и торгового флота. Льняное производство становится широко распространенным промыслом и прочной базой для развития текстильной промышленности России.

Традиционными и основными льноводческими областями в России являются Псковская, Смоленская, Тверская, Ярославская, Вологодская, Ивановская, Костромская и др. Климатические условия России наиболее благоприятны для выращивания льна.

Производство льна и его промышленная переработка развиты во Франции, Польше, Нидерландах, Бельгии и других странах.

Для получения льняного волокна обычно выращивают лен-долгунец (прядильный лен). Лен-кудряш (масленичный лен) и лен-межемук используют преимущественно для получения семян, из которых вырабатывают льняное масло и жмых.

Лен-долгунец — растение умеренного и влажного климата, требует около 400 мм осадков в год и может выдерживать кратковременные заморозки до температуры  $-4^{\circ}\text{C}$ , плохо переносит жару. Посев семян льна производят в возможно ранние сроки, когда почва прогреется всего лишь до  $7...10^{\circ}\text{C}$ . Вегетативный период льна (от появления всходов до созревания) составляет в центральных районах  $75...80$  дней. Высота стебля льна  $60...100$  см, а толщина  $0,8...1,4$  мм. Убирают лен в период так называемой желтой спелости, при которой общий фон льняного поля становится светло-желтым, листья в нижней трети стебля опадают, а остальные желтеют и только самые верхние остаются зелеными. Такие показатели обеспечивают получение высокого урожая и наилучшего по качеству волокна. При уборке льна для полного сохранения длины волокна в стеблях их выдергивают из земли с корнями. Для этого используют льнотеребильные машины и льнокомбайны. На последних кроме теребления осуществляются отделение семенных головок от стеблей, вязка их в снопы или расстил полосой на поле для вылеживания. Стебли льна без семенных головок, отделяемых при очесе или обмолоте, называются льносоломой. Выделение волокон льна из льносоломы производят в процессах ее первичной обработки.

Лен обладает комплексом замечательных свойств. О нем справедливо говорят: «Лен одевает, лен кормит и лен лечит».

Одежда из льна имеет исключительные эргономические показатели, прежде всего гигиенические. Льняная ткань при контакте с телом человека активно впитывает пот, отводит тепло, не электризуется, уменьшает затраты тепловой энергии. Летом в жару температура на поверхности льняной ткани ниже температуры

окружающего воздуха, поэтому от льняных тканей всегда исходит ощущение свежести и прохлады. Благодаря достаточно высокой жесткости льняная ткань обеспечивает хорошую вентиляцию пододежного пространства и чрезвычайно комфортное самочувствие человека в одежде, особенно при повышенных температуре и влажности окружающей среды.

Гигиенические показатели качества льняных тканей были известны с глубокой древности и всегда ценились очень высоко. Одежда из тонких льняных тканей была привилегией древнегреческих аристократов и египетских жрецов. В средневековой Руси лен в прямом смысле ценили на вес золота, кладя на одну чашу весов штуки льняного полотна, на другую — слиток золота.

Высокие гигиенические свойства льняных тканей сочетаются с их антибактериальным действием, поэтому в свое время широко использовались льняные бинты и повязки, медицинские носилки и палатки из льняных тканей. Колониальные войска англичан в Индии носили обмундирование преимущественно из льна.

В настоящее время гигиенические свойства льняных волокон учитывают и используют при изготовлении полотенец и салфеток для лица и тела, элитного постельного белья, очень дорогих и высококачественных летних костюмов и платьев и т. п. Специальные льняные ткани и трикотажные полотна применяют для белья и одежды космонавтов, полярников, геологов, подводников, шахтеров сверхглубоких шахт и т. п., т. е. там, где к одежде предъявляются повышенные гигиенические требования. После специальной обработки льняное волокно используется и для медицинской ваты.

«Неприметное» льняное полотно отличается еще и тем, что в процессе эксплуатации и стирки делается все белее и привлекательнее, глянец его усиливается. Эта особенность льняного волокна используется при изготовлении из них очень нарядных белых камчатных крупноузорчатых скатертей и салфеток. Изделия из льна, как показала история, могут сохраняться веками. Об этом в том числе свидетельствуют великие творения художников эпохи Возрождения, написанные на льняных полотнах, и древние книги, созданные из бумаги, в состав которой входит льняное волокно.

Особенностью изделий из льна является их способность значительно увеличиваться в объеме и становиться прочнее с повышением влажности. Благодаря этой особенности лен с давних пор используют для изготовления морских парусов, канатов, тяжелых брезентов и пожарных рукавов. В последних лен дает эффект «потения»: пожарный рукав становится мокрым, но воду не пропускает. Пожарные рукава из льна на пожарах практически не прогорают.

Использование высококачественных льняных волокон (чесаного льна) в изделиях технического назначения сегодня не всегда оправданно. По возможности следует сокращать применение льна в этих изделиях, заменять его другими материалами, например химическими волокнами. Замечательные свойства льняных волокон должны использоваться прежде всего в материалах бытового назначения, особенно контактирующих с телом человека. Менее ценное льняное волокно (очес, короткое волокно и т. п.) применяют для изготовления очень широкого ассортимента различных текстильных изделий, включая и те из них, где используется чесаный лен. Это одежные ткани, в том числе в смеси с другими волокнами, ткани и штучные изделия бельевого и столового ассортимента, прокладочные и паковочные ткани, парусина, полотна различного назначения, крученые текстильные изделия (веревки, шпагаты и т. п.).

Наряду с волокном лен дает людям льняное масло, а отходы переработки льна, например костра, являются ценным сырьем для производства мебельных и строительных плит и применяются в качестве топлива.

Льняное масло используется как пищевой продукт, а также как сырье для изготовления высококачественных олиф, красок и лаков. О медицинском значении льняного масла упоминают средневековые «тибетские лечебники». В наши дни его широко применяют для диетического питания и приготовления различных лекарств.

Лен в России является важнейшим сырьевым ресурсом, который в отличие от нефти, газа и древесины ежегодно возобновляется и, следовательно, является практически неисчерпаемым.

К растительным лубяным тонкостеблевым текстильным волокнам кроме льна относятся также волокно рами.

*Рами* — волокно стеблей многолетнего субтропического травянистого растения из семейства крапивных. Рами культивируют в Китае, Японии, Индии и других странах. Волокнистый слой получают сдираньем со стеблей луба, т. е. коры с покровными тканями, и освобождением его от древесины.

Из рами вырабатывают бельевые и одежные ткани, рыболовные сети, канаты, веревки и др.

Грубостеблевые лубяные текстильные волокна — это пенька, джут, кенаф и др.

*Пенька* — текстильное волокно, получаемое из стеблей однолетнего растения конопли и часто называемое именем этого растения. Родиной культурной конопли считают Среднюю Азию. На юг России конопля принесена скифами в VII в. до н. э., поэтому она законно считается древней русской сельскохозяйственной культурой, используемой для изготовления текстильных изделий.

Конопля делится на три группы: северную, среднерусскую и южную. Последняя дает наиболее высокий урожай и поэтому получила широкое распространение. В средней полосе южную коноплю выращивают для получения волокна (на зеленец), а в южных районах — волокна и небольшого урожая семян.

Коноплю возделывают на хорошо удобренных почвах. Ее вегетационный период длится 140...160 дней, высота стеблей растения может достигать 2...4 м. Убирают (срезают) стебли конопли жатками или комбайнами в период созревания семян в средней части соцветия. На комбайнах семенные головки отделяют, из них выделяются семена. Волокна из стеблей конопли получают различными способами.

Волокна конопли достаточно грубые, жесткие и прочные, поэтому их традиционно используют для производства канатов, шпагата, веревки и других крученых текстильных изделий. Из непрядомых волокон конопли изготавливают смоляную паклю, используемую в строительстве и судостроении. Весьма перспективным является использование предварительно «облагороженного» волокна конопли в текстильных изделиях бытового назначения, в том числе в одежных тканях.

Кроме России коноплю культивируют в Венгрии, Румынии, Болгарии, Италии, Турции, Испании, Индии, Пакистане и других странах. Серьезным препятствием широкого распространения конопли является использование ее для изготовления наркотических средств.

*Джут* — тропическое растение из семейства липовых. Для получения волокон возделывают длинноплодный и круглоплодный джут. Основными странами-производителями джута являются Бангладеш, Пакистан, Индия, на долю которых приходится 90 % его мирового производства.

Первые опытные посевы индийского джута в России были проведены во второй половине XIX в., но положительных результатов они не дали, и культура джута не получила развития. Поэтому текстильная промышленность России использовала импортное сырье, выпуская преимущественно льноджутовые паковочные ткани.

Волокна джута обладают высокой прочностью и большой гигроскопичностью, т. е. способностью поглощать водяные пары из окружающей среды. Поэтому из волокон джута, как правило, вырабатывают прочные паковочные ткани и мешки для хранения различных продуктов питания, например сахарного песка. Высокая гигроскопичность джута обеспечивает хорошую сохранность продуктов в таких мешках.

Из всех лубяных волокон джут имеет наибольшие объемы производства. В отдельные годы прошлого века удельный вес джута в мировом объеме производства

лубяных волокон достигал более 50 %. В настоящее время появились химические волокна и нити, составившие существенную конкуренцию джуту.

**Кенаф** — однолетнее влаго- и теплолюбивое растение из семейства мальвовых. Его выращивают в Индии, Иране, Индокитае, Египте, Бразилии, Китае и других странах.

Основными элементами агротехники являются вспашка, посев протравленных семян, рыхление почвы в междурядьях, удаление сорняков и поливы. Стебли кенафа достигают высоты 3...4 м и содержат 16...20 % волокна.

Уборку кенафа производят в период массового образования семенных коробочек. Она включает в себя срезку стеблей, получение луба из свежесрезанных стеблей, сушку луба в поле и транспортирование на завод первичной обработки. Все операции, кроме получения луба, в основном осуществляются вручную.

Свойства кенафа близки к свойствам джута. Области использования этих волокон одинаковы.

**Листовые** растительные волокна пока имеют ограниченное применение в текстильной промышленности. Получают их в основном из листьев тропических растений. К этим волокнам относятся сизаль, манила и др.

**Сизаль** — волокно, получаемое из листьев многолетнего тропического растения агавы, произрастающей в Индии, Индонезии, странах Африки, Центральной и Южной Америки и др. Волокно из агавы, растущей в Мексике, известно под названием генекен. Волокно выделяют из листьев агавы вручную и машинами. Волокна очень ломкие, тонкостенные, с широким каналом.

**Манила** — волокно из листьев тропического растения абака, произрастающего в основном на Филиппинах и в Индонезии. Волокно извлекают из листьев вручную или с помощью несложных машин.

Листовые волокна прочные и очень гигроскопичные, имеют желтоватый цвет и обладают сильным блеском. Традиционно из сизали и манилы изготавливают в основном гнестойкие морские канаты, а также другие крученые изделия. Очень популярны различные банные принадлежности и декоративные изделия из этих волокон.

**Семенное** волокно растительного происхождения — это прежде всего хлопок, получаемый с поверхности семян кустарникового растения хлопчатника.

Дикорастущий хлопчатник и хлопок-волокно известны человечеству очень давно — за много столетий до нашей эры. Родиной культивируемого хлопчатника считают Египет. Однако до XIX в. хлопкового волокна на мировом рынке почти не было. В 1800 г. на долю хлопка приходилось всего 4 % прядильного сырья. В конце XVIII в. американец Э. Уитней изобрел машинный способ отделения волокон хлопка от семян, а в 1835 г. другой американец, Г. Блайр, запатентовал способ массового разведения хлопчатника. Начались интенсивное возделывание хлопчатника и существенный рост производства хлопка-волокна. К концу XX в. по данным мировой статистики возделыванием хлопчатника занималось около 80 стран мира. Хлопок-волокно становится основным видом сырья текстильной промышленности и составляет более 40 % в его балансе. Крупными производителями хлопка являются Китай, США, Бразилия, Индия, Узбекистан, Пакистан, Турция, Египет и др. В России текстильная промышленность использовала главным образом хлопок из стран Средней Азии.

**Хлопчатник** — многолетнее растение, принадлежащее к ботаническому роду госсипиум семейства мальвовых. Известно около 35 видов хлопчатника, но промышленное значение имеют лишь однолетние хлопчатники четырех видов: волосистый, или косматый, барбадосский, древовидный и травовидный. В России использовалось волокно хлопчатника преимущественно первых двух видов.

Хлопчатник является теплолюбивым растением. Место его возделывания ограничивается зоной между 43° северной и 35° южной широты. Посевы хлопчатника, как правило, размещаются в зонах сухих субтропиков с высокой температурой воздуха, а недостаток осадков компенсируется искусственным орошением. Пери-

од вегетации хлопчатника (т. е. период от посева до сбора урожая) составляет 100...160 дней при температуре воздуха 20...30 °С. Растение хлопчатник представляет собой хорошо разветвленный куст высотой 0,7...1,5 м, на ветвях которого после цветения образуются плоды — коробочки. Коробочка состоит из 3...5 створок, в каждой из которых находится по одной дольке из 6...9 семян. На каждом семени растет 7000...15 000 отдельных волокон. Семена хлопчатника, покрытые волокнами, называются *хлопком-сырцом*. В одной коробочке содержится 18...45 семян и 200 000...500 000 волокон массой 1...2,5 г.

Сбор хлопка-сырца проводят в несколько приемов, по мере созревания и раскрытия коробочек, вручную или машинами. При ручном сборе получают более чистый хлопок, чем при машинном, но производительность ручного сбора низкая — около 5...6 кг хлопка-сырца в час, при этом труд очень тяжелый. Собраный хлопок-сырец комплектуют в однородные партии и отправляют на хлопкоочистительные заводы. В процессе первичной обработки от семян последовательно отделяют *хлопковое волокно* со средней длиной  $L > 20$  мм, *пух* (линт) — более короткое волокно ( $L < 20$  мм) и *подпушек* (делинт) — самый короткий волокнистый покров ( $L < 5$  мм).

Лучшее по качеству волокно дает барбадосский (тонковолокнистый) хлопчатник, а наиболее распространенным промышленным видом является волосистый (средневолокнистый) хлопчатник.

Хлопковое волокно — идеальное сырье для изготовления текстильных изделий. Тонкое, прочное, достаточно эластичное, гигроскопичное, износостойкое, имеющее естественно-белый цвет с различными оттенками, хлопковое волокно используют для выработки разнообразных тканей, трикотажа, нетканых материалов, гардинно-тюлевых и галантерейных изделий, медицинских бинтов и повязок, швейных ниток, веревок, канатов, лент и др. Хлопковый пух применяют для изготовления медицинской, одежной и мебельной ваты, различных прокладок, фильтров и т. п., подпушек используют как сырье для изготовления пленок, пластмасс, лаков и др.

Из семян хлопчатника отжимают пищевое и техническое хлопковое масло. Хлопковый жмых идет на корм для скота, используется как удобрение и топливо и др.

Во второй половине XX в. делались попытки выращивания хлопчатника в России (на землях Средней Волги), но не очень успешные.

Известны и другие текстильные волокна растительного происхождения, применяемые в кустарном производстве и (в небольших количествах) в промышленности.

**Канатник**, или китайский джут, получают из стеблей травянистого растения из семейства мальвовых. Родина и древний центр культуры канатника — Северный Китай. **Кендырь** производят из стеблей многолетнего растения, произрастающего преимущественно в районах Северной Америки, Южной Европы и Юго-Восточной Азии. **Сидра** изготавливается из стеблей многолетних трав и кустарников семейства мальвовых, произрастающих в Европе, Северной Америке, Индии, Африке; **драцена** и **юкка** — из листьев древовидных растений семейства агавовых, произрастающих в тропиках и субтропиках; **рогоза** — из листьев многолетних водных трав водоемов европейской части России, Кавказа, Сибири, Средней Азии; **капок** — из плодов многолетних тропических деревьев, растущих на Зондских островах и в Африке; **койр** — из наружного покрова скорлупы орехов какосовой пальмы. **Ваточник**, называемый также ласточником, является многолетним травянистым растением и в умеренном климате произрастает повсеместно. Из ваточника получают волокно двух видов: лубяное — из стеблей и семенное — из летучек (плодов).

Поиск натуральных волокон растительного происхождения, пригодных для изготовления текстильных изделий, ведется постоянно. Например, неоднократно делаются попытки получить текстильное волокно из стеблей крапивы определенных видов, произрастающей в средней полосе Европы.

### 2.1.2. НАТУРАЛЬНЫЕ ВОЛОКНА ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

*Шерсть* — волосной покров различных животных, который может быть использован для изготовления текстильных изделий.

Шерсть, состригаемая, счесываемая или собираемая при линьке животных, называется *натуральной шерстью*; шерсть, снимаемая со шкур, — *заводской*, а получаемая из шерстяного лоскута — *утильной, восстановленной или регенерированной*.

Шерсть является одним из древнейших пряжмых волокон, используемых человеком. Текстильные изделия из шерсти находили при раскопках поселений древних людей практически во всех обитаемых частях света. Кустарное производство шерстяных тканей было развито в Древнем Египте, Индии, Китае. На территории России многоцветные шерстяные ткани были найдены в оледенелых курганах Горного Алтая.

На Руси грубые шерстяные ткани — сукна издавна изготавливались в основном домашним (кустарным) способом, но уже с XI в. в монастырях и при княжеских дворах появились мастерские по сукноделанию. При Петре I были организованы первые мануфактуры по производству армейского сукна.

Основным видом сырья для текстильной промышленности является овечья шерсть (более 90 %). Используется также шерсть коз, верблюдов, кроликов, зайцев, собак, оленей и других животных. Овечью шерсть перерабатывают практически во всех странах мира. Домашняя овца была выведена от диких горных баранов — архаров и муфонов. Известно более 150 пород домашних овец, шерсть которых применяется для изготовления текстильных изделий. Наиболее ценными считают породы тонкорунных мериносовых овец, дающих тонкое извитое и длинное шерстяное волокно. Овец этой породы разводят главным образом для получения однородной тонкой шерсти, овец полутонкорунных и полугрубошерстных пород — для получения шерсти и мяса, а грубошерстных — шерсти, мяса и молока.

Овец стригут два раза в год — весной и осенью. Стрижку производят вручную, используя преимущественно электромашины. Волосной покров тонкорунных и полутонкорунных овец снимают целиком. Этот покров называется *руном*. Шерстяные волокна, составляющие руно, не распадаются, так как соединены между собой жиропотом. Средний настриг шерсти, называемой грязной, или немойтой, с тонкорунной овцы составляет 4...6 кг, а с грубошерстной — 1...3,5 кг. Шерсть, состриженная с ягнят впервые, называется поярковой.

Каждое состриженное руно взвешивают, отделяют от него шерсть низших сортов, классифицируют (качественно оценивают), упаковывают и отправляют на заводы первичной обработки, где получают *мытую шерсть*.

Крупнейшими производителями овечьей шерсти являются Австралия, Китай, Новая Зеландия и Аргентина. В России основными районами овцеводства являются Северный Кавказ, Западная Сибирь и Поволжье.

Овечью шерсть подразделяют на *однородную*, содержащую преимущественно волокна одного вида (пух и переходное волокно), и на *неоднородную* — из волокон разных видов (пуха, переходного волокна, ости и мертвого волоса).

В зависимости от толщины волокон и их состава шерсть делится на тонкую, полутонкую, полугрубую и грубую.

*Тонкая шерсть* является однородной и состоит из тонких пуховых волокон со средним поперечным размером до 25 мкм. Ее получают с тонкорунных овец или овец некоторых помесных (кроссбредных) пород.

*Полутонкая шерсть* также относится к однородной и состоит из более толстых пуховых и переходных волокон, имеющих средний поперечный размер 25...31 мкм. Ее получают с овец помесных, цигайских, дагестанских, английских и других пород.

*Полугрубая шерсть* бывает однородной и неоднородной и состоит из пуха, переходного волокна и небольшого количества ости. Эту шерсть получают от пород-

ных и помесных полугрубошерстных овец (балбасской, алтайской и др.). Средний поперечный размер однородной шерсти 31...40 мкм, а неоднородной — 24...34 мкм. У неоднородной шерсти значительно больше неравномерность поперечника волокон.

*Грубая шерсть* обычно состоит из смеси пуха, переходных и остевых волокон, а часто и мертвого волоса. Грубую неоднородную шерсть получают с овец грубошерстных пород (каракульской, волошской, сокольской, гиссарской, эдильбаевской, тушинской и др.), а также с овец некоторых помесных пород. Средний поперечный размер волокон 34...40 мкм, их неравномерность резко выражена.

*Козья шерсть* в основном неоднородная. Самую ценную ее часть, козий пух, получают вычесыванием во время линьки животных. Наибольшей известностью пользуются кашмирские пуховые козы, дающие в год 90...150 г очень тонкого волокна. Однородную полутонкую козью шерсть получают при весенней стрижке ангорских коз. Эта шерсть состоит преимущественно из переходного волокна, обладающего люстровым (мерцающим) блеском. В промышленности эта шерсть известна под различными наименованиями — ангорская, могер, мохер, тифик и т. д. Высококачественный козий пух получается вычесыванием ранней весной коз придонской и оренбургской пород, разводимых в низовьях Дона, в Башкирии и Оренбургской области. Полугрубую и грубую козью шерсть получают при стрижке коз разных пород после вычесывания лучшего по качеству пуха, составляющего 10 % годового настрига шерсти, равного 0,5...2 кг.

*Верблюжья шерсть* получается стрижкой специально разводимых пород верблюдов: бактриана (двугорбого верблюда) с настригом шерсти 5...10 кг в год и дромедара (одногорбого верблюда) с настригом 2...4 кг в год. Шерсть с молодых верблюдов (тайлаков) и с не работающих целый год (гулевых) верблюдов состоит в основном из пуха (до 85 %) и незначительного количества ости. Шерсть взрослых и работающих верблюдов неоднородная и грубая.

К семейству верблюдовых относятся также ламы, гуанако и вигоны, а также альпака — гуанако скрещенный с вигонью, обитающие в Южной Америке. Шерсть этих одомашненных животных имеет ограниченное промышленное применение.

*Кроличья шерсть* состоит преимущественно из тонких пуховых волокон. Пух вычесывают или выщипывают в период линьки. От взрослого животного получают в год 150...300 г высококачественного пуха.

Шерсть других животных (олений, зайцев, собак, лошадей, коров и др.) используется в текстильном производстве в незначительных объемах. Ее добавляют к другим видам шерсти или перерабатывают при кустарном производстве различных текстильных изделий.

Шерстяные волокна обладают комплексом уникальных свойств. Это единственное из натуральных волокон, способное свойлачиваться, т. е. образовывать гибкие и прочные валяльно-войлочные изделия различной формы и размеров путем перепутывания, сцепления и уплотнения (так называемой валки) слоя волокон. Считают, что эта способность обусловлена наличием чешуйчатого слоя на поверхности волокон шерсти и особенностью их физико-механических свойств. Специфическими показателями качества шерстяных волокон являются теплозащитные свойства, высокие гигроскопичность и влагоемкость, растяжимость, прочность, извитость, трение и цепкость, износостойкость, упругость, стойкость к многократным деформациям изгиба и растяжения и т. п. Все это делает шерстяные волокна одним из наиболее ценных видов сырья текстильной промышленности, а ассортимент шерстяных изделий — очень широким и разнообразным.

Новая овечья шерсть, как и шерсть других животных, в основном перерабатывается в пряжу, из которой изготавливают разнообразные одежные ткани, верхний и бельевой трикотаж, чулочно-носочные и перчаточные изделия, мебельно-декоративные ткани, ковры и т. п.

Козий, верблюжий и кроличий пух используют для выработки высококачественных трикотажных изделий, отличающихся малой поверхностной плотно-

стью, большой мягкостью и пушистостью и имеющих очень привлекательный внешний вид. Из пуха также изготавливают тонкий высококачественный войлок (фетр) для обуви и шляп.

Шерсть низкого качества грубошерстных овец, коз, лошадей, коров, а также заводская шерсть используется в валяльно-войлочном производстве и для изготовления текстильных изделий технического назначения.

Восстановленная шерсть, получаемая из вторичного сырья, применяется для изготовления утеплителей, прокладок и т. п.

**Шелк** — волокно, а вернее натуральная элементарная нить животного происхождения — продукт выделения шелкоотделительных (прядельных) желез гусениц шелкопряда. Это волокно или нить еще называют *натуральным шелком*, тем самым отличая его от химических волокон или нитей, иногда тоже называемых шелком.

Промышленное значение имеет шелк гусениц тутового шелкопряда, который питается листьями тутового дерева (шелковицы). Считают, что родиной тутового шелкопряда являются Гималаи, откуда он был завезен в Китай. Получение шелка в Китае началось более 3 тыс. лет до н. э. и связано с легендой о китайской принцессе Си-Лин-Чи, которая «сделала это для счастья людей». Секрет получения шелка китайцы хранили в течение многих столетий. Позднее о шелке узнали в Японии, а затем в Индии. В Европе первые упоминания о шелке, встречающиеся в сочинениях Геродота и Аристотеля, относятся к I в. до н. э.

Шелк очень ценился в древнем мире и являлся одним из основных объектов торговли между странами Восточной и Западной Азии. Начиная со II в. до н. э. и до XVII в. н. э. по Великому шелковому пути шли караваны в Среднюю и Переднюю Азию и далее в Европу, поставляя великолепные шелковые ткани для монарших дворов и придворной знати.

В Европе интенсивное разведение тутового шелкопряда началось в Средиземноморье при императоре Юстиниане (482—565 гг.), после того как двум византийским монахам удалось похитить «секрет китайцев». В средние века получение шелка и шелкоткачество были развиты сначала в Италии, а затем во Франции. В настоящее время крупнейшими производителями натурального шелка являются Китай, Узбекистан, Япония, Южная Корея, Индия, Бразилия и др. В России первый тутовый сад был заложен в Симбирске в 1667 г., а успешное развитие шелководства началось во второй половине XVII в. в Астрахани. В XX в. текстильная промышленность России использовала в основном шелк Средней Азии (до 70 %), Закавказья, Украины и Молдавии. В некоторой степени шелководство развито в южных областях России.

Известно около 20 видов шелкопрядов, но основное количество шелка для промышленной переработки дает тутовый шелкопряд. Его еще называют культурным, или одомашненным, так как он разводится в специальных помещениях, питается только свежими листьями, сильно изменен и в естественных условиях уже не существует.

Развитие тутового шелкопряда включает в себя четыре стадии: стадию яиц (грен), гусеницы, куколки и бабочки. Из специально подготовленной грен выводят гусениц и кормят их сначала нарезанными листьями шелковицы, затем — целыми листьями и в заключение — побегами и ветками с листьями. В стадии гусеницы насекомое пребывает в среднем 4...6 нед. Размеры и масса тела гусеницы тутового шелкопряда в процессе ее роста быстро увеличиваются. Если в начале длина тела составляет 2...3 мм, а масса 0,4...0,5 мг, то в конце — соответственно 70...90 мм и 4...5 г. Для перехода в стадию куколки гусеница начинает завивку кокона, образуя коконную нить из двух шелковин. Средняя скорость выпуска нити составляет 5...7 мм/с, а длина нити в коконе 600...2000 м и более. Для облегчения завивки коконов в помещениях, где выкармливают гусениц, ставят коконники — венки из ветвящихся жестких трав, различные решетки и т. п.

Завивка кокона продолжается 8...9 дней, после чего коконы снимают с коконников, очищают от наружных слоев нити и в жесткой таре отправляют на заготов-

вительные пункты, откуда они поступают на первичную обработку. До 2/3 массы снятых коконов составляет вода, поэтому они называются сырыми. Внутри находится живая куколка. В стадии куколки насекомое пребывает около 2 недель, а затем переходит в стадию бабочки. При выходе из кокона бабочка разрушает его оболочку, тем самым нарушая целостность нити и перепутывая составляющие ее шелковины. Чтобы избежать этого, на заготовительных пунктах коконы обрабатывают различными способами с целью умерщвления (замаривания) куколок. Для замаривания и сушки коконов применяют разнообразные сушилки. Коконы разматывают на кокономотальных фабриках путем соединения 4...9 коконных нитей в одну, образуя нить, которая называется *шелком-сырцом*.

Шелк применяется главным образом для изготовления тонких платьевых, костюмных и бельевых тканей. Красивый внешний вид с приятным матовым блеском, хорошая окрашиваемость, объясняемая высокой гигроскопичностью, большая прочность и упругость делают шелковые ткани особенно привлекательными для изготовления элитной дорогостоящей одежды.

Шелковая пряжа, получаемая из отходов кокономотания, используется для выработки различных полотен, ворсовых тканей (в том числе бархата), фасонных тканей, технических тканей и др.

Из натурального шелка выработывают различные крученые нити: швейный шелк, вышивальный шелк, шелковые нити медицинского, технического и специального назначения и др.

Кроме шелка тутового шелкопряда известен шелк дубового шелкопряда. Дубовый шелкопряд крупнее тутового, однако шелконосность его вдвое ниже, нить грубее, короче и толще.

Шелк дают и другие животные, относящиеся к типу членистоногих. Так, в XVIII—XIX вв. во Франции и других странах предпринимались попытки использовать паутинный шелк пауков-крестовиков для изготовления перчаток и чулок. На побережье Средиземного моря долгое время существовал промысел получения морского шелка крупного моллюска пинна, выделяющего пучок нитей, с помощью которых он прикреплялся к подводным предметам. Однако этот вид шелка не получил промышленного применения.

Натуральные текстильные волокна растительного и животного происхождения состоят из органических веществ.

Натуральным неорганическим волокном минерального происхождения является асбест.

**Асбест** (от гр. *asbestos* — неугасимый) — минерал волокнистого строения класса силикатов. Асбест залегает в виде жил и прожилок в горных породах, поэтому его еще называют «горный лен».

Асбестовые волокна и его уникальные жаростойкие характеристики известны человечеству с очень давних времен. В Древней Греции, Китае, Индии, Иудее «камень для ткани» использовали для изготовления различных текстильных изделий. Это несгораемые фитили для светильников, одежда жрецов и погребальные рубашки, платки, скатерти, салфетки и т. п. В России первое месторождение асбеста было найдено в начале XVIII в. на Урале, а уже в конце XIX в. началась промышленная переработка асбестовых волокон. Крупные месторождения асбеста находятся в Канаде, ЮАР и Зимбабве.

Получают асбестовые волокна из руды после ее обработки на обогащательных фабриках, при которой отделяют пустую породу. Затем путем дробления и с помощью сжатого воздуха из руды выделяют асбестовые волокна, длина которых колеблется от 1 до 50 мм.

Асбестовые волокна обладают высокой жаростойкостью (температура плавления около 1500 °C), низкой теплопроводностью, не электризуются, устойчивы к действию кислот, имеют высокую прочность и достаточную гибкость.

Асбестовые волокна длиной более 10 мм перерабатывают в смеси с другими волокнами в пряжу, из которой изготавливают огнезащитные и кислотостойкие тка-

ни. Более короткие волокна используют для производства асбестоцементных изделий (кровельных плит и труб), различных прокладок, фильтров и т. п. Для бытовых текстильных изделий асбестовые волокна практически не применяются. Считают, что асбест относится к канцерогенным материалам.

### 2.1.3. ХИМИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА

Эти волокна в естественных природных условиях не существуют, а получают при активном участии человека с использованием различных методов из природных материалов (искусственные химические волокна) и предварительно синтезируемых веществ (синтетические химические волокна). История появления этих волокон сравнительно нова и одновременно уходит в глубокую древность. Волокна и нити из золота и серебра использовались для изготовления царских одежд древними жемчужинами еще во времена позднего Вавилона (за 3 тыс. лет до н. э.), а промышленное производство химических волокон было начато практически только в конце XIX — начале XX в. Считается, что в химических лабораториях мира ежегодно получают около 600 различных веществ и материалов, пригодных для изготовления химических волокон. Поэтому история химических волокон во многом пишется еще сегодня.

Появление химических волокон обусловлено главным образом необходимостью дополнительного сырья для текстильного производства и желанием получить текстильные волокна с заданными свойствами.

Еще в 1665 г. Р. Гук и в 1734 г. Р. Реомюр высказывали мысли о возможности получения текстильных волокон из природных органических веществ (смола, клеи и т. п.), но только в середине XIX в. были сделаны первые практические шаги в этом направлении. В 1853 г. англичанин Аудемаре предложил формировать непрерывные тонкие нити из растворов нитроцеллюлозы в смеси спирта с эфиром. В 1855 г. швейцарец Ж. Одемаре запатентовал в нескольких странах метод получения искусственного «растительного шелка и волокон». В 1884 г. француз Озанам предложил для формирования искусственных волокон продавливать жидкость через тонкие отверстия — фильеры. В 1884 г. французский инженер И. де Шардоннэ разработал промышленный способ производства нитратных искусственных нитей и в 1891 г. реализовал его.

В 1890 г. был разработан практический метод получения искусственных волокон и нитей из раствора ацетилцеллюлозы. Это были ацетатное волокно и нити.

В 1893 г. в Германии было начато производство медно-аммиачного волокна — волокна, формируемого из раствора, который получают действием на целлюлозу водного раствора соединения формулы  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_n](\text{OH})_2$ .

В 1893 г. англичане Ч. Кросс, Э. Бивен и К. Бидл предложили способ получения искусственного шелка из водно-щелочных растворов ксантогената целлюлозы, названного ими «вискоид» (вязкий). От этого термина и произошло название наиболее распространенного искусственного вискозного волокна. В 1905 г. началось промышленное производство вискозных нитей сначала в Великобритании, а затем в Германии. В России первый завод по производству искусственных вискозных нитей появился в 1909 г. в подмосковном городе Мытищи, в США — в 1910 г.

В 1912 г. француз П. Жирар получил патент на производство искусственных волокон путем нарезания на короткие отрезки непрерывных комплексных нитей. Такие волокна получили название штапельных (от нем. Staple — волокно) и стали использоваться для изготовления пряжи, в том числе в смеси с натуральными волокнами. Таким образом, начало XX в. ознаменовалось открытием принципиально нового сырья в текстильной технологии, что оказало огромное влияние на развитие научно-технического прогресса во всех сферах деятельности человека.

Создание процессов получения искусственных химических волокон на основе природных органических материалов на рубеже XIX и XX вв. считают *первым этапом мировой истории развития химических волокон*.

Первые химические волокна на основе целлюлозы: *вискозное* (VJ), *ацетатное* (AC), *медно-аммиачное* (CU) и их модификации получили разное применение в текстильных изделиях с учетом специфики их производства, особенностей строения и свойств.

*Вискозные волокна и нити* получили наибольшее распространение. Объем их производства достиг в 90-х годах XX в. 3,5 млн т. Современные процессы получения вискозного волокна позволяют осуществлять практически полный рециклинг исходных и вспомогательных материалов, тем самым исключив выбросы сточных вод и серосодержащих газов и обеспечив соблюдение экологических стандартов. Строение и свойства вискозных волокон, особенно с учетом их физической и химической модификации, позволяют использовать эти волокна для выработки практически любого ассортимента текстильных изделий бытового и технического назначения. Наиболее мощные производства вискозных волокон и нитей в начале XXI в. сосредоточены в Китае, Индии, Западной и Восточной Европе, включая Россию, в Индонезии, Японии, США и др.

*Ацетатное и триацетатное волокна* имеют ограниченное применение в текстильной промышленности из-за экологических проблем их производства и несколько худших показателей качества по сравнению с качеством вискозного волокна. Крупные мощности по производству ацетатных волокон и нитей имеются в США, Японии, Западной Европе, Латинской Америке и др.

*Медно-аммиачное волокно* считают малоперспективным, так как для его производства требуется цветной металл — медь. К концу XX в. выпуск этого волокна был практически прекращен.

Известны искусственные химические волокна, получаемые из природных белков молока, различных семян, отходов кожевенной, рыбной и мясной промышленности. Эти волокна объединены под общим названием казеиновые (КА). Их торговые марки имеют названия меринова (Италия), тиолан (Германия), каслен (США) и др. Считают, что производство волокон из продуктов питания является нецелесообразным.

Создание химических искусственных волокон на основе природных материалов и веществ обуславливало некоторые ограничения их свойств. Для целенаправленного формирования химических текстильных волокон с заданными свойствами, превосходящими свойства имеющихся в природе материалов, были необходимы новые специально создаваемые вещества, что и послужило толчком для получения синтетических волокон из материалов, которых в природе не было.

История получения и производства химических синтетических волокон включала в себя следующие основные даты.

В 1913 г. в Германии был предложен способ получения волокна из поливинилхлорида — синтетического вещества, относящегося к хлорсодержащим виниловым соединениям. В этом же году начато производство первых синтетических волокон из этого соединения — *хлорина* (PVC).

В 1924—1931 гг. разработаны синтез поливинилового спирта и способ получения из него волокна.

В 1934 г. в Германии организовано производство водорастворимого поливинилового волокна (PVA) *сантофил*. Это волокно еще называют *винол*, *винилон*, *винилан*, *куралон* и т. д.

В 1935—1938 гг. были разработаны методы синтеза полиамидов и получения поликапроамидного волокна (РА) *нейлон* (США). В 1939—1943 гг. создано промышленное производство полиамидного волокна *перлон* (Германия). В России промышленное производство поликапроамидного волокна *капрон* было начато на заводе в подмосковном городе Клин в 1947—1948 гг.

В 1941 г. в Великобритании осуществлен синтез полиэтилентерефталата, а в 1950 г. начато производство полиэфирных волокон (РЕ) *терилан*. В России строительство и пуск производства полиэфирных волокон *лавсан* были произведены в 1960—1966 гг. в г. Курск.

В 1942—1946 гг. предложен способ получения синтетического вещества полиакрилонитрила, а в 1950 г. в США начато производство полиакрилонитрильного волокна (PAN) *орлон*. В России это волокно известно под наименованием *нитрон*.

В 1953—1957 гг. открыт метод синтеза и начато промышленное производство полипропилена, а в 1959 г. в Италии — *полипропиленовых волокон* (PP).

В 1955 г. осуществлен синтез блок-полиуретана и разработан метод получения эластомерного (сильно растяжимого) волокна. В 1959 г. в США начато производство эластомерных нитей *спандекс* и волокон *лайкра* (PU).

Таким образом, в середине XX в. были созданы процессы получения синтетических полимеров и формования из них основных видов синтетических химических волокон с заданными свойствами и показателями качества. Это считается *вторым этапом мировой истории развития химических волокон*.

Свойства и показатели качества синтетических химических волокон чрезвычайно многообразны и во многом превосходят аналогичные свойства и показатели качества натуральных текстильных волокон. Синтетические волокна обладают большой прочностью и высокой эластичностью. Они устойчивы к многократным деформациям и истиранию, малосминаемы и могут быть практически беззудачными в водной среде, стойки к действию светопогоды, многим растворителям, щелочам и кислотам. Путем физической и химической модификации синтетические волокна могут быть приближены к натуральным по органолептическим показателям (пушистости, теплостойкости, мягкости на ощупь и т. д.). Затраты на производство синтетических волокон и их текстильная переработка сравнительно невелики. Ассортимент текстильных изделий из синтетических волокон и из их смеси с натуральными практически не ограничен и постоянно расширяется для продукции как бытового назначения, так и (особенно) технического.

Благодаря этому производство синтетических волокон бурно развивалось во второй половине XX в. практически во всех промышленно развитых странах и к началу третьего тысячелетия составило более 50 % всех видов текстильных волокон (см. табл. 2.1). При этом наибольшее развитие получило производство полиэфирных, полипропиленовых, полиамидных и полиакрилонитрильных волокон.

*Третий этап мировой истории развития химических волокон* охватывает вторую половину XX в. и характеризуется созданием принципиально новых видов волокон с экстремальными и уникальными свойствами и показателями качества. Это прежде всего сверхпрочные сверхмодульные термостойкие и трудногорючие волокна и нити для композиционных материалов авиационно-космической техники и текстильных изделий технического и специального назначения. Для этих же целей созданы химические волокна с устойчивой электропроводностью, защищающие от проникающей радиации, обладающие высокой био-, хемо- и маслостойкостью, антистатические, с ионообменными, грязеотталкивающими и другими свойствами.

Разработаны и выпускаются биоактивные волокна, в том числе медицинского назначения с пролонгированным лекарственным действием; термохромные и фотохромные химические волокна-хамелеоны, меняющие цвет в зависимости от температуры тела человека, интенсивности солнечной радиации и температуры окружающей среды; «парфюмерные» волокна с устойчивыми запахами; мембранные волокна, регулирующие тепло- и влагообмен между телом человека и окружающей средой; ультратонкие химические волокна, называемые микроволоконными, изделия из которых могут весить несколько граммов и занимать объем не более

спичечного коробка; стеклянные волокна для оптико-волоконной связи и многие другие. В отличие от основных химических волокон, широко используемых в текстильной промышленности, называемых «многотоннажными», химические волокна третьего поколения относятся к «среднетоннажным» и «малотоннажным», т. е. выпускаются в ограниченных объемах.

К волокнам третьего поколения, особенно с учетом возможности совершенствования технологии их получения, можно отнести химические волокна из неорганических материалов, которые могут быть искусственными и синтетическими. Это металлические, стеклянные и минеральные волокна и нити.

*Металлические волокна и нити* изготавливают из меди, платины, кобальта, латуни, бронзы, никрома и стали путем волочения, резки, строгания, литья, восстановления из оксидов и посредством испарения. Их используют при выработке тканей, трикотажа и нетканых материалов технического и специального назначения. Из металлических волокон в смеси с другими волокнами вырабатывают пряжу для изготовления декоративных тканей.

*Стеклянные волокна и нити* изготавливают в основном из стекла трех видов: бесщелочного борсиликатного (типа Е), бесщелочного или малощелочного (типа С) и щелочного (типа А). Исходным сырьем являются специально подобранная шихта (смесь стеклообразующих материалов), шарики или стержни, стеклянный бой. Формирование волокон и нитей осуществляют из расплавленной стекломассы или стеклостержней.

Стекловолоконистые материалы обладают негорючестью, стойкостью к коррозии и биологическим воздействиям, хемостойкостью, высокой прочностью, хорошими оптическими, электро-, тепло- и звукоизоляционными показателями. Их используют для изготовления различных текстильных изделий технического и бытового назначения. Значительная часть стекловолоконистых материалов используется для производства стеклопластиков. Стеклянные волокна и нити подвергаются различным модификациям. Например, для получения волокон и нитей, защищающих от радиоактивных излучений, в стекло добавляют свинец, висмут, оксиды бора, кадмия и другие материалы. Выпускают ультратонкие стеклянные микроволокна, полые, профильные и цветные стеклянные нити и волокна. Все более широкое распространение получают *оптические волокна и нити*, имеющие светопроводящую жилу с высоким показателем преломления света и оболочку из стекла с низким показателем преломления. Для получения таких волокон и нитей применяют особо чистые свинцово-силикатные, барий-силикатные и другие стекла с разными показателями преломления.

*Минеральные волокна* — кварцевые, керамические, кремнеземные, шлаковые, базальтовые и др. — являются жаростойкими, т. е. сохраняют свои показатели при температуре выше 500 °С.

Кварцевые нити и волокна имеют высокие диэлектрические, акустические, оптические и химические свойства и применяются в атомной, авиационной, ракетной, космической технике, радиоэлектронике, химии, оптике и других областях. Керамические волокна широко используются для жаростойкой теплозвукоизоляции. Кремнеземные, шлаковые, базальтовые волокна и нити применяются при производстве композиционных теплоизоляционных материалов.

Химические текстильные волокна, созданные и получившие бурное развитие в XX в., совершенствуются и в настоящее время. Считают, что это происходит главным образом путем разработки экологически чистых производств, замены натуральных волокон, особенно в текстильных изделиях технического назначения, создания новых видов волокон для использования во всех сферах деятельности человека.

## 2.2. ВЕЩЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Свойства и показатели качества натуральных и химических волокон во многом определяются особенностями составляющих их веществ.

**Основными веществами, составляющими текстильные волокна,** являются органические высокомолекулярные соединения (ВМС). Их еще называют полимерами, что не совсем точно, так как последние представляют лишь часть ВМС. Полимеры, составляющие текстильные волокна или используемые для их получения, называют волокнообразующими.

Главнейшими особенностями ВМС являются следующие.

1. Молекулы ВМС состоят из большого числа (сотен и тысяч) атомов, связанных между собой основными химическими связями (чаще всего ковалентными, для которых характерна определенная пространственная направленность). Такие молекулы называют макромолекулами. Они имеют молекулярные массы, превышающие  $10^3$  и достигающие порой до  $10^6 \dots 10^7$ .

2. Макромолекулы состоят из большого числа повторяющихся атомных групп одного или нескольких видов, называемых звеньями. Число повторяющихся звеньев называется коэффициентом, или степенью, полимеризации (СП). В различных высокомолекулярных соединениях СП в среднем имеет величину от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч. Соединения, у которых СП составляет лишь несколько единиц или десятков, называют *олигомерами*.

3. Число звеньев у отдельных макромолекул одного и того же химического состава ВМС может существенно колебаться. Эта их особенность называется полидисперсностью. Поэтому по отношению к ВМС можно говорить лишь о средней молекулярной массе, причем даже она может значительно колебаться.

Эти особенности ВМС определяют ряд их свойств. Например, ввиду больших молекулярных масс невозможен переход ВМС в газообразное состояние, а их растворы имеют большую вязкость.

С изменением средней молекулярной массы изменяются различные физические свойства высокомолекулярных соединений, например прочность состоящих из них тел и многие другие. ВМС вследствие особенностей своего строения часто не имеют отчетливо выраженной точки плавления, т. е. температуры, при которой они переходят в жидкое состояние. Как правило, по мере нагревания они постепенно размягчаются; иногда при нагреве, прежде чем расплавиться, большие молекулы распадаются на более простые с небольшой молекулярной массой.

ВМС включают в себя соединения, относящиеся как к органическим, так и к неорганическим веществам. Они делятся на гете-

роцепные и гомоцепные; у первых основные цепи (цепи главных валентностей) состоят из разных атомов, у вторых — из одинаковых. В полимерах, составляющих текстильные материалы, это чаще всего атомы углерода. Если звенья полимера состоят из одинаковых групп, их называют гомополимерами, а если из повторяющихся нескольких различных групп атомов, то сополимерами. При этом если в цепи расположено по несколько одинаковых групп подряд, а затем по несколько других, их называют блок-сополимерами.

Макромолекулы, не имеющие боковых ответвлений и химических связей с другими макромолекулами, называются линейными, а если у них есть боковые ответвления, то разветвленными. При наличии связей, образующих пространственные структуры, макромолекулы называются сетчатыми.

Большинство текстильных волокон состоит из ВМС, макромолекулы которых имеют линейную структуру; связи между атомами, входящими в них, ковалентные, характеризуются определенной пространственной направленностью. Это приводит к тому, что звенья макромолекул (или их части) располагаются под определенными углами друг к другу. Эти углы, называемые валентными углами, имеют строго определенные значения в зависимости от того, между какими атомами имеет место связь. Так, для часто встречающейся в ВМС связи  $C - C$  (простая связь углерод — углерод) валентный угол  $\varphi = 109^\circ 28'$ . Вследствие этого предельно распрямленная молекула может иметь вид, изображенный на рис. 2.1, а. Звенья условно представлены прямыми отрезками, располагающимися под теми или иными валентными углами. Звенья макромолекул находятся в состоянии непрерывного колебательно-вращательного движения. Атомы и звенья их колеблются с огромной частотой ( $10^{12} \dots 10^{14}$  Гц) в зависимости от температуры.

Линейные молекулы обладают значительной гибкостью, так как их звенья могут поворачиваться вокруг соседних. При этом

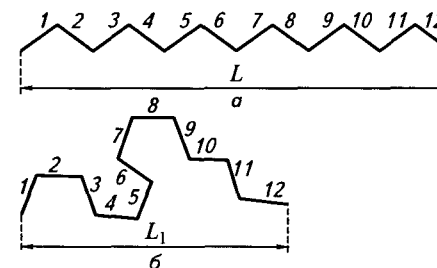


Рис. 2.1. Возможная конфигурация макромолекулы полимера, состоящей из 12 элементарных звеньев, в изогнутом (а, длина  $L$ ) и равновесном (б, длина  $L_1$ ) состояниях

отсутствует деформация (т. е. увеличение межатомных расстояний) самих звеньев и сохраняется неизменным валентный угол. Такой свободой поворота обладают, например, звенья, связанные пространственными углеродными связями ( $C - C$ ). При наличии двойных углеродных связей ( $C = C$ ) поворот затрудняется, и молекулы, в которых имеются атомы с подобными связями, более жестки. Так как повороты звеньев являются следствием тепловых колебаний, с ростом температуры они осуществляются легче, а с ее снижением труднее. Свобода поворотов звеньев ограничивается силами взаимодействия между группами и атомами, входящими как в соединения звеньев, так и в другие близрасположенные молекулы. Силы притяжения мешают легкому осуществлению поворотов, создавая так называемый барьер вращения, который звеньям приходится преодолевать благодаря тепловым колебаниям. Число звеньев в макромолекуле составляет сотни и даже тысячи, поэтому повороты на малые углы каждого звена приводят к тому, что макромолекулы в целом легко скручиваются, переходя из распрямленного состояния в изогнутое (рис. 2.1, б). Однако при любой изогнутости длина молекул значительно превышает их ширину. Когда осуществлены все взаимодействия между звеньями молекул, изогнутое состояние термодинамически соответствует минимуму свободной энергии и поэтому является тем равновесным состоянием, к которому стремится молекула под действием теплового движения.

При обычной температуре полимерные вещества, составляющие текстильные волокна, представляют собой твердые тела, которые могут существовать в двух фазовых состояниях — кристаллическом и аморфном. Первое характеризуется наличием геометрически правильного расположения по отношению друг к другу некоторого числа звеньев соседних макромолекул, в результате чего образуются небольшие кристаллические области — кристаллиты. Аморфному состоянию присуще хаотическое расположение макромолекул и их отдельных звеньев.

Длинные линейные макромолекулы, участвующие в формировании кристаллитов, отдают им лишь часть своих звеньев, поэтому волокнообразующие полимеры обычно не имеют целиком кристаллического строения. В них, хотя бы в небольшой доле, присутствуют аморфные зоны, т. е. имеют место оба фазовых состояния. Такие полимеры нередко называют аморфно-кристаллическими.

Макромолекулы ВМС волокон, расположенные параллельно друг другу, формируют линейные агрегаты — пачки макромолекул, называемые *микрофибриллами*, образующими *фибриллы* — основной вид элемента надмолекулярной структуры волокнообразующих полимеров. Фибриллы в свою очередь могут формировать более крупные надмолекулярные образования различной формы.

Химический состав, строение макромолекул, форма, размеры и взаимное расположение надмолекулярных образований ВМС во многом определяют их свойства.

В зависимости от отношения энергии межмолекулярного взаимодействия к энергии теплового движения полимеры могут находиться в различных физических состояниях — стеклообразном, высокоэластичном и вязкотекучем.

В стеклообразном состоянии при низких температурах малое тепловое движение не препятствует проявлению значительных межмолекулярных сил. Способность макромолекул к перемещению утрачивается, аморфные полимеры приобретают определенную жесткость и мало деформируются. Некоторые полимеры при сильно пониженных температурах делаются хрупкими (стеклообразными) и разрушаются при очень малых деформациях.

Высокоэластичное состояние характеризуется значительными деформациями полимера под действием внешних сил. Эта особенность осуществляется благодаря возможности изменения конфигурации макромолекул — их распрямления, возникающего как следствие поворота отдельных звеньев при ослабленном действии сил межмолекулярного взаимодействия. После снятия напряжения под действием тепловых колебаний макромолекулы вновь принимают изогнутую форму и деформация постепенно исчезает.

Вязкотекучее состояние полимера наступает при повышенной температуре, когда под действием незначительных внешних сил развиваются необратимые деформации (в основном из-за свободного перемещения макромолекул и их агрегатов), т. е. наблюдается процесс течения, и полимер из твердого состояния переходит в жидкое.

Ввиду полидисперсности полимеров переход из одного состояния в другое происходит не скачкообразно, а постепенно, в некотором интервале температур. Температура перехода из состояния стеклования в высокоэластическое состояние называется *температурой стеклования*, а температура перехода из высокоэластического состояния в вязкотекучее — *температурой текучести*. Эти интервалы температур необходимо учитывать при получении, переработке и эксплуатации текстильных материалов из ВМС.

Натуральные и химические текстильные волокна и нити состоят из так называемых ориентированных полимеров. Большинство составляющих макромолекул и их надмолекулярных образований располагается преимущественно вдоль некоторых направлений — осей ориентации (вдоль волокна). Ориентация натуральных волокон происходит в процессе роста, химических — при их производстве, в процессе вытягивания.

Некоторые ВМС образуются непосредственно в природе, в растениях и в животных организмах без участия человека, а другие

синтезируются в лабораториях и в производственных условиях. Число известных в настоящее время ВМС очень велико и с каждым годом все больше увеличивается, так как синтезируют все новые и новые их виды.

**Синтез ВМС** представляет собой процесс соединения химическими связями большого числа молекул низкомолекулярных веществ (мономеров) в единую макромолекулу. Основными реакциями, при которых образуются ВМС, являются полимеризация и поликонденсация.

**Полимеризация** представляет собой кинетический цепной процесс, протекающий в три последовательные стадии: образование активных центров, рост макромолекул и прекращение их роста.

Образование активных центров происходит в результате разрыва двойных и тройных химических связей мономера или разрушения циклических группировок под действием световой энергии, нагрева, электрических разрядов, радиоактивных излучений и других внешних воздействий.

Рост цепей макромолекул при полимеризации происходит очень быстро. Большую роль при этом играют условия, в которых осуществляется синтез (давление, температура, концентрация мономера и т. п.).

Прекращение роста макромолекул — обрыв цепи — является следствием столкновения двух активных молекул. Во избежание получения полимеров с очень большими молекулярными массами применяют ингибиторы — вещества, ускоряющие обрыв цепи.

Протекание реакции полимеризации облегчается при наличии инициаторов и катализаторов. К первым относятся вещества, которые побуждают реакцию, а затем входят в состав образующихся полимеров; ко вторым — вещества, способствующие осуществлению реакции, но в состав полимеров не входящие.

**Поликонденсация** — реакция образования макромолекул полимера, которая является совокупностью постепенно протекающих реакций химического взаимодействия функциональных групп сначала двух мономеров, затем димеров и мономеров и т. д. При этом выделяются простые соединения (вода, аммиак и др.). В такие реакции вступают вещества, обладающие атомами и группами, способными взаимодействовать с замещением.

Прекращение роста макромолекулы при поликонденсации происходит, если цепи замыкаются моnofункциональными молекулами или одновалентными атомами. Оно может также явиться следствием повышения вязкости среды и затруднения перемещения реагирующих молекул или неэквивалентного соотношения реагирующих веществ.

Особенностями поликонденсации является ее постепенное развитие, из-за которого она может протекать в течение продол-

жительного времени, а также обратимость, в результате которой часть образовавшихся длинных цепей макромолекул распадается на короткие. Поэтому в полимерах, полученных путем поликонденсации, часто присутствуют низкомолекулярные фракции. Факторами, вызывающими поликонденсацию, как и полимеризацию, могут являться энергия тепла, света и т. д.

Реакции полимеризации и поликонденсации могут происходить с молекулами мономеров как одного вида, так и двух, трех и более видов. Первые реакции называются соответственно гомополимеризацией и гомополиконденсацией, а вторые — сополимеризацией и сополиконденсацией.

**Природными волокнообразующими ВМС** являются целлюлоза (от лат. cellula — клетка, имеется в виду растительная) и белковые вещества (кератин, фиброин и др.).

**Целлюлоза** представляет собой соединение, синтезирующееся в природе (в растениях). Оно является основным веществом, составляющим все стенки растительных клеток, в том числе растительных текстильных волокон — хлопка, льна, пеньки и др. Целлюлоза как исходное сырье применяется и для изготовления искусственных волокон некоторых важнейших видов — вискозного, ацетатного и др.

Целлюлоза представляет собой твердое тело. О ее внешнем виде можно судить по хлопковому волокну, масса которого в сухом виде содержит 94...95 % целлюлозы. Целлюлоза — высокомолекулярное соединение, относящееся к высшим углеродам. Синтезировать целлюлозу в лабораторных условиях пока еще не удалось.

Биосинтез целлюлозы осуществляется в несколько стадий. Сначала образуются моносахариды, затем сложные углеводы более простого строения, чем целлюлоза, и, наконец, сама целлюлоза. Макромолекула целлюлозы имеет линейное строение и состоит из звеньев, каждое из которых представляет собой остаток молекулы глюкозы, лишенной молекулы воды. Формула целлюлозы  $[-C_6H_{10}O_5-]_n$ , т. е. ее природными волокнообразующими являются гомополимеры.

Степень полимеризации и, следовательно, молекулярная масса природной целлюлозы весьма велики. Установлено, что наибольший средний коэффициент полимеризации (до 30 000 и более) имеют целлюлозные молекулы лубяных волокон (рамы, льна); для хлопковой целлюлозы он составляет несколько тысяч (до 10 000). Так как молекулярная масса одного звена равна 162, молекулярная масса всей макромолекулы может достигать 5 000 000. Установлена значительная полидисперсность целлюлозы. Коэффициент полимеризации целлюлозы, прошедшей химическую обработку, нередко снижается до нескольких сотен. При этом ее

химические свойства остаются прежними, но существенно меняются механические, физико-химические и другие свойства.

Два соседних звена макромолекулы целлюлозы имеют размеры порядка  $10^{-9}$  м в длину и  $7,5 \cdot 10^{-10}$  м в поперечном сечении. Расстояние между соседними макромолекулами составляет  $(8...10) 10^{-10}$  м. Размеры микрофибрилл: поперечный —  $(7...10) 10^{-9}$  м, продольный —  $(10...15) 10^{-9}$  м. Макромолекулы в них в значительной мере распрямлены и бурно взаимодействуют между собой благодаря силам Ван-дер-Ваальса и особенно водородным связям. Считают, что в равновесном состоянии целлюлоза имеет аморфно-кристаллическое строение.

Целлюлоза имеет плотность  $1,54...1,56$  г/см<sup>3</sup>, легко поглощает различные пары и газы. При кратковременном нагревании до температуры  $120...130$  °С не происходит заметных ее изменений. При дальнейшем нагревании начинается сначала медленный, после температуры  $160$  °С — сравнительно быстрый, а после  $180$  °С — интенсивный процесс разрушения ее молекул. Под действием света целлюлоза подвергается деструкции и окисляется кислородом воздуха. После освещения прямыми солнечными лучами в средних широтах в течение  $900...1000$  ч прочность целлюлозных материалов снижается вдвое.

Целлюлоза не растворяется в воде и во всех органических растворителях — спирте, бензоле, хлороформе и др. Под действием кислот происходит деструкция макромолекул целлюлозы. Очень сильную деструкцию вызывают минеральные кислоты (серная, соляная и др.), сравнительно слабую — органические (уксусная, муравьиная и др.). Смесь продуктов гидролиза целлюлозы называют гидроцеллюлозой. Аналогично действуют на целлюлозу растворы кислых солей. Различные окислители — гипохлорид кальция и гипохлорид натрия, пероксид водорода и др. — сильно действуют на целлюлозу, вызывая окисление гидроксильных групп.

Целлюлоза устойчива к действию щелочей.

В растительных тканях целлюлозе сопутствует ряд других веществ: пектин, лигнин, белки, жиры и воски, пигменты и др.

Белки являются высокомолекулярными соединениями, синтезирующимися в природе в растительных и животных организмах. У волокон животного происхождения — шерсти и шелка — основными составляющими их веществами являются белки (соответственно кератин и фиброин).

Мономерами, из которых синтезируются макромолекулы всех белков, являются  $\alpha$ -аминокислоты. Известно более 30  $\alpha$ -аминокислот. Макромолекулы белков отдельных видов состоят из наборов остатков различных  $\alpha$ -аминокислот, входящих в эти макромолекулы в разных количественных соотношениях. Чаще всего белковые макромолекулы слагаются из повторяющихся в различных

долях остатков  $\alpha$ -аминокислот 15...20 видов. Группой, связывающей остатки аминокислот, является пептидная (иначе карбамидная) CONH, поэтому белки часто называют полипептидами. Синтез представляет собой реакцию поликонденсации между функциональными группами.

Макромолекулы белков, составляющие текстильные волокна, имеют разветвленную структуру и молекулярную массу не менее  $7 \cdot 10^4$  у кератина и  $10^5$  у фиброина. В обычном состоянии макромолекулы некоторых белков принимают спиралеобразную или сильно изогнутую форму. Протяженность макромолекул значительно превышает ее поперечные размеры, составляющие менее  $10^{-9}$  м. Белки, имеющие достаточно вытянутые макромолекулы, называют фибриллярными. Макромолекулы белков взаимодействуют между собой с помощью разнообразных сил — Ван-дер-Ваальса, водородных, солевых (ионных) и валентных химических.

Белковые вещества текстильных волокон легко поглощают значительное количество воды и имеют сравнительно небольшую плотность: кератин  $1,28...1,3$  г/см<sup>3</sup>, фиброин  $1,25$  г/см<sup>3</sup>. При кратковременном нагревании до температуры  $130$  °С практически не изменяются, после  $170$  °С быстро разрушаются, а после  $180...190$  °С обугливаются.

Белковые вещества, особенно фиброин, под действием света легко окисляются кислородом воздуха. Они стойки к действию минеральных кислот слабой концентрации. С повышением концентрации кислот и нагревом белковые вещества волокон быстро разрушаются. Щелочные растворы даже слабой концентрации заметно снижают прочность белковых волокон и являются их растворителями. В воде, спирте, бензоле и других подобных соединениях белковые вещества нерастворимы.

В белковых волокнах может быть до 10 % сопутствующих веществ: пептидных, жиров, восков, красящих пигментов. На поверхности необработанных шерстяных волокон находится жиропот, а шелковых — клеящее белковое вещество серицин.

**Синтетические волокнообразующие ВМС**, получаемые из природных веществ и материалов, многочисленны и разнообразны. Их количество постоянно растет благодаря созданию новых полимеров и модификации существующих. К концу XX в. для получения синтетических текстильных волокон и нитей в больших объемах использовались полиэфир, полипропилен, полиамид, полиакрилонитрил и др.

Исходным природным сырьем для получения ВМС являются нефть, уголь, газ, смолы и др.

**Полиэфир** — синтетическое ВМС, используемое для производства полиэфирных синтетических текстильных волокон (РЕ), имеющих названия лавсан (Россия), дакрон (США), терилен (Ве-

ликобритания), диолон (Германия), тергаль (Франция), териталь (Италия), тетлон (Япония) и др.

Исходными веществами для получения полиэфиров служат продукты перегонки нефти — этилен и ксилон. Из них получают промежуточные вещества, а затем мономеры — этиленгликоль и терефталевую кислоту, из которых в результате реакции совместной поликонденсации синтезируют полиэфир — *полиэтилентерефталат*. Он имеет молекулярную массу  $(15...20) \cdot 10^3$ , плотность  $1,38 \text{ г/см}^3$ , поглощает небольшое количество воды, плавится при температуре  $260^\circ\text{C}$ , мало изменяет свои механические свойства при  $t = 150...170^\circ\text{C}$ , является хорошим диэлектриком, обладает высокой светостойкостью, устойчив к действию кислот и щелочей небольшой концентрации. Надмолекулярная структура, механические и некоторые другие свойства полиэфира могут изменяться в широких пределах в зависимости от условий формования волокон и их модификации.

Синтетические волокна и нити из полиэфира получили наиболее широкое применение в текстильном производстве и составляли к началу XX в. более 30 % всего текстильного сырья.

*Полипропилен* относится к полиолефиновой группе карбоцепных ВМС, у которых цепи главных валентностей макромолекул содержат одну двойную связь углерода.

Полиолефины получают при полимеризации углеводородов ряда этилена, являющихся продуктами перегонки нефти. Для выработки волокон и нитей используется полипропилен с большой молекулярной массой ( $40\,000...50\,000$ ) со стереорегулярной (изотактической) структурой, обеспечивающей значительные межмолекулярные взаимодействия. Полипропилен обладает высокой кристалличностью, что позволяет вырабатывать из него прочные волокна и нити. Полимер почти не поглощает влаги (0,02 %), его плотность  $0,90...0,92 \text{ г/см}^3$  (меньше, чем у воды), он хемо- и биостоек, но имеет низкую теплостойкость ( $120...140^\circ\text{C}$ ).

Полипропиленовые (PP) волокна и нити, промышленное производство которых было начато в конце 50-х годов XX в. в Италии, имели высокие темпы роста и в начале XXI в. занимали второе место в мире по объему производства после полиэфирных. Известны такие торговые названия этих волокон и нитей, как моплен, а позднее меркалон (Италия), пролен и олэн (США), проплан (Франция), ульстрон (Великобритания), хостлен (Германия), даплен (Австрия) и др.

*Полиамид* представляет одну из наиболее крупных групп гетероцепных ВМС, используемых для производства полиамидных (PP) синтетических волокон и нитей, — капрона (Россия), нейлона (США, Великобритания, Япония) и др.

Известно несколько видов волокнообразующих синтетических полиамидов. Они различаются строением макромолекул, но обладают некоторыми общими чертами. Синтетические полиамиды представляют собой макромолекулы линейной структуры, состоящие из чередующихся пептидных ( $-\text{CONH}-$ ) и метиленовых ( $-\text{CH}_2-$ ) групп.

Исходными материалами для получения полиамидов служат в основном продукты перегонки нефти и каменного угля (бензол, фенол, толуол и др.). Из них получают промежуточные вещества и мономеры, непосредственно используемые для синтеза ВМС. Последний осуществляется реакциями поликонденсации или ступенчатой полимеризации.

Волокнообразующие полиамиды имеют сравнительно небольшие коэффициенты полимеризации ( $n = 150...200$ ) и молекулярные массы ( $15\,000...20\,000$ ). Благодаря наличию большого числа водородных связей макромолекулы полиамидов, особенно после некоторого распрямления и ориентации, образуют вещества высокой прочности. Полиамиды имеют аморфно-кристаллическое строение с большим преобладанием кристаллической фазы, особенно после значительного вытягивания. Для них типичны небольшие кристаллиты, которые легко перестраиваются (рекристаллизуются), что способствует их деформированию.

Полиамиды имеют небольшую плотность ( $1,05...1,15 \text{ г/см}^3$ ), поглощают сравнительно мало влаги и являются хорошими диэлектриками, плавятся при температуре  $185...260^\circ\text{C}$ . После нагрева до температуры  $100...120^\circ\text{C}$  прочность их значительно снижается. Полиамиды обладают относительно невысокой светостойкостью, так как их метиленовые группы легко окисляются. Полиамиды стойки к воздействию на холоде кислот и щелочей небольшой концентрации. Достаточно концентрированные кислоты и щелочи их разрушают. Растворителями полиамидов являются фенол, крезол и др.

Среди полиамидных волокон и нитей наибольшее распространение получили *поликапроамидные*, изготавливаемые из синтетического ВМС поликапролактама, получаемого из мономера, называемого капролактамом или капроамидом.

*Полиакрилонитрил* относится к синтетическим карбоцепным ВМС, используемым для получения полиакрилонитрильных (PAN) волокон и нитей — нитрон (Россия), орлон (США), дралон (Германия), кашмилон (Япония), крилор (Франция), куртел (Великобритания) и др.

Полиакрилонитрил получается при полимеризации акрилонитрила  $\text{CH}_2=\text{CHCN}$ , исходными соединениями для синтеза которого являются ацетилен  $\text{C}_2\text{H}_2$  и синильная кислота  $\text{HCN}$ .

Коэффициент полимеризации полиакрилонитрила из-за зна-

чительной полидисперсности может существенно колебаться и составляет, например для нити орлон, около 2000, что соответствует молекулярной массе примерно  $10^5$ . Полиакрилонитрил практически не растворяется в известных растворителях, что объясняется сильным межмолекулярным взаимодействием, осуществляющимся благодаря водородным связям.

Другими достаточно распространенными синтетическими волокнообразующими полимерами являются поливинилхлорид, поливиниловый спирт, полиэтилен, полиуретан, а также сополимеры различных веществ, модифицированные ВМС и др.

**Поливинилхлоридные (PVC)** синтетические волокна и нити были первыми, чье промышленное производство было начато в 1931 г. в Германии. Позднее их выпускали под различными названиями: PCU (Германия), фибровиль (Франция), мовиль (Италия), рамелон (Япония), хлорин (Россия) и др. Особенности этого волокна являются его высокая хемостойкость и лечебный согревающий эффект трикотажных нательных изделий из него.

**Поливинилолспиртовые (PVA)** волокна и нити получили наибольшее распространение в Японии, где они выпускаются под различными наименованиями: винилон, мевлан, куралон, вулон и др. В России эти волокна называют винол, в США — винал. Из синтетических это волокно выделяется сравнительно высоким поглощением влаги (до 5% при стандартных атмосферных условиях:  $\phi = 65\%$  и  $t = 20^\circ\text{C}$ ) и относительно низкой стоимостью производства.

**Полиэтиленовые (PE)** волокна и нити — дайлан (США), драйлен, курлен (Великобритания) по свойствам близки к полипропиленовым, но менее прочны и термостойки.

**Полиуретановые (PU)** волокна и нити из блок-полимеров — лайкра, спандекс, вирен и др. — отличаются большой обратимой растяжимостью (в 2...3 раза и более от начальной длины) при сравнительно высокой прочности и малой плотности.

Синтетические сополимеры являются основными веществами, из которых состоят такие известные химические волокна, как виñон, саран, дайнеп, зефран и др.

**Виñон (PVC + PVA)** производится из сополимеров винилхлорида (88 %) и винилацетата (12 %). Это одно из первых синтетических волокон. Его промышленный выпуск был начат в 1939 г. Волокно обладает свойствами, близкими к свойствам поливинилхлоридных, но менее хемо- и термостойко (при  $t = 75^\circ\text{C}$  начинает размягчаться).

**Саран (PVD + PVC)** — волокно из сополимера винилиденхлорида и небольшого количества винилхлорида, обладает высокой свето- и хемостойкостью, практически не горит, устойчив к действию бактерий и гнилостных организмов.

**Дайнеп (PVC + PVY)** — волокно из сополимеров винилхлорида и акрилонитрила, обладает очень высокой хемостойкостью, ус-

тойчив к действию плесени и микроорганизмов, поглощает мало воды (0,4 %), практически не изменяет механические свойства в мокром состоянии.

**Зефран (PVY + PVY)** — волокно из сополимеров на основе акрилонитрила, по свойствам близкое к полиакрилонитрильным, но поглощает больше влаги (2,5 %) и лучше окрашивается.

**Модифицированные волокнообразующие ВМС** как синтетические, так и природные, чрезвычайно многообразны. Модифицирование — один из наиболее простых и перспективных путей целенаправленного изменения веществ и материалов или придания им новых свойств.

Для модификации текстильных материалов и составляющих их основных веществ — полимеров — применяют следующие основные методы:

физические, осуществляемые без изменения химического состава в результате модификации надмолекулярной структуры или внешней поверхности материала. Как правило, физические методы используют на стадии получения или последующей обработки текстильных материалов;

химические — с изменением химического состава и строения основного вещества, составляющего текстильные волокна и нити;

комбинированные, при которых используются в различных сочетаниях физические и химические методы.

По существу все текстильные материалы — волокна, нити и изделия — в процессах их получения и переработки подвергаются той или иной модификации.

Наиболее известными наименованиями текстильных волокон и нитей, получаемых из синтетических модифицированных ВМС, являются: **тефлон** (США) и **фторлон** (Россия) — из фторсодержащих полимеров и сополимеров; **углеродные** и **графитовые** — из макромолекул углерода; **номекс**, **кевлар** (США), **внивлон**, **фенилон**, **оксалон** (Россия), **кермель** (Франция), **аримид**, **конекс** (Япония) и др. — из высокопрочных и термостойких ВМС. Это химические волокна третьего поколения с экстремальными показателями, используемые для специальных и технических целей, мало- и среднетоннажного объема производства.

Все описанные выше основные вещества, составляющие текстильные волокна и нити, являются органическими.

**Неорганические волокнообразующие ВМС** получают из **силикатов** — солей кремниевых кислот путем реакции поликонденсации. Структура их макромолекул линейная или пространственная, но вытянутая. Полисиликаты (полисилоксаны) обладают большой плотностью (2,5...3,2 г/см<sup>3</sup>), очень жестки, термостойки (не изменяют механические свойства при нагреве до температуры 700...800 °C и плавятся при температуре 1200...1500 °C), поглощают

небольшое количество влаги (0,6...1,5 % при нормальных атмосферных условиях). Полисиликаты являются основным веществом природного минерального волокна асбест.

### 2.3. ПОЛУЧЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВА НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Льняная солома, хлопок-сырец, невытая шерсть, коконы шелка и другие натуральные волокносодержащие материалы подвергаются специальной технологической переработке, называемой первичной обработкой текстильных материалов, в целях получения волокон, пригодных для текстильного производства.

**Первичная обработка льна и других лубяных волокон** заключается в выделении из стеблей соломы волокна путем разрушения неволокнистых тканей стебля и их последующего удаления.

Элементарные волокна льна — растительные клетки, склеенные в пучки пектиновыми веществами, располагаются в коре (лубе) стебля (рис. 2.2).

Волокнистые пучки (рис. 2.3, а) хорошо развиты по всей длине стебля и благодаря боковым ответвлениям, переходящим из одного пучка в другие, образуют в стебле сетчатый волокнистый слой (рис. 2.3, б). В поперечном сечении стебля имеется 20...32 пучка по 14...24 волокна в каждом (всего 350...650 волокон). Элементарные

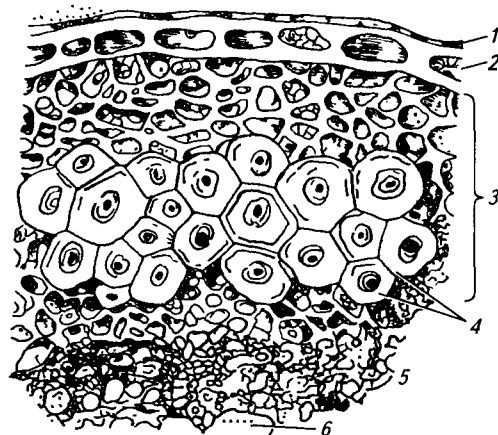


Рис. 2.2. Поперечный срез части льняного стебля:

1 — пленка; 2 — кожица; 3 — кора (луб); 4 — элементарные волокна; 5 — древесина; 6 — сердцевина

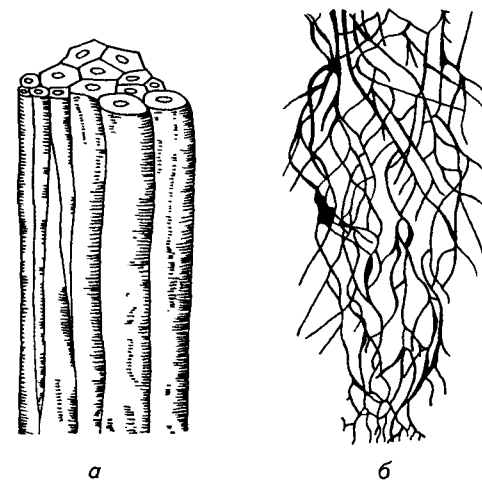


Рис. 2.3. Льняные волокна:

а — расположение элементарных волокон в пучке; б — сетчатый волокнистый слой

волокна имеют длину 10...25 мм и поперечный размер 15...20 мкм. Толщина и прочность волокон уменьшаются от комля к верхушке стебля.

Пучки элементарных волокон, соединенные боковыми ответвлениями и прослойками корковой ткани и выделяемые из стеблей при их первичной обработке, образуют *технические волокна льна*. Их длина равна 40...125 см, а поперечный размер составляет 150...250 мкм. Прочность технического волокна зависит от прочности, длины, толщины и числа элементарных волокон, а также от степени спаянности их в пучке. Вещества, обеспечивающие эту спаянность, более устойчивы, чем те, что склеивают волокнистые пучки с клетками коры.

Первичная обработка льна производится на специальных заводах и включает в себя технологические процессы, показанные на рис. 2.4.

Разъединение волокнистого слоя с тканями коры стебля льна может осуществляться несколькими способами: расстилом, замачиванием в холодной и теплой воде, пропариванием и физико-химическим. После такой обработки из стеблей льносоломы получается *треста*.

Стланцевая треста образуется при расстилании на лугах соломы, в которой развиваются микроорганизмы (грибы, плесень), разрушающие сначала менее стойкие пектиновые вещества, склеивающие пучки волокон с тканями коры стебля. Продолжитель-

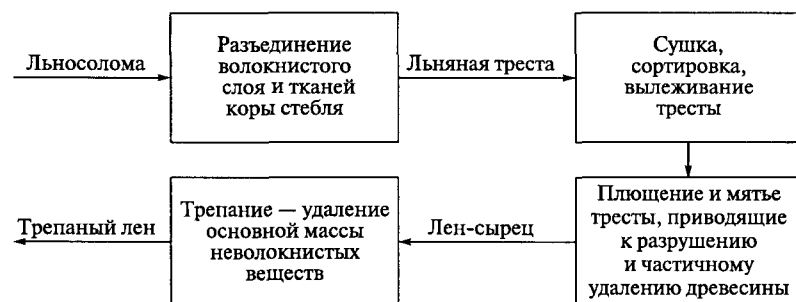


Рис. 2.4. Общая схема первичной обработки льна

ность расстилая 0,5...1,5 мес. Срок его определяют, когда древесина начинает легко отделяться от волокна, а оно становится мягким и прочным. Эти признаки означают, что треста вылежалась достаточно.

Моченцовая треста получается после замачивания соломы в естественных (реже искусственных) водоемах или после их замачивания при температуре 35...38 °С в искусственных водоемах на заводах первичной обработки. При замачивании пектиновые вещества разрушаются бактериями различных видов.

Лучшие результаты получаются при замачивании в теплой воде.

Паренцовая треста получается после 1...1,5-часового пропаривания в автоклаве замоченной льносоломы. При этом гидролизуются пектиновые вещества и нарушается связь пучков волокон с окружающими их тканями.

Ускоренный физико-химический способ получения тресты заключается в подсушивании и плющении стеблей льносоломы, а затем в промывке водой, обработке раствором кальцинированной соды, еще одной промывке, обработке раствором серной кислоты, третьей промывке и обработке эмульсией.

Треста после замачивания, пропаривания и получения физико-химическим способом имеет высокую влажность. Значительную часть влаги удаляют на отжимно-промывных машинах, что позволяет ускорить последующую сушку, которую осуществляют как на открытом воздухе, так и в различных сушильных установках. Далее тресту сортируют по длине и цвету стеблей, отделяя низкосортную продукцию, которую используют для получения короткого льняного волокна. Для выравнивания влажности тресты перед мятком и трепанием она отлеживается в течение 16...24 ч под навесами или в закрытых помещениях.

Для извлечения волокна тресту подвергают плющению, мятком и трепанию. Эти процессы осуществляются одновременно на

мяльно-трепальном агрегате или отдельно на мяльной и трепальной машинах.

Плющение тресты заключается в ее пропускании под большим давлением между гладкими вальцами. При этом наружная часть стебля сдвигается относительно внутренней древесины, толщина стеблей выравнивается и последующее мятко облегчается.

Мятко тресты служит для разрушения и частичного удаления древесины. При мятке древесина дробится рифлеными вальцами на отдельные части, называемые кострой. Треста, прошедшая мятку, называется *льна-сырцом*.

Трепание льна-сырца — процесс, при котором удаляется основная масса костры и других неволокнистых веществ. При этом происходит продольное расщепление волокнистого слоя на отдельные технические волокна. Трепание осуществляется на трепальных машинах, основными рабочими органами которых являются барабаны с закрепленными на них билами. При вращении барабанов била поочередно ударяют по свисающей части закрепленных стеблей льна-сырца и отделяют волокно от костры.

После трепания из льна-сырца получают *трепанный лен* (в виде горстей длинного волокна) и волокнистые отходы, содержащие костру и короткое волокно. Получение длинного волокна сопровождается выделением стеблевых отходов, представляющих собой спутанные короткие и поврежденные стебли тресты.

Трепанный лен (длинное волокно) сортируют, из частей одного качества формируют партию, прессуют в кипы массой 60...85 кг и направляют на текстильные предприятия для дальнейшей переработки. Там трепанный лен прежде всего подвергают гребнечесанию, в результате которого технические волокна дробятся на более тонкие комплексы и разделяются на более длинные — *чесанный лен* и на более короткие — *льняной очес*. Одновременно происходит очистка волокон от костры и остатков коровой ткани.

Волокносодержащие отходы трепания льна и отсортированная короткая треста низкого качества, непригодная для переработки на длинное волокно, используются для получения *короткого волокна льна*.

Технология получения короткого волокна состоит из нескольких последовательно выполняемых операций: предварительной очистки отходов трепания от насыпной (не связанной с волокном) костры и других неволокнистых включений на трясильной машине; подсушивания отходов до влажности 6...8 % на сушильной установке конвейерного типа; мятки, трепания и тряски подсушенных отходов для удаления присущей (связанной с волокном) костры и получения очищенного и разрыхленного прядогом короткого волокна на куделеприготовительном агрегате. Далее сле-

дуют сортировка, увлажнение, вылеживание и прессование в кипы массой 60 кг.

Из 1 т льняной соломы в среднем получают 130...150 кг длинного и 80...100 кг короткого волокна. От костры, выделяемой на мяльных, трясильных и куделеприготовительных машинах, на волокноотделительной машине отделяют короткое непрядмое волокно. Его используют как паклю (для теплоизоляции) и в бумажной промышленности. Получаемая при трепании льна костра используется как топливо и для изготовления костроплит в мебельной промышленности.

Известны технологии первичной обработки льна и других лубяных культур без приготовления тресты, когда волокно получают непосредственно из сухого или зеленого стебля растения. При этом биологической или химической обработке подвергают не стебли, а предварительно выделенный луб — коровую часть растения. Выделение луба из стеблей производится на специальных мяльно-трепальных агрегатах. Процесс сопровождается более интенсивными механическими воздействиями, чем при обработке тресты, так как связь между лубом и древесиной у стеблей, не прошедших биологическую или химическую обработку, более прочная. Обработка зеленого стебля несколько облегчает этот процесс, так как связь между корой и древесиной в зеленом стебле гораздо менее прочная, чем в сухом. Дальнейшая обработка луба, выделенного из стеблей различных лубяных растений, различна.

Льняной луб после замачивания или химической обработки поступает на трепальные машины, где получают длинное волокно (*длинный льняной луб*). Отходы трепания обрабатывают соответствующим образом для получения короткого волокна (*короткий льняной луб*). Разработан способ выделения из льносоломы луба в виде непрерывной однотипной ленты, которая затем обрабатывается с применением гребнечесания и отваривания в химических реактивах.

Еще одним видом льняного волокна, достаточно давно используемого в текстильном производстве, является *котонин* (от англ. cotton — хлопок). Это волокно получают в результате расщепления технических льняных волокон на отдельные элементарные волокна и их комплексы, близкие по длине к волокнам хлопка. Исходным сырьем для получения котонина служат короткое льняное волокно и льняной очес. Способ разделения технических волокон на элементарные может быть механическим или комбинированным. Соотношение элементарных и комплексных волокон в котонине меняется в зависимости от способа его получения и влияет на прядельную способность волокон и качество получаемой пряжи.

Производство котонина в России стало активно развиваться в конце XX в. и является чрезвычайно перспективным. Котонин — это модификация льняного волокна.

Первичная обработка грубостеблевых волокон (конопли, кенафа, джута и др.) включает в себя практически те же технологические операции, что и обработка льна, но при этом учитываются особенности их строения и свойств. Стебли этих растений могут достигать в длину нескольких метров, они имеют большую прочность и стойкость к изгибу, содержат, как правило, не одно кольцо лубяного слоя, а два и более. Наружное кольцо называется первичным и состоит из волокнистого слоя первичных элементарных волокон и их комплексов. Оно образуется в процессе развития растения в самой верхней части стебля. Кольца, расположенные ближе к центру стебля, и находящиеся в них волокна называются вторичными. Конопля может иметь до четырех вторичных колец волокнистого слоя, состоящих из отдельных пучков. Первичный слой идет от основания стебля и достигает почти самой его вершины. Вторичные слои не доходят до вершины: они тем короче, чем ближе расположены к середине стебля.

Для выделения грубостеблевых волокон используют различные операции: обработку сухой тресты (для конопли); обработку мокрой тресты (для кенафа и джута); получение волокна из луба сухих или зеленых стеблей.

Тресту подвергают мятью и трепанию на мощных машинах. При этом получают длинное трепаное волокно и отходы. Из последних путем тряски, мятья и трепания выделяют короткое волокно. Полученные волокна сортируют, пакуют и отправляют для дальнейшей переработки.

Отделение луба от древесины стеблей происходит при более интенсивных воздействиях мятья и трепания, чем при переработке тресты. Выделенный луб подвергают биологической или химической обработке и пропускают через трепально-промывную (для луба сухих стеблей) или мяльно-трепальную (для зеленых стеблей) машину. Полученное длинное волокно сушат, сортируют и прессуют в кипы. Из отходов трепания получают короткое волокно.

**Первичная обработка хлопка-сырца** заключается в очистке его от посторонних примесей и отделении волокон хлопка от семян. Непрерывный процесс первичной обработки производится на хлопкоочистительных заводах и состоит из следующих основных этапов: предварительной очистки хлопка-сырца, дженирования — отделения от семян волокон, а затем пуха (линты), прессования их в кипы. Хлопок-сырец повышенной влажности перед первичной обработкой подсушивают.

На хлопкоочистительных заводах хлопок-сырец предварительно очищается от попавших в него во время сбора тяжелых примесей (камней, кусков земли, дерева и т. п.) на специальных установках в потоке воздуха. Одновременно удаляются пыль и мелкие

примеси. Другие неволокнистые включения (частицы коробочек, листьев и т. п.) удаляют на очистителях различной конструкции.

Сухой хлопок-сырец после предварительной очистки, а влажный после сушки и очистки подается пневмотранспортом в волокноотделительный цех, где автоматически распределяется на несколько питателей, равномерно подающих его в соединенные с ними волокноотделители — джины.

Принцип волокноотделения (джинирования) основан на том, что прочность прикрепления волокон семени составляет 25...50 % средней прочности самих волокон, которые отрываются без разрушения. Рабочие органы волокноотделителей (круглые пилы у пильных или кожаный валик у валичных) захватывают волокна с семенами и подводят их к колосникам или ножам, которые препятствуют движению семян, но не задерживают волокна. В результате волокна отрываются от семян. Пильный волокноотделитель более производительен (800...1200 кг/ч), чем валичный (80...130 кг/ч), однако в последнем волокна большой длины повреждаются меньше, а благодаря интенсивному оголению семян выход волокна несколько выше. Поэтому на валичных волокноотделителях перерабатывают высококачественный тонковолокнистый и длиноволокнистый хлопок-сырец и тонковолокнистый хлопок-сырец низких сортов.

При джинировании могут возникать различные технологические пороки волокна. На пильных волокноотделителях это кусочки кожицы семян с волокнами из-за неправильной регулировки отвода семян из зоны волокноотделения. Этот порок получается также при переработке незрелого и влажного хлопка-сырца. Наличие заусенцев на зубьях пил и на пути движения волокна приводит к образованию другого особо вредного порока — узелков. Волокнистые пороки (жгутики) — плотно закатанные пучки волокон — получают при переработке хлопка-сырца повышенной влажности, а также при тупых и погнутых зубьях пил.

На валичных джинах основными причинами образования пороков (кожицы с волокном, дробленых семян, отчасти узелков) является износ кожаного валика и неправильная регулировка волокноотделения.

После джинирования хлопка-сырца машинного сбора волокно иногда имеет повышенное содержание улюка — мелких незрелых семян, поступивших вместе с волокном, а также сора и других пороков. Такое волокно дополнительно очищают на специальных установках.

Для прессования применяют гидравлические прессы с двумя поворотными ящиками. Пока один наполняется волокном, в другом прессуется кипа. Спрессованные кipy массой 150...200 кг и более обшивают паковочной тканью для предохранения от загряз-

нений и обвязывают несколькими обручами толстой проволоки. Плотность спрессованного волокна в кипе 0,5...0,7 г/см<sup>3</sup>.

После отделения волокна семена поступают в семяочиститель, а затем в пухоотделители (линтеры). Их принцип работы такой же, как и пильного волокноотделителя, только дисковые пилы имеют более мелкие и частые зубья. Снятие линта с семян называется линтерованием. Его повторяют до трех раз.

Остающийся на семенах или на их шелухе очень короткий подпушек отделяют соскабливанием, трением о шероховатую поверхность семян или между собой, растворением и другими способами.

После отделения волокон и пуха непосевные (технические) семена поступают на маслозавод, где от них снова отделяют пух, а затем и подпушек (делинт) — наиболее короткие волокна. Из общей массы хлопка-сырца получают ориентировочно 30...40 % хлопкового волокна, 3...5 % пуха, 1...2 % волокнистых отходов и 55...65 % семян. Содержание подпушка составляет 2...3 % массы технических семян.

*Первичная обработка немытой шерсти* состоит из сортировки и перекачивания, разрыхления и трепания, промывки или растворения примесей, сушки и упаковки. Засоренную шерсть дополнительно обезрепеивают. Все это выполняют на предприятиях первичной обработки шерсти.

Шерсть с разных мест одного и того же руна обладает различными свойствами. У овец большинства пород наиболее тонкая шерсть растет на лопатках; на боках волокна несколько грубее, а на задней части корпуса и ляжках — еще грубее. При сортировке руно разделяют на части, однородные по качеству, которые затем объединяют и получают несколько партий более или менее однородно рассортированной шерсти.

Шерсть сортируют по тонине, длине, состоянию (степени засоренности и наличию или отсутствию дефектов) и по цвету. Качество шерсти при сортировке оценивают органолептически — на глаз, на ощупь. При конвейерной сортировке каждый сортировщик отбирает с движущейся ленты конвейера шерсть только определенных сорта, длины, состояния.

Перекачивание — контрольная сортировка. Ей подвергают всю рассортированную шерсть. После перекачивания однотипные партии шерсти хранят в отдельных лабазах или контейнерах.

Разрыхление и трепание служат для разделения крупных клочков шерсти на более мелкие и освобождения ее от всех загрязняющих примесей, кроме жиропота. Хорошо разрыхленная и протрепанная шерсть лучше промывается. Оба процесса осуществляют на трепальных машинах с одним или двумя колковыми барабанами. Шерсть подается в машину питающей решеткой и валиками.

Захваченные колками вращающегося барабана мелкие клочки шерсти ударяются о колосниковую решетку, в отверстия которой проваливаются сорные примеси. На некоторых машинах дополнительное разрыхление происходит между колками барабана и валиками, вращающимися с меньшей частотой, чем барабан.

Растущая на теле овцы шерсть загрязняется жиром, потом, минеральными, кизячными и растительными примесями, в том числе репьем и ковыльной пилкой. Большее количество жиропота и загрязнений содержит тонкая шерсть, а меньшее — грубая, особенно осенней стрижки.

Жиропот удаляется из шерсти промывкой или растворением. Для промывки шерсти используют поверхностно-активные вещества, которые ослабляют межмолекулярные связи между частицами загрязнений и поверхностью волокон.

Мойка состоит из операций замачивания, собственно мойки, полоскания в воде и последующей сушки. Наиболее распространен мыльно-щелочной метод промывки, но при промывке шерсти в нейтральной среде с применением синтетических моющих средств лучше сохраняются свойства шерсти и меньше изменяется ее химический состав.

Шерсть обычно промывают в пяти барках, из которых первая предназначена для замачивания, а последняя для прополаскивания. Подаваемая питающим конвейером грязная шерсть погружается в ванну барабаном и передвигается по ней механическими граблями. Механизм выгружает шерсть из ванны и направляет ее к отжимным валам. В ванне имеется ложное дно с отверстиями, через которые оседает вымываемая грязь. В моечно-сушильном агрегате объединены автопитатель для грязной шерсти, трепальная машина, моечная машина из 3...5 барок, автопитатель для мытой шерсти и сушильная машина.

Шерсть в агрегате промывается по принципу противотока, при котором более чистый моющий раствор подается в предпоследнюю барку на более чистую шерсть, а затем последовательно перекачивается насосами по направлению к барке, в которую поступает грязная шерсть. При промывке необходимо контролировать температуру и pH растворов. Производительность шерстомойного агрегата 400...700 кг/ч. Выход мытой шерсти из грязной составляет 35...45 % для тонкой и 55...75 % для грубой шерсти. Норма остаточной за жирности мытой шерсти 0,6...1,5 %, а содержание грязи не более 2 % в тонкой и полутонкой шерсти и до 4 % — в грубой. Излишне жирная шерсть быстро загрязняет рабочие органы машин при дальнейшей переработке, а шерсть с пониженной за жирностью имеет ухудшенные механические свойства. Заваленная шерсть получается при промывке в перегретых растворах, из-за неисправной работы механических граблей, выгружающего ме-

ханизма и отжимных валов. Ее переработка в прядильном производстве затруднена.

Очистку немойтой шерсти иногда осуществляют растворителями. Это уменьшает обрывность в прядении и ткачестве, повышает выход пряжи. Однако токсичность и воспламеняемость растворителей обуславливают большую сложность оборудования. Удаляемый из шерсти жир извлекают, очищают и получают ценный продукт для фармацевтической и парфюмерной промышленности — ланолин.

Для удаления из шерсти цепких растительных примесей (пилки-репья и др.) используют карбонизацию, которая начинается с пропитки шерсти слабым раствором серной кислоты. При следующей затем сушке шерсти концентрация кислоты повышается, растительные примеси разрушаются и превращаются в хрупкое вещество — гидроцеллюлозу, легко удаляемую при дальнейшей обработке на дробильно-трепальной машине. Очищенная шерсть далее нейтрализуется, промывается и сушится. При карбонизации достигается наиболее полная очистка шерсти от репья, но волокно при этом несколько повреждается кислотой.

После промывки и отжима шерсть имеет влажность 60...80 %. Сушат шерсть горячим воздухом при температуре 70...80 °C до нормальной влажности 15...20 %. Это облегчает дальнейшую переработку шерсти (трепание, чесание и т. д.). Шерсть повышенной влажности при хранении портится и может даже самовозгореться. По выходе из сушильной машины шерсть пневмотранспортом подается в лабазы для выравнивания ее влажности по всей массе.

Мытую шерсть прессуют и пакуют в кипы массой 165...210 кг плотностью 0,25...0,5 г/см<sup>3</sup>.

**Первичная обработка шелка** заключается в замаривании (умерщвлении) куколок в коконах, их разматывании и формировании пригодных для текстильной переработки нитей и волокон.

Замаривание осуществляют горячим воздухом с одновременной сушкой или обработкой горячим паром с последующей сушкой. Сушат коконы с целью предупреждения плесневения и гниения умерщвленных куколок.

Замаривание и сушка коконов горячим воздухом производится в специальных сушильных машинах при начальной температуре 95 °C и конечной 65 °C. Продолжительность обработки 12...15 ч. Производительность сушилки 4...5 т в сутки.

Замаривание горячим паром производят в кирпичных или бетонных камерах объемом 5...6 м<sup>3</sup> при температуре 70...80 °C. Продолжительность 15...25 мин. После охлаждения коконы сушат в естественных атмосферных условиях на стеллажах в течение 2...3 мес.

Разматывание коконов осуществляется на кокономотальных фабриках, где коконы разматывают на кокономотальных станках.

Подготовка к размотке включает в себя обеспыливание и очистку, сортировку и смешивание на коконосмесительной машине.

Затем коконы запаривают в горячей воде для размягчения серицина, снимают с них верхний неразматывающийся слой (коконный сдир), отыскивают концы шелковин, перемещают коконы в теплую воду и разматывают, формируя шелк-сырец, состоящий из 8...18 отдельных шелковин, с последующей намоткой на мотовила и сушкой.

Шелк-сырец составляет в среднем 65 % коконных нитей, остальное представляет собой коконный сдир, отходы кокономотания, а также ватообразную часть шелковины.

Шелк-сырец на шелкокрутильных фабриках подвергают кручению до 3000 кр/м и более. Отходы первичной обработки шелка используют для получения шелковой пряжи.

**Строение и свойства текстильных волокон**, особенно натуральных, тесно связаны между собой и во многом определяют друг друга. От них зависят выбор технологического процесса переработки волокон и качество изготавливаемых нитей и изделий.

Строение натуральных волокон является чрезвычайно сложным и включает в себя химическое и физическое строение составляющих их высокомолекулярных соединений (ВМС), особенности строения поверхности волокон, размеры и форму их поперечного сечения и другие показатели геометрических свойств.

Для физического строения ВМС этих волокон типична фибриллярная структура. Фибриллы — это объединения микрофибрилл ориентированных надмолекулярных соединений. Микрофибриллы представляют собой молекулярные комплексы с поперечным сечением, диаметр которого меньше 10 нм. Удерживаются они друг около друга межмолекулярными силами, а также вследствие перехода отдельных молекул из комплекса в комплекс. Длина микрофибриллы на порядок выше ее поперечника.

Связи между фибриллами осуществляются в основном силами межмолекулярного взаимодействия. Они значительно слабее микрофибриллярных. Между фибриллами имеется большое число продольных полостей, пор. Фибриллы располагаются в волокнах вдоль оси или под сравнительно небольшим углом. Фибриллы и микрофибриллы видны под микроскопом при увеличении в 1500 раз и более.

Свойства и показатели качества натуральных волокон многообразны и в отдельных случаях весьма специфичны. Общими определяющими показателями качества этих волокон, которые в основном обуславливают выбор технологии их переработки, являются толщина, длина и прочность.

**Толщина** определяет поперечные размеры волокон и выражается через прямые и косвенные характеристики. Иногда вместо тол-

щины используют термин *тонина* волокон из-за малых значений их поперечника. Прямыми характеристиками толщины (тонины) волокон, имеющих правильное круглое сечение, является диаметр  $d$ , измеренный в микрометрах (мкм), или площадь поперечного сечения  $S$ , мм<sup>2</sup>.

Косвенные характеристики толщины волокон построены на соотношении между массой и длиной. Используется простое правило: из двух волокон одинаковой длины будет толще то, которое имеет большую массу. Это условие выполняется, если плотность волокон одинакова или очень близка. При существенном различии между плотностями волокон косвенные характеристики сравнительной оценки их толщины могут быть ошибочными.

Косвенные характеристики толщины бывают прямыми и обратными. В первом случае берется отношение массы волокна  $m$  к длине  $L$ , а во втором — длины к массе. Величина  $m/L$  называется линейной плотностью и применительно к текстильным волокнам и нитям имеет несколько единиц измерения: текс  $T = m/L$ , г/км или мг/м; титр  $T_n$  или денье  $D$ , если масса  $m$  измеряется в граммах, а длина  $L$  равна 9 км. Для характеристики линейной плотности волокон используют миллитекс (мтекс), равный 0,001 текс.

Отношение  $L/m$  для текстильных волокон и нитей называется номером  $N$  и в метрической системе единиц имеет размерность мм/мг, м/г или км/кг. Иногда применяют английскую систему измерения, в которой используются длина 840 ярдов (768,1 м) и масса 1 фунт (453,59 г). Соотношение между метрическим номером  $N_m$  и английским  $N_a$

$$N_m = 1,693 N_a.$$

Международная организация по стандартизации ИСО (ISO) рекомендует использовать в качестве единицы измерения толщины волокон и нитей  $T$ , текс. Между косвенными характеристиками толщины существуют соотношения:  $T = T_n / 9 = D / 9 = 1000 / N_m = 591 / N_a$ .

Длина волокна — это наибольшее расстояние, измеряемое в миллиметрах, между его концами в распрямленном состоянии. Характеристиками длины волокна являются средняя длина, модальная длина и штапельная длина.

Средняя длина  $L_a$  характеризует усредненную длину волокон в их общей массе.

Модальная длина  $L_m$  соответствует длине, которую имеет большинство волокон.

Штапельная длина  $L_{ш}$  — это средняя длина волокон, имеющих длину больше модальной.

**Прочность** характеризует способность материала противостоять нагрузкам и деформациям. Для текстильных волокон определяют прочность при растяжении и в качестве основных характеристик используют абсолютную и относительную разрывную нагрузку и разрывное удлинение.

Абсолютная разрывная нагрузка волокон  $P_p$  измеряется в сантиньютонах (сН) и соответствует минимальной нагрузке, разрушающей волокно в ограниченное время.

Относительная разрывная нагрузка подсчитывается как  $P_o = P_p/T$ , сН/текс.

Абсолютное разрывное удлинение  $l_p$  — приращение длины волокон к моменту его разрыва, измеряемое в миллиметрах.

Относительное разрывное удлинение  $E_p$ , %, определяют как

$$E_p = (l_p/l_0)100,$$

где  $l_0$  — начальная длина образца.

Каждое натуральное волокно имеет свои, только ему присущие особенности строения и свойства.

Лубяные волокна бывают элементарными и комплексными (техническими). Последние представляют собой комплексы склеенных пектиновыми веществами элементарных волокон. Отдельные элементарные волокна — растительные клетки трубчатого строения, имеющие веретенообразную форму, утолщенные стенки и полость внутри. Поперечное сечение — неправильный пятиугольник с узким каналом у волокон льна (см. рис. 2.2) или (у более грубых волокон) почти овальной формы с более широким и слегка сплюснутым каналом. Стенки лубяных волокон имеют слоистое строение и состоят из фибрилл целлюлозы, ориентированных под различными направлениями и углами. По химическому составу слои стенок волокон различны: первичный (наружный) состоит из целлюлозы, гемицеллюлозы и пектиновых веществ, вторичный — из целлюлозы. Третий слой (ближний к каналу) представляет собой тонкую стенку, являющуюся остатком протоплазмы.

Особенность морфологии льняных волокон заключается в наличии сдвигов продольных штрихов поперек волокна, представляющих собой следы изломов или изгибов волокон в период роста и при механической обработке стеблей. Канал имеет постоянную ширину. Первичная стенка льняных волокон состоит из фибрилл, расположенных по винтовой линии направления  $S$  с наклоном под углом  $8...12^\circ$  к продольной оси. Фибриллы во вторичной стенке расположены по винтовой линии направления  $Z$ . Угол их подъема в наружных слоях такой же, как и в первичной стенке, но

постепенно уменьшается, достигая иногда  $0^\circ$ . При этом направление спиралей меняется на противоположное. Пектиновые вещества между фибриллами располагаются неравномерно, их содержание увеличивается в направлении к каналу.

Элементарное волокно конопли имеет тупые и раздвоенные концы, канал волокон сплюснут и значительно шире, чем у льна. Сдвиги на волокнах пеньки выражены более резко, чем на льняном волокне, и волокна в этих местах имеют изгиб. Пучки фибрилл в первичной и вторичной стенках располагаются по винтовой линии направления  $Z$ , но угол наклона фибрилл уменьшается с  $20...35^\circ$  в наружном слое до  $2...3^\circ$  во внутреннем. Наибольшее количество пектиновых веществ содержится в первичной стенке и наружных слоях вторичной.

Лубяные волокна обладают самой высокой степенью полимеризации целлюлозы (для льна она достигает  $3 \cdot 10^4$  и более). Благодаря этому, а также хорошей ориентации фибрилл лубяные волокна прочны и малодеформируемы.

Свойства элементарных лубяных волокон могут изменяться в зависимости от вида растения, области его произрастания, места расположения волокна в стебле и других факторов. В табл. 2.2 приведены ориентировочные толщина, длина и прочность некоторых элементарных лубяных волокон.

Таблица 2.2

| Элементарное волокно | Размер поперечника, мкм | T, мтекс  | N <sub>н</sub> | Длина, мм |              | Относительная прочность $P_o$ , сН/текс | Относительное разрывное удлинение $E_p$ , % |
|----------------------|-------------------------|-----------|----------------|-----------|--------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|
|                      |                         |           |                | средняя   | максимальная |                                         |                                             |
| Лен                  | 12...17                 | 165...285 | 3500...6000    | 13...30   | 130          | 24...70                                 | 2...3                                       |
| Конопля              | 14...17                 | 420       | 2370           | 15...25   | 65           | 38...62                                 | 2...4                                       |
| Джут                 | 21                      | 208       | 4800           | 1,5...6,0 | 6            | 27...35                                 | 1,5                                         |

Свойства комплексных лубяных волокон определяются свойствами элементарных волокон и прочностью их скрепления между собой. В табл. 2.3 приведены ориентировочные характеристики свойств лубяных комплексных волокон.

Таблица 2.3

| Комплексные волокна | T, текс    | Длина, мм   | Относительная прочность $P_o$ , сН/текс |
|---------------------|------------|-------------|-----------------------------------------|
| Лен                 | 1,25...1,5 | 400...1200  | 49                                      |
| Конопля             | 7,7...40   | 250...700   | 46                                      |
| Джут                | 2,2...5    | 1200...3500 | 27...53                                 |

Наряду с прочностью важным технологическим показателем качества комплексных волокон является их гибкость. Техническое волокно с сильно одревесневшими элементарными волокнами менее гибко, чем волокно с не одревесневшими элементарными волокнами. С увеличением гибкости волокна повышаются его качество и прядильная способность.

Лубяные волокна имеют высокую гигроскопичность — способность поглощать влагу из окружающей среды. С ростом влажности до определенного предела повышаются разрывная нагрузка и удлинение лубяных волокон.

Хлопковое волокно представляет собой одиночную растительную клетку в виде скрученной и сплюсненной полой ленточки со стенкой определенной толщины и открытым каналом в месте отрыва волокна от семени. Заостренный конец волокна открытого канала не имеет. Толщина стенки и ширина канала зависят от степени зрелости волокна. На рис. 2.5 показан продольный вид волокон хлопка различной степени зрелости, а на рис. 2.6 — поперечное сечение волокна и линейные размеры видимой ширины канала  $e$  и двойной толщины стенок  $\delta$ , по соотношению которых оценивают степень зрелости. Морфология различных волокон существенно отличается. Например, канал зрелых и незрелых волокон узкий, а форма поперечного среза изменяется от бобовидной у зрелых волокон до эллипсовидной и почти круглой у незрелых волокон и сплюсненной лентовидной у незрелых.

Волокно скручено вокруг продольной оси. Число извитков на 1 мм длины средневолокнистого хлопка составляет 8...9, а тонковолокнистого — 10...12. Наиболее извиты зрелые волокна; у не-

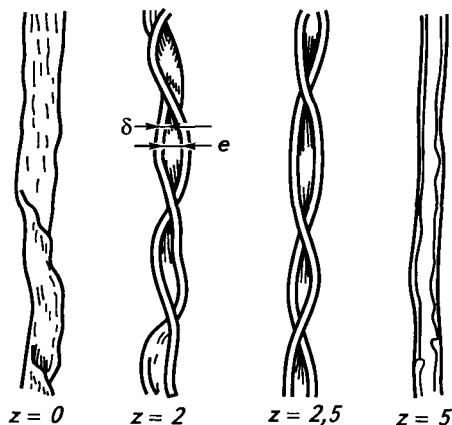
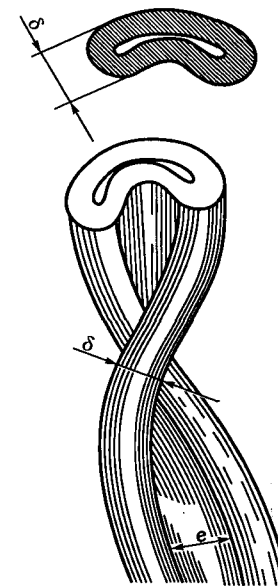


Рис. 2.5. Продольный вид волокон хлопка различной степени зрелости

Рис. 2.6. Поперечный срез волокна хлопка в сильно увеличенном виде



зрелых и незрелых волокон извитость небольшая, мало заметная. Это связано с формой и взаимным расположением элементов надмолекулярной структуры волокна. Стенка волокна имеет слоистое строение. Наружный слой толщиной менее 1 мкм называется первичной стенкой. Она образуется из редко расположенных и перекрещивающихся под большим углом целлюлозных фибрилл, пространство между которыми заполнено спутниками целлюлозы. Масса целлюлозы в первичной стенке несколько больше половины ее массы в волокне. Наружная поверхность первичной стенки состоит из воскопектинового слоя.

В первичной стенке волокон различают два слоя, в которых фибриллы располагаются под разными углами. Вторичная стенка зрелого волокна имеет толщину 6...8 мкм. Она состоит из пучков фибрилл, расположенных по винтовым линиям, поднимающимся под углом 20...45° к оси волокна. Направление винтовой линии меняется от  $Z$  до  $S$ .

Фибриллы различных волокон имеют разные углы наклона. Углы наклона фибрилл тонких волокон малы. Наполнителем между пучками фибрилл являются спутники целлюлозы.

Пучки фибрилл располагаются концентрическими слоями, которые хорошо видны в поперечном срезе волокна. Их число достигает 40, что соответствует числу дней отложения целлюлозы. Отмечается также наличие третичной стенки, соприкасающейся с каналом части вторичной. Эта часть отличается большой уплотненностью. Кроме того, в этом слое промежутки между целлюлозными фибриллами заполнены белковыми веществами и протоплазмой, состоящей из белковых веществ, а также из простых углеводов, из которых синтезируется целлюлоза, и др.

Целлюлоза хлопковых волокон имеет аморфно-кристаллическое строение. Степень ее кристалличности составляет 0,6...0,8, а плотность кристаллов достигает 1,56...1,64 г/см<sup>3</sup>.

Основные свойства хлопкового волокна, как и других натуральных волокон, могут изменяться в широких пределах в зависимости от большого числа различных факторов, включая даже климатические условия года их получения. В табл. 2.4 приведены пре-

бования к хлопковому волокну, полученному в Средней Азии и перерабатываемому текстильной промышленностью России в середине — конце XX в.

Таблица 2.4

| Хлопковое волокно                    | Линейная плотность $T$ , мтекс, не более | Штапельная длина, мм, не менее | Относительная прочность $P_r$ , сН/текс, не менее |
|--------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------|
| Тонковолокнистых сортов хлопчатника  | 144...165                                | 35,2...38,2                    | 28,4...33,3                                       |
| Средневолокнистых сортов хлопчатника | 180...200                                | 29,2...33,2                    | 22,6...25,5                                       |

Диапазон показателей в табл. 2.4 дан для хлопковых волокон различных сортов. Качество хлопкового волокна, как и других текстильных волокон, считается тем выше, чем меньше его линейная плотность и чем больше штапельная длина и прочность.

Шерстяные волокна различных животных могут существенно различаться по строению и свойствам. Основным волокном (более 95 %) в текстильной промышленности является овечья шерсть.

Шерстяные волокна овечьей шерсти могут быть четырех типов: пух, переходный волос, ость и мертвый волос (рис. 2.7).

Пух — наиболее тонкое (10...30 мкм) извитое волокно, форма поперечного сечения которого близка к правильному кругу. Снаружи волокно покрыто кольцеобразными чешуйками, а внутри заполнено корковым слоем.

Переходный волос по строению близок к пуху, но имеет диаметр 25...40 мкм и сердцевинный прерывающийся по длине волокна слой.

Ость значительно толще и грубее пуха (поперечник равен

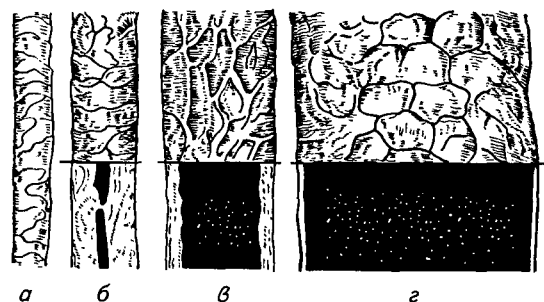


Рис. 2.7. Волокна шерсти:

а — пух; б — переходный волос; в — ость; г — мертвый волос

40...60 мкм), почти не имеет извитости. Сердцевинный слой располагается по всей длине волокна и занимает значительную часть поперечного сечения.

Мертвый волос — наиболее грубое практически неизвитое волокно с поперечником 80 мкм и более сплюсненной овальной формы, имеет узкое кольцо коркового слоя и очень большую сердцевину.

Особенностями внешнего строения шерстяных волокон являются извитость и наличие на поверхности чешуйчатого слоя.

Шерстяные волокна имеют волнообразную извитость, характеризующую числом извитков на единицу длины (1 см) и формой извитости. Тонкая шерсть имеет 4...12 и более извитков на 1 см длины, грубая шерсть извита мало. По форме и характеру извитости различают шерсть слабой, нормальной извитости и сильно извитую. При слабой извитости волокна имеют гладкую растянутую и плоскую форму извитков, при нормальной — извитки имеют форму полуокружности. Волокна сильно извитой шерсти имеют извитки петливой формы.

Чешуйки пуха и переходного волоса имеют конусообразную форму и как бы вставлены одна в другую. Чешуйки ости и мертвого волоса напоминают черепицу. Толщина чешуек около 1 мкм, длина различна — 4...25 мкм в зависимости от вида шерсти (на 1 мм длины волокон 40...250 чешуек). Установлено, что чешуйки имеют три слоя — эпикутикулу, экзокутикулу и эндокутикулу. Эпикутикула тонка, устойчива к хлору, концентрированным кислотам и другим реактивам. В нее входят хитин, воски и др. Экзокутикула состоит из белковых соединений, а эндокутикула, основной слой чешушки, — из модифицированных белковых веществ. Эндокутикула обладает высокой хемостойкостью.

Корковый слой (кортекс) волокон шерсти состоит из веретенообразных клеток — надмолекулярных образований из фибрилл белка кератина, промежутки между которыми заполнены нуклепротеином и пигментом. Веретенообразные клетки — крупные надмолекулярные образования с заостренными концами, их длина до 90 мкм, размер поперечного сечения 4...6 мкм. В кератине коркового слоя могут встречаться паракортес и ортокортес. Паракортес по сравнению с ортокортесом содержит больше цистина, он тверже, более стоек к воздействию щелочи. В тонком пуховом волокне паракортес располагается с наружной стороны, а ортокортес — с внутренней.

Сердцевинный слой (медулла) занимает большую часть площади поперечного сечения в мертвом волосе и грубой ости. Рыхлый сердцевинный слой заполнен пластинчатыми клетками, расположенными перпендикулярно веретенообразным клеткам коркового слоя. Между клетками имеются промежутки (вакуоли), заполненные воздухом, жировыми веществами, пигментом.

Длина шерстяных волокон может существенно изменяться (в несколько десятков раз) даже в волосяном покрове одного животного. Стриженная мытая овечья шерсть, используемая в шерстяной промышленности как прядильное сырье, имеет различные градации длины, по которым определяется ее качество. Однородная тонкая шерсть может иметь среднюю длину 45...70 мм, полутонкая — 60...100, полугрубая — 90...120 и грубая — 150...190 мм. Полугрубая и грубая неоднородная шерсть характеризуется различными диапазонами длин (50...180 мм). Наиболее длинное шерстяное волокно имеют английские овцы мясных длинношерстных пород — линкольн, лестерской и др. Средняя длина волокон шерсти овец этих пород 150...200 мм, а иногда достигает 450 мм.

Длина шерстяных волокон во многом определяет систему их переработки (табл. 2.5).

Таблица 2.5

| Производство и система прядения | Длина волокна шерсти, мм |              |
|---------------------------------|--------------------------|--------------|
|                                 | однородной               | неоднородной |
| Валяльно-войлочное производство | 15...30                  | 30...80      |
| Аппаратная система прядения:    |                          |              |
| тонкой шерсти                   | 30...55                  | —            |
| грубой шерсти                   | —                        | 50...100     |
| Тонкогребенная система прядения | 55...90                  | —            |
| Грубогребенная система прядения | 90...300                 | 65 и выше    |

Разрывная нагрузка и удлинение при разрыве шерстяных волокон зависят от их вида и толщины. Наибольшую относительную прочность и удлинение имеют тонкие пуховые волокна. По мере увеличения сердцевинного слоя у более грубых и толстых волокон относительная разрывная нагрузка и удлинение при разрыве снижаются.

Типичные характеристики прочности волокон овечьей шерсти даны в табл. 2.6.

Таблица 2.6

| Волокна       | Линейная плотность $T$ , текс | Разрывная нагрузка $P_r$ , сН | Относительное удлинение $E_r$ , % |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Тонкой шерсти | 0,3...1                       | 6...12                        | 30...40                           |
| Грубой шерсти | 1,2...3                       | 20...35                       | 25...35                           |

Прочность волокон шерсти зависит от питания животного. Она невелика, если овцы были недокормлены и болели. На волокне от этого появляется утонение — дефект, называемый «голодной то-

ниной». В мокром виде прочность волокон шерсти снижается примерно на 30 %.

Особенностью механических свойств шерстяных волокон является их эластичность. Разрывное удлинение может достигать 60 %, и большая его часть является упругой и высокоэластической. Благодаря этому изделия из шерсти не сминаются и при эксплуатации долго сохраняют хороший внешний вид. Во влажном состоянии удлинение шерсти резко возрастает, упругость и эластичность снижаются.

Особенности строения и свойств волокон шерсти обеспечивают ее способность в процессе валки перемещаться, сцепляться и переплетаться под действием механических усилий во влажной среде при определенной температуре (30...45 °С). В итоге на поверхности изделий из шерсти образуется плотный войлокообразный застил. Валкоспособностью обладают только натуральные волокна шерсти.

Шелк может иметь вид волокна, элементарной нити, коконной нити и шелка-сырца. Первичной является коконная нить, выделяемая гусеницей бабочки-шелкопряда при заливке кокона.

Коконная нить состоит из двух элементарных нитей — шелковин, расположенных параллельно друг другу. Шелковины состоят из фиброина и окружены снаружи слоем склеивающего их серицина. Поперечное сечение шелковины имеет ширину 20...30 мкм, неравномерно по размерам и напоминает треугольник с закругленными вершинами или овал. В начале заливки кокона площадь поперечного сечения наибольшая, к концу — наименьшая. Длина шелковины 700...1200 м в зависимости от породы шелкопряда, условий выкармливания гусениц и других факторов. Поверхность шелковины имеет очень мелкие складки. Пучки фибрилл, составляющие ствол шелковины, располагаются вдоль ее оси. Микрофибриллы состоят из 20...30 макромолекул фиброина. Между пучками фибрилл имеются неплотности — продольные поры, занимающие 10...15 % объема шелковины. После химического воздействия (например, длительного отваривания в щелочной среде) фибриллярность шелковины легко увидеть под оптическим микроскопом. Окрашивающие коконную нить пигменты сосредоточены в основном в середине и в наружных слоях шелковины, за исключением зеленого пигмента, который проникает довольно глубоко в ее толщину. Одиночная коконная нить тонка (0,22...0,33 мтекс), неравномерна, имеет низкую прочность (6...9 сН) и поэтому ее используют для получения шелка-сырца.

Шелк-сырец получают при разматывании и соединении в одну нить 4...9 коконных нитей. Линейная плотность шелка-сырца 1,1...4,7 мтекс, разрывная нагрузка 440...1424 сН, разрывное удлинение 16...17 % и более.

Волокно шелка получают в основном из отходов кокономотания и шелкокручения, его свойства близки к свойствам элементарной шелковой нити.

Шелк отличается высокой гигроскопичностью, упругостью, приятным ощущением на ощупь (туше), хорошей окрашиваемостью, обладает хорошими механическими свойствами, красивым внешним видом. Однако затраты на его получение достаточно велики, поэтому по сравнению с другими натуральными волокнами шелк производится в относительно небольших количествах.

Лен, хлопок, овечья шерсть и шелк тутового шелкопряда являются наиболее распространенными натуральными волокнами, перерабатываемыми отечественной текстильной промышленностью. Сравнительная характеристика некоторых свойств этих волокон дана в табл. 2.7.

Ассортимент натуральных текстильных волокон формировался в течение многих столетий. В ближайшие годы трудно ожидать его существенного обновления. Также невозможно и значительное увеличение производства этих волокон, потому что существуют естественные ограничения площадей посева волокносодержащих растений и кормовой базы и условий содержания животных и насекомых, производящих натуральные волокна.

Таблица 2.7

| Волокно              | Плотность, г/см <sup>3</sup> | Линейная плотность, текс | Длина, мм | Относительная прочность, $P_{\text{от}}$ , сН/текс | Относительное разрывное удлинение, $E_{\text{р}}$ , % | Влажность, % |
|----------------------|------------------------------|--------------------------|-----------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------|
| Лен:                 | 1,54                         |                          |           |                                                    |                                                       | 10...12      |
| элементарное волокно |                              | 0,17...0,33              | 15...20   | 45...75                                            | 2...3                                                 |              |
| техническое волокно  |                              | 5...8                    | 500...700 | 40...60                                            | 2...3                                                 |              |
| Хлопок:              | 1,52                         |                          |           |                                                    |                                                       | 7...8        |
| средневолокнистый    |                              | 0,16...0,20              | 28...32   | 19...20                                            | 8...9                                                 |              |
| тонковолокнистый     |                              | 0,12...0,14              | 50...2000 | 15...20                                            | 25...35                                               |              |
| Шерсть:              | 1,32                         |                          |           |                                                    |                                                       | 13...16      |
| тонкая               |                              | 0,3...1                  | 50...100  | 20...25                                            | 30...40                                               |              |
| грубая               |                              | 1,2...3                  | 50...200  | 15...20                                            | 25...35                                               |              |
| Шелк:                | 1,25                         |                          |           |                                                    |                                                       | 10...11      |
| коконная нить        |                              | 0,22...0,33              | —         | 40...45                                            | 14...15                                               |              |
| шелк-сырец           |                              | 1,5...4,7                | —         | 25...42                                            | 16...17                                               |              |

Примечание. Данные таблицы приведены как ориентировочные и могут отличаться от норм действующих стандартов и технических условий.

## 2.4. ПРОИЗВОДСТВО, ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВА ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН И НИТЕЙ

Производство химических волокон и нитей осуществляется на специальных заводах химической промышленности и включает в себя следующие основные технологические процессы: получение исходного сырья, подготовку прядильной массы, формование (прядение), вытягивание и термофиксацию, отделку, подготовку к текстильной переработке.

**Исходное сырье** для искусственных волокон и нитей получают с заводов разных отраслей промышленности. Например, целлюлозу получают с хлопкоочистительных или целлюлозных заводов. Предварительная обработка заключается в очистке хлопковой целлюлозы, а также в ее химической обработке для превращения в новые полимерные вещества (ксантогенат целлюлозы, ацетилцеллюлозу), растворимые в широко применяемых растворителях.

Синтетические полимеры получают синтезом из простых веществ как на химических заводах, так и на заводах, вырабатывающих волокна и нити. Предварительной обработке синтетическое сырье, как правило, не подвергают.

**Подготовка прядильной массы** полимера необходима для перевода его в жидкое или размягченное состояние, при котором отдельные макромолекулы могут перемещаться и располагаться в требуемом порядке. Это достигается растворением, плавлением или размягчением исходного полимера. Первый способ применяют при производстве вискозных, ацетатных, медно-аммиачных, нитроновых и хлориновых волокон и нитей, второй — при получении капроновых, анидных и лавсановых волокон и нитей, а третий — при выработке полипропиленовых волокон и нитей.

**Прядильным раствором** называют концентрированный вязкий и очищенный от мелких примесей и пузырьков воздуха раствор полимера. Для различных исходных полимеров используют разные растворители, но все они должны удовлетворять следующим требованиям: иметь низкую стоимость, быть широко распространенными, малотоксичными, легко регенерирующимися, огнебезопасными. Предпочтительнее растворители с пониженной горючестью и воспламеняемостью. Обычно растворитель регенерируют и используют в производстве повторно, поэтому при регенерации не должно происходить химическое изменение или разложение растворителя.

Для формования нитей или волокон прядильный раствор продавливают через фильеры с отверстиями малого диаметра (0,05...0,1 мм). При засорении отверстий фильеры или прохождении через них пузырьков воздуха непрерывное истечение струйки

раствора прерывается и происходит обрыв нити. Во избежание этого раствор фильтруют 3...4 раза под давлением (4...25)10 Па. Чем больше вязкость раствора, тем под большим давлением его фильтруют. В качестве фильтрующих материалов чаще всего используют ткань и слои ваты. Пузырьки воздуха удаляются из раствора при его длительном выдерживании в аппарате для обезвоздушивания под вакуумом или без него. При этом пузырьки воздуха постепенно всплывают на поверхность раствора и, лопаясь, удаляются из него.

Прядильные растворы характеризуются двумя основными показателями — вязкостью и концентрацией полимера в растворе. Существуют оптимальные концентрации и вязкость прядильного раствора для волокон и нитей различных видов.

При синтезе полиамидов и полиэфиров на заводах химических волокон получают готовые *расплавы полимеров*, из которых формируют нити. В этом случае синтез полимера и формование составляют единый непрерывный процесс. Если полимер поступает на завод в виде отдельных партий гранул, то их смешивают для получения равномерного расплава полимера и загружают в плавильную головку. Ее продувают инертным газом для удаления кислорода воздуха, который может вызвать деструкцию нагретого полимера. При соприкосновении с трубчатой решеткой, нагретой теплоносителем, полимер плавится и стекает вниз, образуя расплав. Так как расплав имеет высокую температуру (260...320 °C), его фильтруют через несколько слоев кварцевого песка и металлические сетки непосредственно перед поступлением на фильеру. Примерно по такой же схеме происходит и размягчение полимера при формовании из него волокон и нитей.

**Формование нитей, жгута и волокон** заключается в равномерной дозированной подаче, фильтрации и продавливании прядильного раствора или расплава через отверстия фильеры, затвердевании вытекающих струек, вытягивании и наматывании получающихся нитей на приемные приспособления или соединении их в жгут, иногда разрезаемый на волокна.

Общая схема формования химических волокон приведена ниже.

Существует несколько способов формования химических волокон и нитей, из которых «классическими» считаются три: 1) из раствора мокрым способом; 2) из раствора сухим способом; 3) из расплава или размягченного полимера.

При формовании нитей *мокрым способом* (вискозных, медно-аммиачных, нитроновых, поливинилспиртовых, хлориновых и др.) вытекающие из фильеры струйки поступают в раствор осадительной ванны, где происходит физико-химический процесс высаживания полимера (затвердевание струек и превращение их в нити), а иногда и химическая реакция его с компонентами ванны, приво-



дящая к изменению состава полимера. При однованном формовании высаживание полимера и химическая реакция происходят одновременно в одной осадительной ванне, при двухванном осаждение происходит в первой ванне, а изменение химического состава полимера — во второй.

Элементарные нити, выходящие из одной фильеры осадительной ванны, соединяются, вытягиваются и поступают в приемное устройство, имеющее вид бобины, или на центрифугу. В первом случае комплексная нить только наматывается, а во втором — скручивается и наматывается.

*Сухим способом* формируют ацетатные, а иногда нитроновые нити и волокна. При повышенной температуре воздуха у струек, вытекающих из отверстий фильеры, испаряется растворитель. При этом образуются нити, которые замасливают для уменьшения электризуемости и наматывают на бобину. Химический состав полимера при этом не изменяется. Для полного улавливания и регенерации испаряющегося растворителя нити формируют в специальной шахте.

Формовать нити *из расплава* можно только для полимеров, плавящихся без разложения. Этот способ применяют при производстве полиамидных, полиэфирных, полиолефиновых и других нитей. Формование из расплава имеет преимущества перед формованием из растворов: во-первых, из технологического процесса

исключаются растворение и обезвоздушивание прядильного раствора, а также регенерация раствора осадительной ванны или растворителя; во-вторых, обеспечивается высокая скорость формования (500...1200 м/мин), в 5...10 раз превышающая скорость при мокром формовании и в 1,5...2 — при сухом формовании. В 1995—2000 гг. доля химических волокон, полученных формованием из расплава и размягченного полимера, составляла около 80 %. При формовании волокон и нитей из *размягченного полимера* или из очень вязкого расплава используют прядильные головки экструдерного типа.

Сформованные элементарные химические нити могут соединяться в общий жгут и использоваться для получения штапельных волокон или выпускаться в виде комплексной нити.

При выработке комплексных нитей увеличение числа отверстий в фильере ограничено, так как оно увеличивает толщину нитей. При формовании жгута такого ограничения нет, число отверстий в каждой фильере может достигать 12 000...15 000 вместо 10...100 при формовании комплексных нитей. Производительность оборудования, вырабатывающего жгут, во много раз выше производительности машин, вырабатывающих комплексные нити, а себестоимость жгута или волокна ниже, чем нитей.

**Вытяжка и термофиксация** применяются после формования для упорядочения и ориентации структурных элементов элементарных нитей за то время, пока полимер находится в пластическом состоянии. Необходимое для этого ослабление межмолекулярных связей достигается повышением температуры, приводящим к пластификации полимерного вещества нитей. Вследствие вытяжки структурные элементы волокнообразующего полимера распрямляются, ориентируются в осевом направлении, а вытянутая нить из-за усиления межмолекулярных связей сблизившихся макромолекул становится более прочной.

Устойчивое упрочнение нитей не может быть достигнуто при сравнительно небольшой фильерной вытяжке. Необходимого упрочнения нити при минимальном снижении ее растяжимости достигают при значительной вытяжке нити на прядильной машине при формовании мокрым способом или на крутильно-вытяжной машине после формования сухим способом из раствора или расплава. Машины для вытягивания жгута часто входят в состав агрегата для получения волокон. Нити из термопластических полимеров (полиамидные, полиэфирные, полиолефиновые) вытягивают при нормальной или повышенной температуре, а нити из жестких полимеров (вискозные, полиакрилонитрильные и др.) — при повышенной температуре и пластификации.

Для снятия (релаксации) возникших при вытягивании и скручивании напряжений и уменьшения последующей усадки нити

подвергают термофиксации при температуре, которая должна быть выше температуры эксплуатации изготовленных из них изделий. Для этого нити на перфорированных бобинах обрабатывают паром в автоклавах. Термофиксацию жгута осуществляют, пропуская его между нагретыми поверхностями, а резаного волокна — обработкой горячей водой. При термофиксации нитей без натяжения значительно повышается их удлинение и несколько снижается прочность. Если вытянутую нить термофиксируют в напряженном состоянии, то ее удлинение возрастает в меньшей степени и прочность не уменьшается, а у нитей из кристаллизирующихся полимеров даже несколько увеличивается, что объясняется дополнительной ориентацией макромолекул в аморфных участках полимера.

В большинстве случаев химические нити и волокна не могут быть использованы непосредственно после формования для изготовления тканей и трикотажных полотен и подвергаются дополнительной обработке — *отделке*. Ее целью являются удаление примесей, оставшихся после формования, и придание нитям и волокнам некоторых свойств: белизны, мягкости, меньшей электризуемости и др. Отделка положительно влияет на последующие процессы переработки нитей и волокон.

Примеси и загрязнения, имеющиеся на элементарных нитях при мокром формовании, удаляются промывкой в воде и различных растворах. Как правило, нити, формируемые сухим способом, не имеют примесей, поэтому такие нити не промывают.

Отбеливание нитей применяют перед их окрашиванием в светлые и яркие цвета. При окрашивании прядильного раствора или расплава необходимость в отбеливании отпадает.

Поверхностная обработка заключается в нанесении на нити веществ в виде замасливателей, авиважных средств (эмульсий), шлихты (клея), антистатических и других препаратов для улучшения условий текстильной переработки и придания специфических свойств (мягкости, гидрофобности, электропроводности и т. д.).

Сушка нитей необходима после обработки водой и разными растворами. При непрерывном процессе нить сушится на роликах или цилиндрами, обогреваемыми изнутри паром или водой. Нити в паковках, резаное волокно или жгуты сушат в сушильных машинах. Предварительно из волокна и жгута отжимают избыточную влагу.

**Подготовка к текстильной переработке**, последний этап производства, может состоять из следующих процессов: скручивания, вытягивания, фиксации крутки, усаживания и перематывания. Для некоторых нитей отдельные процессы могут быть исключены. Например, вискозные нити не вытягивают — вытягивание осуществляется при формовании. Иногда нити из термопластических полимеров (полиамидные, полиэфирные, полипропиленовые и др.) дополнительно подвергают текстурированию для придания им из-

витости, растяжимости, объемности (рыхлости) и других свойств. Подготовка к текстильной переработке жгута заключается также в его гофрировании и резке.

Скручивание необходимо для соединения элементарных нитей в одну толстую и прочную комплексную нить и изменения ее свойств в соответствии с предъявляемыми требованиями. Так как с увеличением крутки снижается производительность машин, на химических заводах иногда выпускают нити с пониженной круткой ( $K = 10...40$  кр/м), а обычно с круткой  $K = 50...250$  кр/м. Для некоторых тканей, например креповых, необходимы нити с высокой круткой ( $K = 1500...2500$  кр/м). Такие нити вырабатывают на крутильных фабриках. При выработке синтетических термопластичных нитей их подвергают многократному (чаще двукратному) скручиванию, причем одно из них сочетают с вытягиванием нити. Многократное скручивание нити в разных направлениях придает ей равновесность, т.е. состояние минимального напряжения в скрученном состоянии.

Методы производства многотоннажных химических волокон и нитей постоянно совершенствуются. Основными приоритетными направлениями такого совершенствования являются:

создание экономически чистых производств с максимальным рециклингом материалов и химикатов;

интенсификация основных процессов формования и отделки нитей;

применение бионики (действия живых организмов в природе).

При производстве химических волокон и нитей широко используют различные методы их модификации в целях регулирования их свойств.

Ниже приведены некоторые методы модификации многотоннажных химических волокон и нитей и достигаемые при этом эффекты.

| <i>Метод модификации</i>                                               | <i>Достижимый эффект</i>                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Изменение условий вытягивания и термообработки                         | Изменение физико-механических свойств волокон                                                  |
| Текстурирование нитей                                                  | Придание извитости, объемности волокнам и комфортности изделиям                                |
| Получение микроволокон                                                 | Увеличение кроющей способности волокон, изменение грифа и повышение комфортности изделий       |
| Получение профилированных волокон                                      | То же, а также улучшение сцепляемости волокон в текстильных изделиях                           |
| Введение активных групп путем сополимеризации или химической обработки | Придание волокнам повышенной окрашиваемости, гидрофильности, огнестойкости, биостойкости и др. |
| Введение дисперсных добавок и красителей                               | Получение матированных окрашенных в массу волокон, придание изделиям специфических свойств     |
| Получение бикомпонентных волокон                                       | Придание извитости, объемности волокнам и комфортности изделиям                                |

Для получения химических волокон третьего поколения применяют методы глубокой модификации. Некоторые из этих методов приведены ниже.

| <i>Метод глубокой модификации</i>                                                                                     | <i>Достижимый эффект</i>                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Введение сажи, дисперсных частиц металлов или других электропроводных частиц                                          | Устойчивая электропроводность волокон                                                                                      |
| Введение дисперсных биологически активных препаратов                                                                  | Биологически активные волокна, в том числе медицинского назначения                                                         |
| Введение соединений тяжелых металлов в виде дисперсий                                                                 | Волокна, защищающие от проникающей радиации                                                                                |
| Введение дисперсного карбида циркония                                                                                 | Теплообразующие волокна, преобразующие солнечную радиацию в инфракрасное излучение                                         |
| Введение микрокапсулированных эфирных масел                                                                           | «Парфюмерные» волокна со стабильным запахом духов, цветов и т. п.                                                          |
| Введение спиртооксазиновых соединений                                                                                 | Фотохромные волокна-«хамелеоны», меняющие цвет в зависимости от интенсивности солнечной радиации                           |
| Введение микрокапсулированных термотропных холестерических жидких кристаллов или термотропных красителей              | Термохромные волокна-«хамелеоны», меняющие цвет в зависимости от температуры окружающей среды                              |
| Введение ионообменных функциональных групп                                                                            | Волокна — катионо-, анионо- и амфотерные ионообменники                                                                     |
| Присоединение ионосвязанных лекарственных препаратов или других биологически активных веществ к ионообменным волокнам | Волокна с пролонгированным лекарственным действием или биологически активные                                               |
| Присоединение ионов тяжелых металлов к ионообменным волокнам                                                          | Волокна, защищающие от проникающей радиации                                                                                |
| Карбонизация гетероцепных и полиакрилонитрильных волокон                                                              | Углеродные волокна (с высокими показателями механических свойств, устойчивые к действию химикалий, электропроводные и др.) |

**Особенности строения и свойства** химических волокон полностью определяются составляющим их высокомолекулярным веществом, методами производства и модифицирования.

На рис. 2.8 показаны продольный и поперечный вид многотоннажных химических волокон, получивших наибольшее распространение в текстильной промышленности, а в табл. 2.8 даны некоторые показатели их качества.

**Полиэфирные волокна (PE)**, в разных странах имеющие разные названия (лавсан в России, терилен в Великобритании, дакрон в США и т. д.), получают из расплава синтетического полимера полиэтилентерефталата. Поверхность волокон гладкая, а форма по-

Синтетические волокна

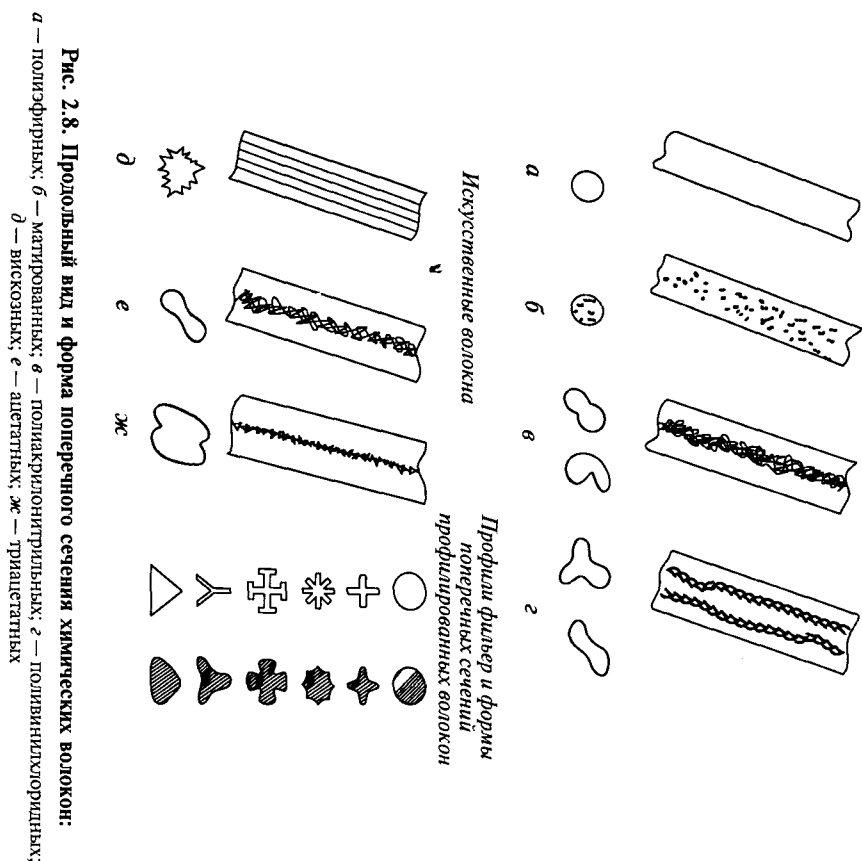


Рис. 2.8. Продольный вид и форма поперечного сечения химических волокон:

а — полиэфирных; б — матированных; в — полиакрилонитрильных; г — поливинилхлоридных; д — вискозных; е — ацетатных; ж — триацетатных

перечного сечения приближается к правильной окружности трапециевидных волокон. Волокно производится в резаном виде, в форме жгута, извитое, блестящее и матированное. Для получения последнего в полимер добавляют частицы диоксида титана, которые создают эффект рассеянного отражения света от поверхности. Волокно вырабатывают различной линейной плотности и длины в зависимости от назначения. Его используют для выработки текстильных изделий бытового и технического назначения. Широко распространено вложение полиэфирных волокон в смесь других, особенно натуральных, существенно улучшающее качество выработанных из нее текстильных изделий (повышающее износостой-

Таблица 2.8

| Волокна               | Плотность, г/см <sup>3</sup> | Линейная плотность, текс | Длина, мм | Относительная прочность, сН/текс | Относительное разрывное удлинение, % | Стойкость к изгибам, тыс. цикл. | Стойкость к истиранию, тыс. цикл. | Влажность, % | Температура размягчения, °С | Хемотроексть   |                                        |                                              |
|-----------------------|------------------------------|--------------------------|-----------|----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--------------|-----------------------------|----------------|----------------------------------------|----------------------------------------------|
|                       |                              |                          |           |                                  |                                      |                                 |                                   |              |                             | к щелочам      | к минеральным кислотам (например, НСl) | к органическим кислотам (например, уксусной) |
| Синтетические волокна |                              |                          |           |                                  |                                      |                                 |                                   |              |                             |                |                                        |                                              |
| Полиэфирные           | 1,38                         | 0,17...0,72              | 35...100  | 36...48                          | 30...55                              | 20...60                         | 2...4                             | 0,5...2      | 240                         | P <sub>c</sub> | P <sub>k</sub>                         | H                                            |
| Полипропиленовые      | 0,91                         | 0,3...0,6                | —         | 30...45                          | 60...90                              | >100                            | —                                 | 0            | 130                         | H              | H                                      | H                                            |
| Полиамидные           | 1,14                         | 0,17...1,1               | 35...110  | 30...45                          | 40...100                             | 800...1500                      | 8...10                            | 3...5        | 170...235                   | H              | P <sub>c</sub>                         | P <sub>k</sub>                               |
| Полиакрилонитрильные  | 1,18                         | 0,33...0,8               | 33...95   | 20...30                          | 30...45                              | 16...65                         | 0,1...0,2                         | 1,5...2      | 190...220                   | P <sub>c</sub> | H                                      | H                                            |
| Поливинилхлоридные    | 1,38                         | 0,2...0,5                | 38...95   | 25...35                          | 25...40                              | 30...200                        | —                                 | 0...0,1      | 60...90                     | H              | H                                      | H                                            |
| Поливинилспиртовые    | 1,28                         | 0,17...0,67              | 38...65   | 30...40                          | 20...27                              | 200...1200                      | —                                 | 5...6        | 150...160                   | H              | H                                      | P                                            |
| Искусственные волокна |                              |                          |           |                                  |                                      |                                 |                                   |              |                             |                |                                        |                                              |
| Вискозное             | 1,5                          | 0,17...0,56              | 38...120  | 16...25                          | 13...26                              | 7...16                          | 0,8...1                           | 13...14      | 180...200*                  | P <sub>k</sub> | P                                      | H                                            |
| Полинозное            | 1,56                         | 0,13...0,17              | 38...65   | 36...40                          | 8...13                               | 4...15                          | —                                 | 13...14      | 180...220*                  | P <sub>k</sub> | P                                      | H                                            |
| ВВМ                   | 1,52                         | 0,13...0,17              | 38...120  | 31...40                          | 16...20                              | 1...2                           | —                                 | 13...14      | 180...220*                  | P <sub>k</sub> | P                                      | H                                            |
| Ацетатное             | 1,32                         | 0,30...0,7               | 38...65   | 15...18                          | 22...30                              | —                               | —                                 | 6...8        | 200...240                   | P <sub>k</sub> | P                                      | P <sub>k</sub>                               |
| Триацетатное          | 1,3                          | 0,33...0,67              | 65        | 11...13                          | 8...13                               | 30...70                         | 0,4...0,6                         | 4...5        | 230...250                   | —              | P <sub>k</sub>                         | P                                            |

Примечания. 1. Количественные данные таблицы приведены как ориентировочные и могут отличаться от норм действующих стандартов и технических условий. 2. Условные обозначения: Н — не растворяются; П — плохо растворяются; Р — растворяются; «с» в индексе — данные для слабого раствора; «к» в индексе — для крепкого раствора.

\* Температура разложения (разрушения).

кость, несминаемость, усадку и т. п.). Микродобавки (до 5 %) РЕ волокон к натуральным снижает обрывность при прядении, способствует получению пряжи и текстильных изделий более высокого качества. Микродобавки должны быть равномерно распределены по всей длине и толщине пряжи.

РЕ волокна имеют плотность около  $1,38 \text{ г/см}^3$ . Элементы структуры волокна хорошо ориентированы и имеют высокую степень упорядоченности, благодаря чему волокна обладают достаточно высокими показателями механических свойств: прочности, растяжимости, упругости, стойкости к многократным деформациям растяжения и изгиба, износостойкости и т. п. Волокна устойчивы к действию влаги, температуры, света, концентрированных растворов органических кислот, щелочей и минеральных кислот умеренной концентрации при комнатной температуре, однако полностью разрушаются при воздействии серной и азотной кислот высокой концентрации, а также при кипячении в концентрированных растворах щелочей.

Основными недостатками полиэфирных волокон являются низкая гигроскопичность (из-за которой они плохо окрашиваются) и повышенная электризуемость, что создает некоторые проблемы при переработке и эксплуатации изготовленных из этих волокон изделий (например, высокий электрический заряд, приводящий к «налипанию» волокон на рабочие органы технологического оборудования). Для снижения влияния этих недостатков используют специальную обработку, повышающую гигроскопичность волокон, применяют антистатические препараты и модифицируют полиэфирные волокна (известно около 70 модификаций полиэфирных волокон), в том числе выпускают так называемые профилированные волокна, для чего изменяют форму фильера и получают волокна с поперечным сечением различных конфигураций.

Этот прием используют и при производстве других химических волокон.

*Полипропиленовые волокна (PP)* по объему производства и использования в текстильной промышленности к концу XX в. вышли на второе место после полиэфирных. Получают PP волокна из расплава в виде элементарных нитей или штапельного волокна. Широкое распространение получило изготовление так называемых фибриллирующих (расщепляющих) PP волокон и нитей из полипропиленовой пленки, используемых преимущественно для технических целей при изготовлении паковочных тканей и шпагата.

Полипропиленовые волокна имеют гладкую поверхность и форму поперечного сечения, близкую к кругу. Они могут также производиться матированными и полуматированными с поперечным сечением различной конфигурации.

Особенностью PP волокон являются их легкость (плотность  $0,91 \text{ г/см}^3$ ), обеспечивающая их плавучесть. Благодаря этому PP волокна используют для изготовления нетонущих рыболовных снастей. Еще одна особенность PP волокон заключается в их высокой хемостойкости. Они устойчивы к действию разбавленных и концентрированных кислот и щелочей и широко используются в химической промышленности для изготовления различных фильтровальных и других материалов. Вода даже при высокой температуре не оказывает существенного влияния на свойства PP волокон.

Хорошая ориентация структуры PP волокон (степень кристалличности до 75 %) обеспечивает достаточно высокие показатели их механических свойств, что и позволяет перерабатывать их в смеси с другими волокнами (натуральными и химическими) для производства текстильных изделий бытового назначения (ковров, одеял, пледов, тканей, трикотажных изделий и т. п.).

Основными недостатками PP волокон являются «нулевая» гигроскопичность и низкая устойчивость к фотоокислительной деструкции (действию светопогоды). Для повышения термо- и светостойкости полипропилена в его состав входят антиоксиданты, замедляющие термо- и фотоокислительную деструкцию.

Область применения полипропиленовых волокон постоянно расширяется. Появляются принципиально новые текстильные изделия из этих волокон и нитей.

К *полиамидным волокнам (РА)* относятся: капрон (Россия), нейлон (США, Великобритания), перлон (Германия), рилсан (Франция) и др. Они представляют большую группу волокон, основой которых являются полимеры, содержащие многократно повторяющиеся амидные группы  $-\text{CO}-\text{NH}-$ .

Для производства РА волокон используют более 10 видов синтетических полиамидов, исходным сырьем для получения которых являются продукты перегонки угля и нефти (фенол, бензол, этилен и др.). Волокна и нити формуют из расплава сухим способом и выпускают в виде штапельных волокон, а также комплексных и элементарных нитей. В процессе формования и далее полиамидные волокна подвергаются сильному вытягиванию. При этом макромолекулы полимера распрямляются и ориентируются в продольном направлении. Поэтому РА волокна имеют высокие показатели механических свойств. Внешний вид и строение полиамидных волокон аналогичны внешнему виду и строению полиэфирных. РА волокна могут также выпускаться профилированными и матированными для улучшения некоторых показателей качества изготовленных из них текстильных изделий.

Полиамидные волокна устойчивы к действию микроорганизмов, воды и щелочей при комнатной температуре, но неустойчи-

вы к действию минеральных кислот. Они довольно хорошо окрашиваются и являются термопластичными, что позволяет задавать им, а затем фиксировать определенную форму.

К недостаткам полиамидных волокон следует отнести низкую гигроскопичность (4,5...5 %), повышенную электризуемость, недостаточную светостойкость и термостойкость. При температуре 100 °С и выше происходит ухудшение механических свойств, при 170...235 °С — размягчение, а при 215...235 °С — плавление.

Полиамидные волокна широко используются в текстильной промышленности. Их высокая прочность и упругость, износоустойчивость и относительно малая плотность (1,14 г/см<sup>3</sup>) позволяют перерабатывать их как в чистом виде, так и в смеси с другими волокнами и выпускать из них разнообразные изделия бытового и технического назначения. Микродобавки до 10 % полиамидных волокон к натуральным облегчают прядение и улучшают свойства изготовленных из них изделий. Для технических целей выпускают модифицированные полиамидные волокна и нити, обладающие высокими физико-механическими показателями, термо- и огнестойкостью.

*Полиакрилонитрильные волокна (PAN)*, в том числе нитрон (Россия), орлон (США), дралон (Германия), крилон (Франция) и др., изготавливают из синтетических сополимеров акрилонитрила с другими мономерами. Исходными соединениями, из которых получают акрилонитрил, являются ацетилен и синильная кислота. Формование PAN волокон осуществляется из растворов как сухим, так и мокрым способом. Волокно, полученное сухим способом, формуют из концентрированных растворов, содержащих 28...30 % полимера, а мокрым способом — из растворов, содержащих 16...20 % полимера. После формования волокно подвергается сильному вытягиванию (в 5...12 раз).

Полиакрилонитрильные (акриловые) волокна имеют поперечное сечение неправильной формы, могут выпускаться гладкими и матированными, в виде штапельных волокон и непрерывных нитей. Для придания волокнам безусадочности и извитости их подвергают термofиксации при температуре 100...110 °С, а затем запаривают в автоклаве под давлением.

Полиакрилонитрильные волокна имеют сравнительно невысокую плотность (1,17 г/см<sup>3</sup>), обладают хорошими механическими свойствами, но сравнительно жестки и хрупки, поэтому не особенно устойчивы к истиранию. Они термопластичны и в то же время термостойки (сохраняют прочность при нагревании до температуры 180 °С). Волокна обладают повышенной светостойкостью, но малой способностью поглощать влагу (1...1,5 %) и относительно небольшой хемостойкостью, трудно окрашиваются и значительно электризуются, поэтому требуют повышенного внимания при переработке, особенно в чистом виде.

Извитые штапельные PAN волокна имеют шерстоподобный вид и широко используются для выработки различных текстильных изделий бытового назначения как в чистом виде, так и в смеси с другими волокнами, особенно с шерстью.

Для улучшения физических и механических свойств PAN волокна подвергаются различным видам модификации, главным образом для повышения способности к влагопоглощению и окрашиваемости.

Полиэфирные, полипропиленовые, полиамидные и полиакрилонитрильные синтетические волокна составляют более 90 % всех химических волокон, перерабатываемых в текстильной промышленности. Другие виды синтетических волокон (поливинилхлоридные, поливинилспиртовые, полиуретановые, углеродные волокна и нити и др.) для выработки текстильных изделий используются в меньшей степени.

*Поливинилхлоридные волокна (PVC)*, такие, как хлорин (Россия), термовиль (Франция), саран (США), мовиль (Италия) и др., используют в чистом виде и в смеси с натуральными волокнами для производства фильтровальных тканей, сукон, трикотажного лечебного белья. Последнее обусловлено тем, что PVC волокна способны сильно электризоваться, а электростатические заряды оказывают лечебное воздействие при болезнях суставов.

*Поливинилспиртовые волокна (PVA)* — винол (Россия), куранон, винилон (Япония), винан (США) и др. — являются наиболее дешевыми из синтетических волокон и выделяют сравнительно высокие (до 5 %) поглощением влаги. Они используются для выработки тканей, бельевого трикотажа, одеял, ковров, а также для различных технических целей.

Известно волокно из поливинилового спирта, растворимое в воде. Такие волокна пробовали использовать в смеси с другими, например шерстяными, для получения пряжи малой линейной плотности. В процессе отделки PVA волокна вымываются из пряжи в результате растворения.

*Полиуретановые волокна и нити (PU)*, получаемые из блочных полимеров, обладают большими гибкостью и растяжимостью, высокоэластичны, имеют очень большое (до 800 %) разрывное удлинение, сравнительно невысокую прочность и влажность (до 1 %). Они известны под названиями лайкра, варен, спандекс и др. Их широко используют для производства различных текстильных изделий бытового, спортивного и медицинского назначения, где требуются хорошая формоустойчивость и высокая эластичность.

*Углеродные (графитовые) волокна и нити* получают из веществ, по составу приближающихся к чистому углероду. Особенности этих волокон являются высокая термостойкость (они сохраняют свои свойства при температуре 400 °С и более), хемостойкость,

значительная прочность (разрывное напряжение 1 МПа и более), малое разрывное удлинение (0,5...0,8 %). Эти волокна и нити используют для различных текстильных изделий преимущественно технического назначения.

Искусственные химические волокна, которые раньше, чем синтетические, получили широкое распространение в текстильной промышленности, в настоящее время значительно утратили свои позиции и занимают в общем объеме производства химических волокон лишь 4,5 %. Это объясняется тем, что по многим физико-механическим показателям искусственные химические волокна уступают синтетическим, а их производство более экологически опасно. В то же время некоторые искусственные химические волокна имеют и преимущества перед синтетическими. Например, искусственные волокна, для производства которых используется растительное сырье, обладают хорошей влагопоглощаемостью, близкой к влагопоглощаемости натуральных волокон, что обеспечивает высокие гигиенические показатели изготовленных из них текстильных изделий. Кроме того, сырьевая база для производства искусственных волокон в отличие от базы для производства синтетических является возобновляемой, причем в сравнительно короткие сроки. Поэтому искусственные химические волокна на основе природных растительных ресурсов (целлюлозы) имеют хорошие перспективы развития.

В текстильной промышленности получили наибольшее распространение искусственные химические волокна на основе гидратцеллюлозы (вискозные и их модификации) и ацетицеллюлозы (ацетатные и триацетатные).

*Вискозные волокна (VI)* получают из прядильного раствора вискозы (ксантогената древесной целлюлозы, растворенной в разбавленном растворе NaOH). Для уменьшения блеска волокна в вискозу вводят матирующее вещество — диоксид титана. Формование волокон, нитей или жгута осуществляется мокрым способом, по которому вязкий прядильный раствор вискозы продавливается через отверстия фильеры, откуда он тонкими струйками попадает в осадительную ванну, содержащую раствор основного компонента — серной кислоты, а также растворы сульфатов натрия и сульфатов цинка, используемых как замедлители. Раствор проникает в струйки вискозы, вызывает ее коагуляцию (затвердевание) и разложение ксантогената с восстановлением целлюлозы. В результате образуется гидратцеллюлоза и выделяется сероуглерод. Затвердевание вискозы происходит постепенно, от внешних слоев волокна к внутренним. Под действием атмосферного давления верхние слои вдавливаются во внутренние, поперечное сечение волокна становится «сморщенным», а на поверхности волокна появляются частые продольные линии. Все эти особенности присущи строению вискозных волокон.

При выработке вискозных волокон и нитей благодаря разной вытяжке на пути от осадительной ванны до приемного механизма получают обыкновенные, упрочненные и высокопрочные нити, а также вискозное высокомодульное волокно (ВВМ). Разработаны технологии получения вискозных волокон окрашенных в массу, а также извитых, модифицированных, текстурированных и т. п. нитей.

Вискозное волокно имеет плотность 1,50 г/см<sup>3</sup>, среднюю прочность, достаточное удлинение, невысокую стойкость к многократным деформациям и истиранию, хорошие гигроскопичность (7...12 %) и светостойкость. Основным недостатком вискозных волокон является существенное ухудшение их механических свойств в мокром состоянии.

При крашении в массу в прядильный раствор добавляют высокопрочный краситель и получают волокна и нити, равномерно и устойчиво окрашенные, что упрощает их последующую переработку.

Для получения извитого волокна при его формовании создают разные напряжения во внешних и центральных слоях, вследствие чего при последующих вытягивании и усаживании образуются устойчивые извитки.

Упрочненные полинозные и прочные высокомодульные вискозные волокна и нити получают из высококачественной целлюлозы и формуют, используя двухваннный способ. Полинозные волокна отличаются высокой прочностью и в сухом, и в мокром виде, пониженным удлинением, высоким модулем жесткости, хорошей стойкостью к щелочным обработкам. Высокомолекулярные волокна, как и полинозные, имеют высокую прочность и более низкое, чем обычное вискозное волокно, удлинение.

Преимущества ВВМ перед полинозными состоит в пониженной обрывности при прядении и лучшей стойкости к истиранию.

Химическая модификация вискозных волокон заключается в прививке к ним различных веществ. Например, волокно мтилон (начальные буквы Московского текстильного института) производится прививкой вискозным волокнам полиакрилонитрила. Волокно мтилон устойчиво к действию микроорганизмов, солнечного света, а по внешнему виду и грифу приближается к шерсти.

Для получения текстурированных вискозных нитей свежесформованные ксантогенатные нити сначала скручивают, а затем, когда в них завершается регенерация целлюлозы, раскручивают. Благодаря этому получают объемные текстурированные нити.

Вискозные волокна и нити в чистом виде и в смеси с другими волокнами широко используются в текстильной промышленности для изготовления бытовых и технических изделий разнообразного ассортимента.

Из полинозных волокон и ВВМ, а также из их смеси с хлопковым волокном получают тонкие ткани улучшенного качества. Полинозные волокна применяют также для выработки бельевого и спортивного трикотажа и технических тканей различного назначения.

Химически модифицированные вискозные волокна используют в медицине, для изготовления спецодежды, огнестойких и хемотстойких изделий, в ковровом производстве и т. п.

Технология производства гидратцеллюлозных волокон постоянно совершенствуется. Появились принципиально новые технологии получения этих волокон, позволяющие в десятки раз сократить расход химических веществ и решить проблему рециклинга технологических жидкостей. Волокна, получаемые с помощью таких технологий, имеют названия лиоцелла и карбацел.

*Ацетатное (АС) и триацетатное (ТА) волокна* получают из ацетилцеллюлозы (сложного эфира целлюлозы и уксусной кислоты), исходным сырьем для которой служит очищенный хлопковый пух или облагороженная древесная целлюлоза. Формование ацетилцеллюлозных нитей, жгута и волокон осуществляется сухим способом в шахте с подогреваемым воздухом. Испарившийся растворитель поступает на регенерацию. Технологический процесс производства волокон и нитей отличается относительной простотой, безвредностью и доступностью вспомогательных материалов. Триацетатные волокна могут формоваться мокрым способом по двум схемам: по первой применяют раствор триацетатцеллюлозы в смеси метилхлорида и спирта, а осадительной ванной служит метиловый спирт, по второй используют растворы триацетатцеллюлозы в ацетилирующей смеси, а в качестве осадительной ванны применяют водный раствор уксусной кислоты. Ацетатные и триацетатные волокна отличаются друг от друга числом гидроксильных групп, замещенных в целлюлозе уксусным ангидридом.

АС и ТА волокна и элементарные нити имеют поперечное сечение неправильной формы и характерные продольные полосы. Плотность вещества волокон  $1,3...1,32 \text{ г/см}^3$ , прочность меньше, чем у вискозных. Они поглощают меньше влаги и сохраняют механические свойства в мокром состоянии лучше, чем вискозные волокна и нити. Основным недостатком ацетилцеллюлозных волокон является повышенная электризуемость, затрудняющая их переработку и применение.

Ацетатные и триацетатные волокна и нити в чистом виде и в смеси с другими волокнами используют для изготовления платьевых и рубашечных тканей, трикотажных полотен, а также для некоторых технических целей. Например, ацетатные волокна применяют для сигаретных фильтров, триацетатные нити — для электроизоляции.

Производство и текстильная переработка других искусственных химических волокон из органических соединений существенно сокращаются или полностью прекращены по разным причинам, например из-за того, что для получения медно-аммиачных волокон требуется цветной металл медь, а белковых — некоторые продукты питания (молоко, кукурузные зерна, арахис и соевые бобы и т. п.).

Искусственные неорганические волокна и нити получают из металлов, в том числе цветных и драгоценных, из базальтовых соединений, известняка и других природных материалов. Для получения используют литье, волочение, распыление, разрезание, строгание, раздув и другие специальные технологии. Область применения таких волокон и нитей весьма разнообразна: от текстильных изделий бытового назначения (декоративных тканей и трикотажа), smart (умного)-текстиля, продукции технического и специального назначения до космических технологий. Например, трикотажные изделия из металлических нитей широко используются для антенн космических кораблей.

Строение и свойства таких искусственных волокон и нитей обусловлены областью их применения.

Химические волокна, безусловно, — настоящая и будущая сырьевая база для текстильной промышленности, но при обязательном наличии натуральных текстильных волокон и оптимальном соотношении с ними.

## 2.5. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОЛОКОН И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Показатели качества — количественные характеристики свойств волокон кроме общепринятой классификации можно разделить на две группы. К первой относятся показатели, которые используют при контроле и оценке качества волокон по стандартам, ко второй — показатели, применяемые при исследовании и сравнительной оценке различных свойств текстильных волокон.

Для большинства волокон в стандартах установлены в качестве обязательных требования к следующим свойствам и показателям.

*Геометрические свойства* — толщина и длина волокон. У льняных волокон косвенным показателем их толщины являются гибкость и степень расщепленности. К геометрическим свойствам относятся также такие показатели, как извитость (химических) и зрелость (хлопковых) волокон.

*Механические свойства* — полуцикловые разрывные характеристики при растяжении (разрывная нагрузка и удлинение при разрыве). Для шерстяных волокон требования к механическим свой-

ствам в стандартах не предусмотрены, за исключением экспертной оценки потери прочности у дефектной шерсти отдельных видов. У волокон нитрона нормируется коэффициент сохранения разрывной нагрузки при разрыве петлей, характеризующий «ломкость» волокон.

К *физическим свойствам* относятся белизна и усадка лавсановых и нитроновых волокон.

Для окрашенных волокон устанавливаются нормы прочности окраски и ограничивается степень разнооттеночности.

Для всех волокон в стандартах даны нормы кондиционной (нормированной) влажности и предельная фактическая влажность.

Из внешних признаков в стандартах предусмотрены оценка по эталонам и органолептическая оценка, например степени рассыпчатости химических волокон, а также содержания пороков и неволоконистых включений, в том числе жира у шерсти и замасливателя у химических волокон. Нормы по перечисленным выше показателям устанавливаются в виде номинальных или предельных значений. Для номинальных значений (например, толщины или длины химических волокон) даются допустимые отклонения.

В качестве дополнительных показателей, применяемых при оценке качества волокон отдельных видов, используют общую неровноту прочности и гибкости у чесаного льна, среднее квадратическое отклонение по толщине у волокон шерсти, содержание длинных волокон в вискозных и хлорированных и т. п.

### 2.5.1. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОКОН

Показатели геометрических свойств волокон (толщина и длина) во многом определяют технологию их переработки и являются важнейшими характеристиками качества. Наиболее ценными считают тонкие и длинные волокна, позволяющие вырабатывать тонкие, легкие и прочные нити и текстильные изделия.

**Толщина** характеризует поперечные размеры волокон и выражается через прямые характеристики — диаметр шерстяного волокна, мкм, и косвенные — линейную плотность  $T = M/L$ , мтекс, где  $M$  — масса волокна, мг;  $L$  — длина волокна, км.

Диаметр шерстяного волокна определяют, измерив поперечник волокон посредством проекционного микроскопа с 500-кратным увеличением и ценой деления шкалы 2 мкм или оптического микроскопа с 400-кратным увеличением и ценой деления шкалы объективного окуляр-микрометра не более 4 мкм. Из подготовленной пробы с помощью микротомы или ножниц нарезают отрезки волокон длиной 0,5...2 мм, помещают их в иммерсионную

жидкость (обычно глицерин) и тщательно перемешивают. Далее из полученной взвеси готовят 3...4 препарата для просмотра под микроскопом. Измерение волокон организуют таким образом, чтобы была исключена возможность двукратного измерения одних и тех же волокон. Общее число измерений должно быть не менее 600. Полученные результаты разносят по классам таблицы распределения и вычисляют среднюю толщину волокон и среднее квадратическое отклонение. Вычисления производят с точностью до 0,01 мкм, результат округляют до 0,1 мкм.

Метод определения линейной плотности хлопковых и химических волокон заключается в том, что из подготовленной пробы готовят штапельки (пучки) волокон, пересчитывают число волокон в каждом штапельке, затем штапельки объединяют в один общий пучок, вырезают среднюю часть пучка и взвешивают ее. Фактическая линейная плотность, мтекс, определяется по формуле

$$T = \frac{M \cdot 10^6}{l n}, \quad (2.1)$$

где  $M$  — масса вырезанной средней части штапельки, мг;  $l$  — длина вырезанной части штапельки, мм;  $n$  — число волокон в штапельке.

Подсчитывают число волокон путем раскладывания их между двумя предметными стеклами и последующего просмотра под микроскопом или с помощью специального прибора ПСВ-1. Если волокна хлопковые, то  $n$  должно быть 2500...3000, если химические, то не менее 500. Среднюю часть пучка хлопковых волокон вырезают с помощью блока зажимов, причем  $l = 15$  мм, а химических — посредством специального резака, и тогда  $l = 10$  мм.

Взвешивание средней части штапельки осуществляется на торсионных весах с точностью до 0,05 мг.

По ИСО наряду с весовым методом определения линейной плотности текстильных волокон предусматривается нахождение характеристик поперечного размера волокон по воздухопроницаемости. Сущность этого метода заключается в том, что при прохождении потока воздуха через слой волокон сопротивление прониканию этого потока будет тем больше, чем меньше толщина волокон, и наоборот. Достоинством метода является быстрота анализа, недостатками — невозможность оценки степени равномерности волокон по толщине и низкая точность.

Определение толщины волокон по воздухопроницаемости предусмотрено и в стандартах, действующих в нашей стране.

Для хлопковых волокон определение линейной плотности по воздухопроницаемости производится на приборе ЛПС-4 (ГОСТ 9679.3—71). Степень расщепленности льняного очеса оценивают по воздухопроницаемости на приборе РПП (ОСТ 17-05-013—94).

Еще одним косвенным методом определения толщины волокон является оценка частоты их собственных колебаний. Чем тоньше волокно, тем больше частота его собственных колебаний, и наоборот. Известны приборы для определения толщины волокон, в которых используется это свойство.

Отклонение кондиционной линейной плотности химических волокон  $T_k$  от номинальной  $T_n$ , % находят по формуле

$$\Delta = \frac{T_k - T_n}{T_n} 100. \quad (2.2)$$

Кондиционная линейная плотность, мтекс,

$$T_k = T_\phi \frac{100 + W_k}{100 + W_\phi}, \quad (2.3)$$

где  $T_\phi$  — фактическая линейная плотность, мтекс;  $W_\phi$  и  $W_k$  — соответственно фактическая и кондиционная влажность волокна, %.

**Длина** — это расстояние между концами волокна в распрямленном (но не растянутом) состоянии. Длина волокон измеряется в миллиметрах.

При оценке качества волокон по длине в стандартах используется ряд характеристик: длина штапеля, средняя длина, средняя массодлина, модальная длина, штапельная длина, степень неравномерности волокон по длине.

Под *длиной штапеля* невыттой шерсти подразумевается расстояние между концами (или частями) штапеля в расправленном, но не растянутом от извитости состоянии.

*Среднюю длину* подсчитывают как среднее арифметическое результатов измерения отдельных волокон.

*Средняя массодлина*, мм, определяется по результатам рассортирования волокон штапеля по классам (группам) длин с заданным интервалом:

$$L_g = \frac{\sum L_i M_i}{\sum M_i}, \quad (2.4)$$

где  $L_i$  — длина волокон каждого класса;  $M_i$  — масса волокон в классе длиной  $L_i$ .

*Модальная длина* характеризует наиболее часто встречающуюся длину волокон.

*Модальная массодлина*, мм, соответствует длине волокон класса рассортированного штапеля, имеющего наибольшую массу:

$$L_m = (L_i - 0,5b) + \frac{b(M_n - M_{n-1})}{(M_n - M_{n-1}) + (M_n - M_{n+1})}, \quad (2.5)$$

где  $L_i$  — средняя длина волокон в группе с максимальной массой  $M_n$ ;  $b$  — интервал рассортирования волокон, мм;  $M_{n-1}$  и  $M_{n+1}$  — массы групп волокон с длиной  $L_n - b$  и  $L_n + b$ , мм.

*Штапельная длина* — это средняя длина волокон, имеющих длину больше модальной.

*Штапельная массодлина* — это средняя массодлина по группам длин, больших модальной. При ее вычислении находят максимальную длину  $L_n + 0,5b$  класса (группы) волокон, которая характеризуется величиной  $L_m$ , и массу  $M$ , мг, волокон в данной группе, имеющих длину больше модальной:

$$M = \frac{(L_n + 0,5b) - L_m}{2} M_n.$$

Штапельная массодлина, мм,

$$L_p = L_n + \frac{\sum_{j=n+1}^k b_i M_j}{M + \sum_{j=n+1}^k M_j}, \quad (2.6)$$

где  $j$  — порядковый номер выбранной группы волокон с массой  $M_j$ ;  $k$  — порядковый номер последней группы с наибольшей длиной волокон;  $i$  — разница между порядковым номером группы, длина волокон в которой больше  $L_n$ , и порядковым

номером группы с длиной волокон  $L_n$ ;  $M + \sum_{j=n+1}^k M_j$  — масса волокон, длина которых больше  $L_m$ .

Для хлопковых волокон среднюю массодлину  $L_a$  и среднее квадратическое отклонение по длине  $\sigma$  рассчитывают по следующим формулам:

$$L_a = L_n + \frac{b}{\sum_{j=1}^k M_j} \sum_{j=1}^k a M_j, \quad (2.7)$$

где  $a$  — отклонение порядкового номера каждой предыдущей и последующей групп волокон от порядкового номера группы волокон с максимальной массой;

$\sum_{j=1}^k M_j$  — сумма масс всех групп волокон;

$$\sigma^2 = \sqrt{\frac{b^2}{\sum_{j=1}^k M_j} \left[ \sum_{j=2}^k a^2 M_j - \frac{1}{\sum_{j=1}^k M_j} \left( \sum_{i=1}^k a M_j \right)^2 \right]}. \quad (2.8)$$

Для оценки степени неравномерности волокон по длине используют коэффициент вариации  $C = 100\sigma/L_a$ , %.

Методы определения длины волокон зависят от их вида.

Длину штапеля невытравленной шерсти измеряют металлической миллиметровой линейкой с точностью до  $\pm 1$  мм.

Среднюю длину волокон определяют путем измерения отдельных волокон. Для этого из предварительно подготовленной пробы отбирают навеску волокон массой  $M = 0,0001 L_n T_n$ , где  $L_n$  и  $T_n$  — соответственно номинальная длина и линейная плотность измеряемых волокон. Все волокна, входящие в навеску, поочередно укладывают на пластинку из материала, обеспечивающего хорошую сцепляемость с ними; цвета пластинки и волокон должны быть контрастными. Далее волокна распрямляют до полного устранения извитости и металлической линейкой измеряют длину каждого волокна с точностью до  $\pm 1$  мм. По полученным данным вычисляют среднюю длину.

Допускается измерять длину волокна на доске, обтянутой бархатом, с помощью пинцета и линейки.

Отклонение, %, фактической длины химических волокон  $L_{\phi}$  от номинальной  $L_n$  определяют по формуле

$$\Delta = \frac{L_{\phi} - L_n}{L_n} 100. \quad (2.9)$$

Общее число измеряемых натуральных волокон должно быть около 1000, а химических — около 500.

Измерение путем рассортировки волокон по группам длин осуществляется на приборах различного типа. Для хлопковых волокон используют механический прибор МПРШ-1, для шерстяных волокон — гребенной анализатор.

Принципиальные схемы работы сортировщиков штапеля хлопковых волокон и шерсти показаны соответственно на рис. 2.9 и 2.10.

Специально приготовленный штапель хлопковых волокон 2 (см. рис. 2.9) в зажиме 1 закрепляют на каретке 3, которая совершает возвратно-поступательные движения. При движении вперед каретка подводит концы наиболее длинных волокон штапеля к зажиму 5, который жестко захватывает их. При обратном движении каретки группа самых длинных волокон остается в зажиме 5, укладывается на специальную ленту 4 и отводится. При следующем движении каретка 3 подает к зажиму 5 менее длинные волокна и т. д. Таким образом происходит рассортировка штапеля по группам длин с интервалом 2 мм.

Гребенной анализатор для шерстяных волокон (см. рис. 2.10) представляет собой рамку с рядом металлических гребней, расположенных на расстоянии 10 мм один от другого. Специально приготовленный штапель 2 укладывают на гребенное поле. Затем, опуская поочередно гребни 1, вытаскивают зажимом выступаю-

щие волокна и таким образом рассортировывают штапель на группы длин с интервалом 10 мм.

После кондиционирования (длительного выдерживания при  $\phi = 65\%$  и  $t = 20^\circ\text{C}$ ) группы волокон взвешивают и рассчитывают характеристики длины по формулам (2.4)—(2.7).

Длину волокон не только выражают рассмотренными выше характеристиками, но и изображают в виде *диаграммы (кривой) распределения* и *штапельной диаграммы*, которые строят по результатам рассортировки штапеля волокон по группам длин.

Пусть после рассортировки волокон получены группы со средними длинами  $L_1, L_2, L_3, \dots$ , числом волокон в каждой группе  $n_1, n_2, n_3, \dots$  и с постоянным интервалом длин  $k = L_2 - L_1 = L_3 - L_2 = \dots$ . Величины  $n$  выражают в процентах суммарного числа волокон  $\Sigma n$ . Диаграмму распределения строят, приняв значения  $L$  за абсциссы, а  $n$  — за ординаты точек этой диаграммы (рис. 2.11, а). Штапельную диаграмму (рис. 2.11, б) строят в осях  $\Sigma n$  и  $L$  следующим образом. На оси ординат откладывают минимальную длину  $L_1 - 0,5k$  группы наиболее коротких волокон, затем на расстоянии  $0a$ , равном числу  $n_1$  волокон в этой группе, проводят линию  $ab$ , параллельную оси ординат и равную максимальной длине  $L_1 + 0,5k$  волокон самой короткой группы. Далее на расстоянии  $n_2$ , равном выраженному в процентах содержанию волокон в следующей группе, от точки  $a$  проводят линию  $se$ , параллельную оси ординат, и откладывают на ней максимальную длину  $L_2 + 0,5k$  следующей группы и т. д. Из рисунка видно, что площадь штапельной диаграммы равна  $\Sigma nL$ . Штапельная диаграмма, построенная в осях  $\Sigma n$

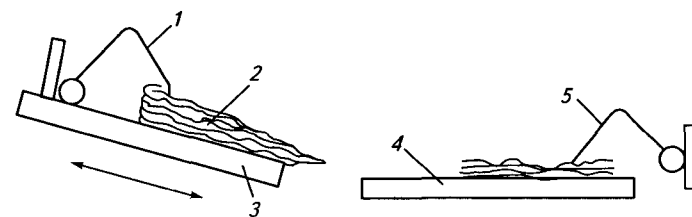


Рис. 2.9. Схема сортировщика штапеля волокон хлопка

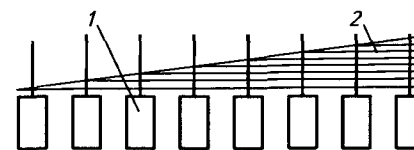


Рис. 2.10. Схема сортировщика штапеля волокон шерсти

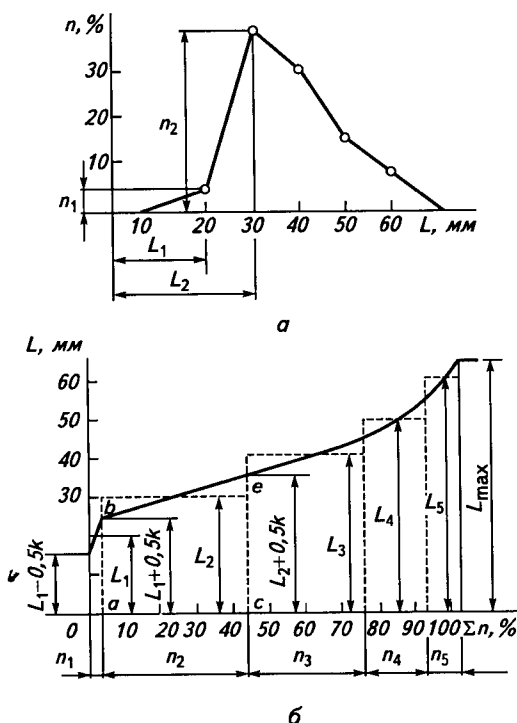


Рис. 2.11. Диаграмма распределения (а) и штапельная диаграмма (б)

и  $L$ , соответствует штапельной диаграмме, получаемой при раскладке волокон в порядке возрастания их длины.

Известны приборы с электроемкостным датчиком (алметр) и фотозлектронным датчиком (фиброграф), которые позволяют путем испытания специально приготовленного штапеля автоматически определять среднюю длину, среднюю массодлину и коэффициент вариации по длине, а также строить графики диаграммы распределения и штапельной диаграммы.

**Извитость** характеризует пространственную или плоскостную искривленность оси волокон и выражается через следующие показатели: частоту извитости,  $\text{см}^{-1}$ , или число волн (извитков) на 1 см длины нераспряженного волокна, определяемую по формуле

$$X = \frac{10n}{2L_0}, \quad (2.10)$$

где  $n$  — число вершин извитков;  $L_0$  — длина нераспряженного волокна, мм;

степень извитости, %,

$$X_1 = \frac{L_1 - L_0}{L_1} 100, \quad (2.11)$$

где  $L_1$  — длина распряженного волокна;

устойчивость извитости, %,

$$X_2 = \frac{X'_1}{X_1} 100, \quad (2.12)$$

где  $X'_1$  — степень извитости волокна после вторичного его распряжения.

Извитость химических волокон определяют на приборе ИВ-3. Отдельные волокна закрепляют между зажимами, с помощью оптического устройства подсчитывают число вершин извитков на волокне между зажимами, распрявляют волокно и измеряют его длину в распряженном состоянии. Прибор снабжен автоматическим устройством, позволяющим фиксировать окончание процесса распряжения волокна без его растяжения. Испытанию должно быть подвергнуто не менее 50 волокон. Зажимную длину устанавливают в зависимости от номинальной длины волокна: при  $L_n \leq 40$  мм  $L_0 = 10$  мм; при  $L_n = 41 \dots 80$  мм  $L_0 = 30$  мм и при  $L_n > 80$  мм  $L_0 = 40$  мм. Груз предварительного натяжения, мН, при заправке волокон в зажимы выбирают исходя из соотношения  $P_n = 0,01 T_n$ , где  $T_n$  — номинальная линейная плотность волокон, мтекс. Устойчивость извитости определяют после выдерживания волокна в распряженном состоянии в течение 30 с и последующего «отдыха» в течение того же времени.

**Коэффициент зрелости** хлопка характеризует степень заполнения волокна целлюлозой и определяется отношением ширины ленточки волокна к ширине его канала (см. рис. 2.5 и 2.6).

По ГОСТ 3274.2—72 хлопковые волокна по зрелости делят на четыре группы (табл. 2.9).

Таблица 2.9

| Группа зрелости | Степень зрелости хлопковых волокон | Интерференционная окраска волокон в поляризованном свете    | Характеристика волокна и его канала        |
|-----------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1-я             | Самые зрелые                       | Оранжевые и золотисто-желтые с розово-фиолетовыми участками | Цилиндрическая форма волокна, узкий канал  |
|                 | Зрелые                             | Зеленовато-желтые с зелеными и голубыми участками           | То же                                      |
| 2-я             | Недозрелые                         | Синие и голубые, желтые и зеленые с голубыми участками      | Лентообразная форма волокна, широкий канал |

| Группа зрелости | Степень зрелости хлопковых волокон | Интерференционная окраска волокон в поляризованном свете     | Характеристика волокна и его канала        |
|-----------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 3-я             | Незрелые                           | Фиолетовые и синие с фиолетовыми участками                   | Лентообразная форма волокна, широкий канал |
| 4-я             | Совершенно незрелые                | Фиолетовые с прозрачно-красными участками, прозрачно-красные | То же                                      |

Степень зрелости хлопковых волокон определяют по их интерференционной окраске при просмотре под микроскопом в поляризованном свете. Всего просматривают 300...400 волокон при 80...120-кратном увеличении, используя поляризационное приспособление П-2. Затем находят содержание хлопковых волокон каждой группы зрелости  $A_i$ , %. По содержанию волокон первой группы с помощью таблиц определяют сорт хлопковых волокон и находят для каждой группы соответствующие коэффициенты зрелости  $K_i$ . Коэффициент зрелости контролируемых хлопковых волокон рассчитывают по формуле

$$K = 0,01 \sum A_i K_i.$$

## 2.5.2. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОКОН

Эти свойства характеризуют поведение волокон при приложении к ним различных нагрузок и деформации. При получении в процессе переработки и эксплуатации изготовленных из этих волокон изделий они подвергаются различным воздействиям, из которых значительную долю занимают механические. Поэтому показатели механических свойств текстильных волокон являются важнейшими характеристиками, знание которых позволяет правильно выбрать параметры технологии их переработки и обеспечить выпуск нитей и изделий заданного качества.

В стандартах и при оценке качества текстильных волокон наиболее часто используют следующие **полуцикловые показатели** механических свойств.

**Разрывная нагрузка**  $P_p$  — наибольшее усилие, выдерживаемое образцом до разрыва и выражающее его способность воспринимать растягивающее усилие, не разрушаясь. Для одиночных волокон эта нагрузка выражается в сантиньютонах (сН).

**Относительная разрывная нагрузка**, сН/текс,

$$P_o = \frac{P_p}{T}. \quad (2.13)$$

**Удлинение при разрыве**  $l_p$ , мм, — разность между длиной образца в момент разрыва и зажимной длиной.

**Относительное удлинение при разрыве**  $\epsilon_p$ , %, — отношение удлинения при разрыве к зажимной длине образца  $L_3$ :

$$\epsilon_p = \frac{l_p}{L_3} 100. \quad (2.14)$$

Разрывная нагрузка хлопкового волокна (ГОСТ 3274.1) определяется при испытании штапельных волокон на разрывной машине ДШ-3 с маятниковым силоизмерителем, оснащенной зажимами Пресли; скорость опускания нижнего зажима  $(300 \pm 15)$  мм/мин. Штапель для испытания (10 шт.) приготавливают с помощью приборов МШУ-1 (механического штапелеукладчика) и МРВ-1 (механического распределителя волокон) и ПСВ-1 (прибора для подсчета числа волокон). После разрыва штапельных определяют среднюю промежуточную разрывную нагрузку в пересчете на одно волокно:

$$P_c = \frac{\sum Q}{\sum n}, \quad (2.15)$$

где  $\sum Q = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_{10}$  — сумма разрывных нагрузок штапельных;  $\sum n$  — суммарное число волокон разорванных штапельных.

Разрывная нагрузка хлопкового волокна  $P_p = 1,445 P_c$  (с точностью до 0,1 сН).

Прочность лубяных волокон определяют при испытании скрученной ленточки волокон массой 420 мг на разрывной машине ДКВ с маятниковым силоизмерителем. Норма подкручивания ленточки — 1 кручение на 1 см. Расстояние между центрами улиточных зажимов  $L_3 = 70$  мм. Число испытаний 30. Правильность выполнения испытаний контролируется по разбросу полученных результатов — среднему относительному отклонению. Если разброс больше установленной нормы, то испытание повторяют. Для чесаного льна кроме разрывной нагрузки сухого волокна определяют разрывную нагрузку мокрого волокна, которая характеризует способность технического волокна разделяться в мокром виде на тонкие комплексы волокон, называемую мацерацией. Эту способность необходимо учитывать при мокром способе прядения льна.

Разрывную нагрузку испытанием одиночных волокон на разрывных машинах, скорости деформирования, возрастания нагрузки или движения нижнего зажима на которых постоянны.

Разрывная нагрузка

$$P_p = \frac{m\bar{X}}{100} + m_1, \quad (2.16)$$

где  $m$  — масса сменного груза на грузовом рычаге, г;  $\bar{X}$  — среднее арифметическое результатов испытаний, %;  $m_1$  — масса груза предварительного натяжения, г.

Относительную разрывную нагрузку и удлинение при разрыве вычисляют по формулам (2.13) и (2.14).

*Коэффициент сохранения разрывной нагрузки при разрыве петлей*  $K_{\pi}$  равен отношению разрывной нагрузки при разрыве петлей  $P_{\pi}$  к разрывной нагрузке одиночного волокна  $P_p$  и выражается в процентах.

Для определения разрывной нагрузки при разрыве петлей используют штапелек, предназначенный для определения разрывной нагрузки одиночных волокон. Берут два волокна и укладывают их друг на друга перпендикулярно одно другому. Концы каждого из волокон соединяют таким образом, чтобы оба волокна образовали петельное соединение. К концам одного из волокон подвешивают груз предварительного натяжения, сила тяжести которого  $g_1 = 0,001 T_n$ , где  $T_n$  — номинальная линейная плотность волокна, мтекс. Концы другого волокна заправляют в верхний зажим разрывной машины, а концы волокон с грузом — в нижний зажим машины (применяют разрывную машину, предназначенную для испытания одиночных волокон). Расстояние между зажимами 10 мм, продолжительность растяжения до разрыва  $(20 \pm 2)$  с, число испытаний 50.

Разрывная нагрузка при разрыве петлей, сН,

$$P_{\pi} = \frac{F}{2}, \quad (2.17)$$

где  $F$  — среднее арифметическое показаний разрывной машины.

*Коэффициент сохранения разрывной нагрузки при разрыве петлей, %*,

$$K_{\pi} = \frac{F}{2P} 100. \quad (2.18)$$

При определении полуцикловых характеристик растяжения волокон иногда рассчитывают *работу разрыва*  $R_p$ , которая показывает, какое количество энергии затрачено на разрушение образца. Она может быть определена как площадь, ограниченная кривой деформации на диаграмме растяжения в осях нагрузки  $P$  и удлинения  $l$ , т. е.

$$R_p = \int_0^{l_p} f(l) dl. \quad (2.19)$$

Практические расчеты производят по формуле

$$R_p = P_p l_p \eta,$$

где  $P_p$  — разрывная нагрузка;  $l_p$  — абсолютное разрывное удлинение;  $\eta$  — коэффициент полноты диаграммы (колеблется примерно от 0,35 до 0,65).

Желательно, чтобы работа разрыва была как можно большей, т. е. чтобы для разрушения волокна требовалось затратить как можно большую энергию. При этом следует помнить, что одно и то же значение  $R_p$  может быть получено при различных сочетаниях  $P_p$ ,  $l_p$  и  $\eta$  и в зависимости от назначения волокон желательно иметь или более высокую прочность  $P_p$ , или более высокое удлинение  $l_p$ .

В исследовательских работах используют полуцикловые характеристики, получаемые при однократном растяжении текстильных волокон без доведения их до разрушения, т. е. выполняют растяжение до заданного удлинения, фиксируют нагрузку  $P$  и рассчитывают возникающее при этом в материале *напряжение*

$$\sigma = \frac{P}{S}, \quad (2.20)$$

где  $S$  — площадь поперечного сечения волокна, мм<sup>2</sup>;

$$S = 0,001 T/\gamma,$$

где  $T$  — линейная плотность волокна, текс;  $\gamma$  — плотность вещества волокна, мг/мм<sup>3</sup>.

Полуцикловой неразрывной характеристикой волокон является *податливость* волокон

$$C = 2/\sigma_{10} - 1/\sigma_5, \quad (2.21)$$

где  $\sigma_{10}$  и  $\sigma_5$  — напряжения при деформациях 10 и 5 %.

*Модуль относительной жесткости* волокон при растяжении подсчитывают по формуле

$$E_n = P/(\epsilon S).$$

При этом нагрузку  $P$  фиксируют при относительной деформации  $\epsilon = 1$  %, так как для текстильных волокон только в этом случае имеет место линейная зависимость между напряжением  $\sigma$  и деформацией  $\epsilon$ . Такой модуль относительной жесткости называют начальным, потому что он справедлив только для начальных условий растяжения.

Полуцикловые неразрывные характеристики целесообразно использовать для оценки нагрузок или деформации, которым подвергаются волокна в процессе их переработки и эксплуатации изготовленных из них изделий, так как в этих условиях волокна испытывают нагрузки и деформации значительно меньшие, чем критические разрывные.

**Одноцикловые и многоцикловые характеристики** механических свойств текстильных волокон используются чаще всего в исследовательских работах. Волокна подвергают деформациям растяжения, изгиба, кручения и сжатия, т. е. тем, которые они испытывают при переработке и эксплуатации изготовленных из них изделий.

Для исследования одноцикловых характеристик растяжения применяют два основных способа.

Первый основан на поддержании постоянной заданной деформации в течение продолжительного времени и определении изменений усилия в материале. Для этого применяют специальные приборы — экстензометры, имеющие приспособления для установления заданной деформации и позволяющие с помощью различных датчиков измерять усилия в образце.

Второй способ заключается в продолжительном растяжении волокна с постоянной нагрузкой и последующей разгрузкой и измерением изменений деформации. Испытания производят на специальных приборах — релаксометрах.

Определение одноцикловых показателей механических свойств волокон вторым способом получило большее распространение, так как он проще и нагляднее.

Одноцикловые характеристики деформаций изгиба, кручения и сжатия волокон применяют достаточно редко. Исключение составляет сжатие волокон в массе, при котором изучают изменение объема и остаточной деформации (после отдыха). Установлено, что волокна, имеющие большую остаточную деформацию сжатия, отличаются повышенной обрывностью при прядении.

Исследование многоцикловых характеристик свойств текстильных волокон, при котором многократно повторяется испытательный цикл «нагрузка — разгрузка — отдых», производят для деформаций растяжения и изгиба.

Испытание на многократное растяжение выполняют на приборах, получивших название пульсаторов.

Стойкость волокон к многократному изгибу определяют на приборах, работающих по принципу качающейся головки (рис. 2.12). Это определение называют еще методом двойных изгибов.

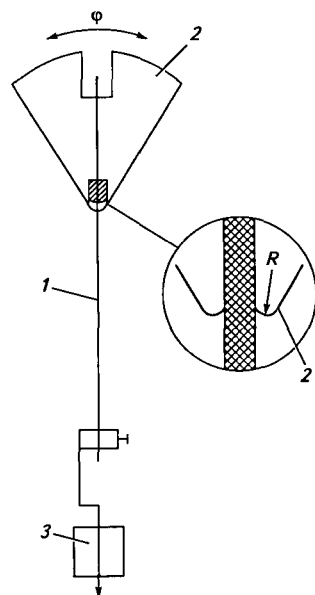


Рис. 2.12. Схема прибора для определения стойкости волокон к многократному изгибу

Волокно или прядь волокон 1 зажимают в губках 2, имеющих в нижней части заданный профиль радиуса  $r = 0,2$  мм. К волокну подвешивают груз 3, обеспечивающий статическую нагрузку. При пуске прибора губки начинают поворачиваться поочередно в обе стороны на заданный угол  $\phi$  ( $10 \dots 90^\circ$ ) с частотой  $1 \dots 2$  Гц. Испытания проводят до разрушения образца или оценивают изменение прочности волокон после заданного числа циклов двойных изгибов.

Основное влияние на стойкость к многократным деформациям растяжения и изгиба оказывает упругость волокон. Как правило, с ростом упругости растет устойчивость волокон к многократным растяжению и изгибу. Наибольшую устойчивость к этим деформациям имеют полиамидные и полиэфирные синтетические волокна, а также натуральная овечья шерсть.

Одноцикловые и многоцикловые показатели механических свойств текстильных волокон исследуют при сравнительной оценке их качества, а также при прогнозировании поведения волокон во время переработки и эксплуатации изготовленных из них текстильных изделий.

Трение, цепкость и стойкость к истиранию волокон также можно отнести к показателям их механических свойств. Значение этих свойств очень велико. Благодаря трению и цепкости отдельные волокна удерживаются друг около друга в пряже и различных текстильных изделиях. Стойкость к истиранию волокон обеспечивает износостойкость большинства текстильных изделий и определяет их поведение при эксплуатации.

**Трением** называют сопротивление, возникающее при относительном перемещении в плоскости касания двух соприкасающихся тел, находящихся под действием нормального давления (нагрузки).

**Цепкость** — это сопротивление, возникающее при относительном перемещении двух соприкасающихся тел при нулевом нормальном давлении.

Для текстильных материалов необходимо учитывать совместное проявление трения и цепкости. В силу специфики определения этих показателей сопротивление, появляющееся при трении и цепкости, называют тангенциальным.

Сила тангенциального сопротивления

$$T = \alpha S_{\phi} + \beta N, \quad (2.22)$$

а коэффициент тангенциального сопротивления

$$f = \alpha S_{\phi} / (N + \beta), \quad (2.23)$$

где  $S_{\phi}$  — площадь фактического контакта;  $N$  — общая сила нормального давления;  $\alpha$  и  $\beta$  — коэффициенты, зависящие от природы текстильного материала.

Для экспериментального изучения тангенциального сопротивления (трения) волокон и нитей предложено много различных методов и приборов. Не приводя их полную классификацию, опишем некоторые наиболее распространенные из них.

Одним из простейших является метод наклонной плоскости. Поверхность плоскости 3 (рис. 2.13, а) покрывается материалом, трение волокон или нитей которого хотят изучить. Волокна или нити 1 в распрямленном состоянии располагают параллельно друг другу без промежутков, закрепляя их на поверхности пластины 2. Изменяя угол наклона  $\alpha$  поверхности, замечают, при каком его значении пластина начинает смещаться с плоскости.

В результате получаем

$$f = T/N = \operatorname{tg} \alpha. \quad (2.24)$$

Вторым распространенным методом является определение силы тангенциального сопротивления как силы, требующейся для выдергивания пучка волокон или нитей из зажима.

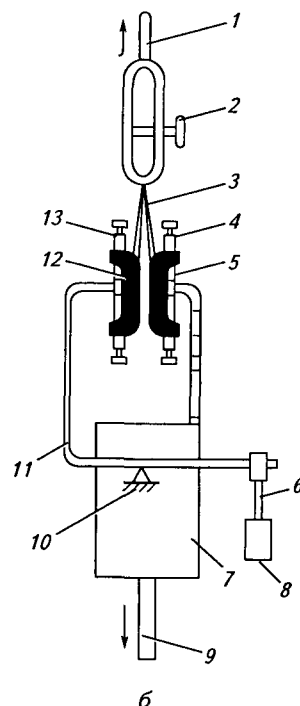
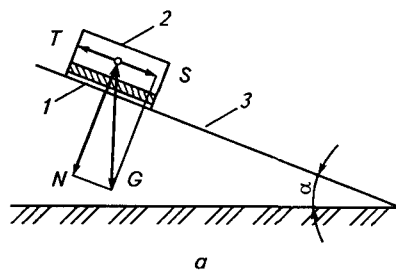


Рис. 2.13. Методы определения тангенциального сопротивления волокон:

а — с помощью наклонной плоскости; б — в специальном зажиме разрывной машины

В верхние тиски разрывной машины устанавливают специальный зажим 1 (рис. 2.13, б), в котором винтом 2 закрепляют пучок волокон или нитей 3. В нижних тисках разрывной машины с помощью стержня 9 закрепляют пластину 7, оканчивающуюся рычагом 5 с винтами 4. Этими винтами на щеке рычага 5 закрепляют материал, трение волокон или нитей которого хотят изучить. На аналогичной щеке рычага 12 тот же материал крепят винтами 13. Изогнутое плечо 11 второго рычага опирается на опору 10, прикрепленную к пластине 7, и несет на конце рычага 6 груз 8 массой  $Q$ . Определив на шкале разрывной машины усилие  $P$ , при котором пучок вытягивается из щечек, коэффициент тангенциального сопротивления подсчитывают по формуле

$$f = P/(2Q). \quad (2.25)$$

Цифра 2 входит в формулу, так как щечек две.

Зависимость  $f$  от скорости скольжения  $v$  определяется как

$$f = (a + bv)e^{cv} + d, \quad (2.26)$$

где  $a, b, c, d$  — константы, зависящие от природы тел и давления.

**Истирание** — это разрушение материала под действием трения.

Для определения стойкости волокон к истиранию используют приборы различных конструкций, из которых наиболее простым является прибор, чья схема показана на рис. 2.14. Волокно 1 закрепляют в зажиме 2 и укладывают на истирающий валик 3. К нижнему концу волокна подвешивают груз 4. Благодаря вращению валика происходит истирание волокон. Измеряют число циклов истирания до разрушения волокна или изменения прочности волокон после заданного числа циклов истирания.

### 2.5.3. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОКОН

Физические свойства текстильных волокон чрезвычайно многообразны. Это гигроскопические, тепловые, оптические, электрические, акустические, радиационные свойства и т. п.

В стандартах на текстильные волокна дается ограниченный перечень физических свойств волокон. Это прежде всего влажность, усадка, белизна, цвет, прочность окраски и др.

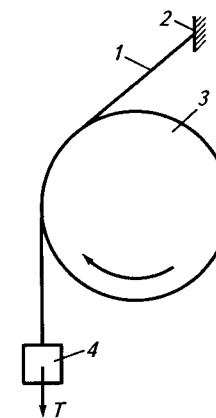


Рис. 2.14. Схема прибора для истирания волокон

Влажность, %, характеризует *гигроскопичность*, т. е. способность текстильных волокон и материалов поглощать (сорбировать) и отдавать (десорбировать) водяные пары и воду, и определяется как отношение массы воды в материале  $m_w$  к массе абсолютно сухого материала  $m_c$ , т. е.

$$W = (m_w/m_c)100.$$

Количество влаги в текстильных волокнах влияет на их массу и многие показатели механических и физических свойств.

Различают фактическую, нормальную, кондиционную (нормированную) и равновесную влажность.

Под фактической влажностью  $W_\phi$  понимается влажность материала в данный момент, а под нормальной  $W_n$  — влажность после длительного выдерживания в нормальных условиях [ $\phi = (65 \pm 2) \%$ ,  $t = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ]. Кондиционная, или нормированная, влажность  $W_k$  — это условно установленная для данного материала постоянная влажность, близкая к нормальной и используемая для подсчета кондиционной массы:

$$m_k = m_\phi \frac{100 + W_k}{100 + W_\phi}, \quad (2.27)$$

где  $m_\phi$  — фактическая масса волокон влажности  $W_\phi$ .

Фактическую влажность текстильных материалов, в том числе текстильных волокон, определяют путем их высушивания в различных сушильных установках при температуре  $100\ldots 105^\circ\text{C}$ . Измеряют массу навески до и после высушивания и вычисляют фактическую влажность.

Сушку заканчивают, когда результаты двух последующих измерений повторяются или отличаются друг от друга не более чем на  $0,01\ldots 0,05$  г. Последний результат принимается за абсолютно сухую массу материала. При сушке небольших проб (массой  $8\ldots 10$  г) применяют инфракрасные лампы.

Известны косвенные методы определения влажности, из которых наибольшее распространение получили электроемкостные. Принцип действия электровлагомеров основан на изменении диэлектрических характеристик текстильных материалов в зависимости от содержания в них влаги.

Равновесная влажность может быть определена по изотермам сорбции и десорбции, которые показывают изменение влажности волокон  $W$  в зависимости от относительной влажности воздуха  $\phi$  при постоянных давлении и температуре (рис. 2.15). Кривая сорбции отличается от кривой десорбции, что получило название сорб-

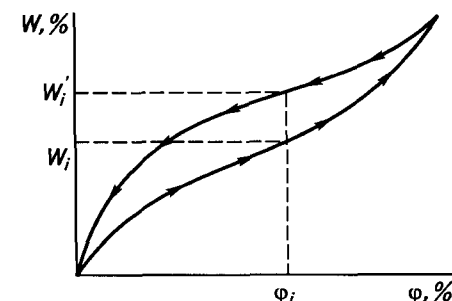


Рис. 2.15. Изотермы сорбции и десорбции влаги

ционного гистерезиса. Это явление необходимо учитывать при испытании текстильных материалов, во время которого их в течение продолжительного времени выдерживают в нормальных условиях ( $\phi = 65 \%$  и  $t = 20^\circ\text{C}$ ). Чтобы изменение влажности происходило только по кривой сорбции, текстильные материалы рекомендуются перед выдерживанием в нормальных условиях подсушивать при температуре  $70^\circ\text{C}$  не менее 1 ч.

Кондиционная нормированная влажность дается в стандартах. В них же устанавливаются ограничения на фактическую влажность текстильных волокон (табл. 2.10).

Таблица 2.10

| Волокно          | Влажность, %       |                      |
|------------------|--------------------|----------------------|
|                  | кондиционная $W_k$ | фактическая $W_\phi$ |
| Хлопковое        | 8...12             | —                    |
| Чесаный лен      | 12                 | Не более 16          |
| Льняной очес     | 10                 | Не более 16          |
| Льняное короткое | 12                 | Не более 16          |
| Шерсть:          |                    | 12...19              |
| мериновое        | 17 (однородная)    | 12—18 (однородная)   |
| помесная         | 15 (неоднородная)  | 10—19 (неоднородная) |
| Вискозное        | 12                 | 7...14               |
| Медно-аммиачное  | 12,5               | Не более 15          |
| Триацетатное     | 4,5                | Не более 7           |
| Капроновое       | 5                  | Не более 7           |
| Лавсановое       | 1                  | Не более 2           |
| Нитроновое       | 2                  | Не более 6           |
| Хлориновое       | 0,5                | Не более 3,5         |

*Усадка* — это уменьшение размеров текстильных волокон под действием различных факторов.

Усадку химических волокон определяют в жгуте или штапельках путем замачивания их в дистиллированной воде, нагретой до температуры 96...98 °С (для хлориновых волокон температура воды 68...70 °С). Десять штапельков готовят для испытания так, чтобы их линейная плотность была 167...250 текс. Каждый штапелек заправляют в зажимы специального прибора, погружают в нагретую воду и выдерживают в течение 20 (искусственные волокна) или 30 мин (все синтетические волокна, кроме хлориновых, которые выдерживают 60 мин). Затем штапельки вынимают из воды, высушивают и определяют уменьшение их длины.

Усадку, %, вычисляют по формуле

$$U = \frac{\Delta}{L_3} 100, \quad (2.28)$$

где  $\Delta$  — уменьшение длины штапелька, мм;  $L_3$  — зажимная длина штапелька, мм (при  $L_n < 60$  мм  $L_3 = 20$  мм; при  $L_n \geq 60$  мм  $L_3 = 50$  мм).

Усадку в жгуте определяют испытанием отрезков длиной 1,3 м. С обоих концов жгута завязывают петли, около которых цветными нитками делают метки. С помощью специальной стойки под натяжением 5...7 даН определяют расстояние между метками, которое должно составлять 1 м. Затем жгут выдерживают в теплой воде, высушивают и снова измеряют расстояние между метками. Усадку подсчитывают по формуле (2.28).

**Белизна** выражается через коэффициент яркости, измеренный в условиях максимальной чувствительности человеческого глаза, а коэффициент яркости определяется отношением яркости поверхности, отражающей свет в данном направлении, к яркости, которую имела бы при идеально рассеянном отражении одинаково с ней освещенная поверхность, обладающая коэффициентом отражения 1.

Сущность метода определения белизны заключается в измерении коэффициента отражения. Испытуемый материал сравнивают с идеально белой поверхностью (пластинами образцов со свежесажженным оксидом магния или прессованным серноокислым барием на поверхности). Для определения белизны применяют различные оптические приборы: фотометры, электронные компараторы цвета, лейкометры и т. п.

**Цвет, состояние волокон** и т. п. определяют органолептически путем сравнения с образцами (эталоны), утвержденными в установленном порядке.

**Прочность окраски** окрашенных волокон характеризует степень изменения первоначальной окраски после каких-либо воздействий. Прочность окраски оценивают с помощью специальных эталонов по пяти- или семibalльной шкале. Чем выше балл, тем окраска прочнее, и наоборот.

**Рассыпчатость**, т. е. способность химических штапельных волокон отделяться одно от другого, считается высокой, если штапельки и волокна разъединяются легко, без обрыва последних. При удовлетворительной рассыпчатости штапельки и волокна разъединяются с трудом, но тоже без обрыва волокон.

#### 2.5.4. ЧИСТОТА ВОЛОКОН

Под **чистотой** понимают отсутствие в массе текстильных волокон неволоконистых включений и дефектов (пороков) самих волокон. В табл. 2.11 приведены наименования наиболее часто встречающихся неволоконистых включений и дефектов (пороков) различных волокон.

Методы определения чистоты волокон основаны на выделении из заданной массы (образца) примесей и пороков вручную или с помощью механических приборов.

Пробу хлопкового волокна (ГОСТ 3274.3) подвергают трехкратному разбору. Вначале с помощью пинцета выделяют однородные и комбинированные жгутики, незрелые и дробленные семена, пластинки из незрелых волокон, крупный сор и выделившийся при отборе мелкий сор. Затем из очищенного подобным образом образца отбирают пробу и выделяют из нее кожицу с волокном и мелкий сор. При третьем разборе выделяют узелки.

Таблица 2.11

| Волокна    | Включения                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                              |
|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | неволоконистые                                                                                                                                                                              | прочие                                                                                                                                                                                                       |
| Хлопковые  | Кожица семян с волокном и пухом, незрелые семена, частицы и кожица битых семян, сорные примеси растительного происхождения, песок, пыль и т. п.                                             | Жгутики, узелки, пластинки из незрелых волокон                                                                                                                                                               |
| Лубяные    | Костра, инкрусты, сорные примеси растительного и минерального происхождения                                                                                                                 | Шишки (уплотненные комки спутанных волокон)                                                                                                                                                                  |
| Шерстяные  | Сорные примеси растительного и минерального происхождения (репей, солома, пыль, песок, навоз, перхоть и т. п.)                                                                              | Базовая шерсть, свалок, грубый волос, тавро и т. п.                                                                                                                                                          |
| Химические | Склейки — прочно склеенные пучки, состоящие из небольшого числа волокон; роговидные волокна (комочки) — стекловидные утолщения волокон; грубые волокна — жесткие волокна повышенной толщины | Непрорезанные волокна — волокна, длина которых в два и более раз больше номинальной; осыпь — волокна, длина которых не превышает 1 см; жгутики — большие пучки волокон, не разделяющиеся без отрыва, и т. п. |

Суммарное содержание сорных примесей и пороков, %, вычисляют по формуле

$$P = \left( \frac{\sum m_i}{m_1} + \frac{\sum m'_i}{m_2} K_1 + \frac{m''}{m_3} K_2 + \frac{m}{m_0} \right) 100, \quad (2.29)$$

где  $\sum m_i$ ,  $\sum m'_i$  и  $m''$  — масса пороков и сорных примесей, выделенных соответственно при первом, втором и третьем разборах, г;  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $m_3$  — масса пробы соответственно при первом, втором и третьем разборах, г;  $m$  — масса сора, выпавшего при составлении средней лабораторной пробы, г;  $m_0$  — масса общей пробы, г;  $K_1$  — коэффициент, равный 20 при содержании сорных примесей и пороков менее 5 % и 10 при содержании сорных примесей и пороков 5 % и более;  $K_2$  — коэффициент, равный 100 при содержании сорных примесей и пороков менее 5 % и 20 при содержании сорных примесей и пороков 5 % и более.

При испытании хлопковых волокон на хлопкоанализаторе АХ (ГОСТ 3274.3) содержание сорных примесей и пороков, %, находят по формуле

$$P = \left( \frac{m'}{m_1} + \frac{m}{m_0} \right) 100, \quad (2.30)$$

где  $m'$  — масса пороков и сорных примесей, выбранных из угарной камеры и с воздушного фильтра прибора, г;  $m_1$  — масса средней лабораторной пробы с учетом сора, выпавшего из общей пробы, г;  $m$  — масса сора, выпавшего при составлении средней лабораторной пробы, г.

Содержание костры и сорных примесей в лубяных волокнах определяют путем ручного разбора, а шишковатость — при сравнении с эталоном. Для шерстяных волокон количество растительных сорных примесей определяют ручным разбором, а потери при обеспыливании (удалении минеральных примесей) устанавливают с помощью прибора ПЗС-60 (при ускоренном методе) или посредством трепания на трепальных машинах периодического действия. Чистоту химических волокон определяют путем ручного разбора специальным образом приготовленных проб.

Для комплексного определения различных показателей и оценки качества текстильных волокон создаются специальные измерительно-вычислительные комплексы и установки, получившие название HVI System. Примером такой установки для анализа хлопковых волокон является модель Spinlab 900 HVI System, на которой два оператора в течение 1 ч могут произвести испытание 180 образцов волокон хлопка и определить длину, степень неравномерности длины, тонины, прочность, удлинение, цвет и содержание неволокнистых включений. Установка имеет соответствующие измерительные устройства, работающие в автоматическом режиме, видеокамеры, микропроцессоры, дисплеи и необходимое программное обеспечение, позволяющее строить и обрабатывать

диаграммы распределения волокон по длине, кривые нагрузок и деформаций.

Аналогичные испытательные комплексы разработаны и для других волокон, например для шерсти.

#### Контрольные вопросы

1. Как построена общая классификация текстильных волокон?
2. В чем заключаются основные отличия натуральных волокон от химических, а искусственных от синтетических?
3. Какие волокна имеют наибольший объем производства и использования в текстильной промышленности?
4. В чем заключаются особенности классификации натуральных волокон растительного происхождения?
5. Какие стеблевые текстильные волокна имеют промышленное применение?
6. Какие семенные текстильные волокна являются наиболее распространенными?
7. Какие листовые текстильные волокна применяются в текстильной промышленности?
8. В чем заключаются особенности строения шерстяных волокон?
9. Каково строение натурального шелка? Как он применяется?
10. Какие искусственные волокна имеют наибольшее применение?
11. Какие синтетические волокна применяют в текстильной промышленности?
12. Какие неорганические текстильные волокна применяют в текстильной промышленности?
13. Из каких веществ состоят текстильные волокна? Каковы их главные особенности?
14. В чем заключаются особенности строения макромолекул?
15. В каких трех основных физических состояниях могут находиться ВМС?
16. Как происходит синтез ВМС (полимеризация и поликонденсация)?
17. Каковы основные свойства целлюлозы?
18. В чем заключаются особенности строения белков?
19. Каковы свойства синтетических волокнообразующих ВМС (полиэфира, полипропилена, полиамида)?
20. Как получают лен? Каковы особенности его строения и каковы его свойства?
21. Как получают хлопок? Каковы особенности его строения и каковы его свойства?
22. Как получают овечью шерсть? В чем заключаются особенности ее строения и каковы ее свойства?
23. Как получают шелк? Каковы особенности его строения и каковы его свойства?
24. Каковы основные этапы производства химических волокон?
25. Как получают полиэфирные волокна? Каковы особенности их строения и каковы их свойства?
26. Как получают полипропиленовые волокна? Каковы особенности их строения и каковы их свойства?
27. Как получают полиамидные волокна? Каковы особенности их строения и каковы их свойства?
28. Как получают вискозные волокна? Каковы особенности их строения и каковы их свойства?
29. Как получают ацетатные и триацетатные волокна? Каковы особенности их строения и каковы их свойства?
30. Какими методами определяют толщину волокон?

31. Какими методами определяют длину волокон?
32. Какими методами определяют прочность волокон?
33. Какими механическими свойствами обладают волокна? Что такое одноцикловые и многоцикловые характеристики волокон?
34. Что такое трение и истирание волокон?
35. Что такое влажность волокон? В чем заключается явление сорбционного гистерезиса?
36. Что такое усадка, белизна и прочность окраски волокон?
37. Каковы методы определения чистоты и дефектности волокон?

#### Задачи

1. Определить средний диаметр и среднее квадратическое отклонение диаметра шерстяных волокон по результатам их непосредственного измерения под микроскопом.

|                      |    |    |    |     |     |     |    |    |
|----------------------|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|
| Диаметр волокна, мкм | 14 | 15 | 16 | 17  | 18  | 19  | 20 | 21 |
| Число волокон $m_i$  | 20 | 30 | 60 | 100 | 200 | 100 | 60 | 30 |

2. Рассчитать линейную плотность волокон, определяемую гравиметрическим методом, если средняя длина штапелька длиной 10 мм имеет массу 2,5 мг, а число волокон в штапельке  $n = 400$ .

3. Определить среднюю длину, среднюю массодлину, используя результаты рассортировки волокон штапелька по группам длин.

|                                 |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Длина волокон в группе, мм      | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   | 31   | 32   |
| Число волокон в группе $n_i$    | 70   | 80   | 110  | 150  | 250  | 150  | 110  | 80   |
| Масса группы волокон $M_i$ , мг | 0,44 | 0,52 | 0,74 | 1,05 | 1,81 | 1,12 | 0,85 | 0,64 |

4. Для данных задачи 3 рассчитать модальную массодлину и штапельную массодлину.

5. Для данных задачи 3 построить кривую распределения по длине и штапельную диаграмму.

6. При определении прочности волокон были получены следующие результаты:

$$\bar{P}_p = 10 \text{ сН}, l_p = 20 \text{ мм}, L_3 = 100 \text{ мм}.$$

Рассчитать относительную разрывную нагрузку, относительное разрывное удлинение и работу разрыва, если линейную плотность волокна взять из задачи 2, а коэффициент полноты диаграммы растяжения волокна  $\eta = 0,6$ .

7. Определить коэффициент сохранения разрывной нагрузки волокна при разрыве петель, если разрывная нагрузка петель 8,0 сН, а разрывная нагрузка одиночного волокна  $\bar{P}_p = 10 \text{ сН}$ .

8. Определить фактическую влажность и кондиционную массу партии чесаного льна, если масса пробы до высушивания равна 200 г, после высушивания 180 г. Фактическая масса партии волокна 2500 кг.

## Глава 3 ТЕКСТИЛЬНЫЕ НИТИ

### 3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ

В текстильном производстве используются различные виды текстильных нитей. Текстильная нить — это продукт неограниченной длины и относительно малой площади сечения, состоящий из текстильных волокон или филаментов (ГОСТ 13784—94). Структурные элементы текстильной нити могут соединяться склеиванием, скручиванием.

*Все текстильные нити классифицируют*, исходя из их структуры, на следующие группы (рис. 3.1): элементарные нити, монопилы, комплексные нити, пряжу, пленочные и комбинированные нити.

По волокнистому составу нити делятся на однородные, смешанные и неоднородные.

Однородными бывает пряжа, состоящая из волокон одного вида (хлопка, шерсти, льна), и комплексные нити, состоящие из элементарных нитей одного вида.

Смешанной бывает пряжа, состоящая из волокон разного вида (хлопкового и вискозного волокон, шерсти и нитронового волокна).

Неоднородными, как правило, бывают крученые нити, в которых химические нити соединены с пряжей из натуральных волокон (например, капроновая комплексная нить с шерстяной пряжей).

*Элементарная нить* — тонкая единичная нить, которая не делится в поперечном и продольном направлении без разрушения. Если элементарная нить непосредственно используется для производства изделий, то она в данном случае называется *монопил*. Чаще применяется *комплексная нить*, то есть нить, состоящая из определенного количества элементарных нитей, расположенных параллельно и соединенных склеиванием (натуральный шелк) или скручиванием (для химических нитей).

Монопилы могут быть металлическими и пленочными. Металлические нити — это нити, получаемые способом волочения (вытягивания) из меди или ее сплавов или путем разрезания алюминиевой фольги на ленточки. На поверхность таких нитей наносят

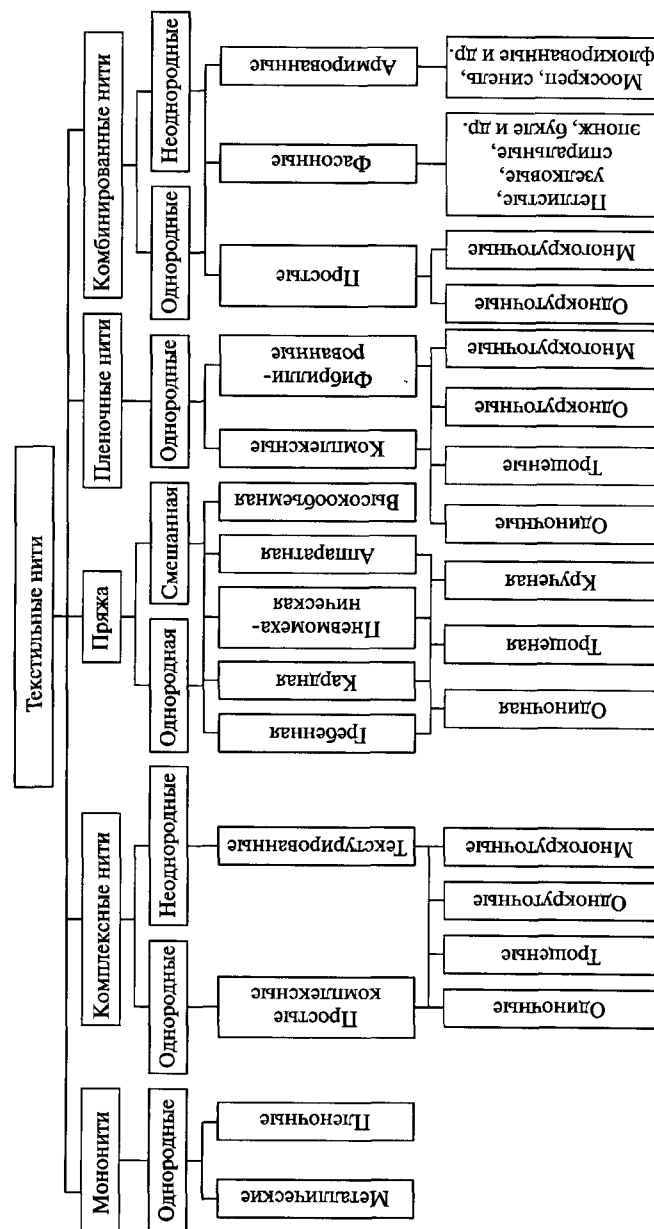


Рис. 3.1. Классификация текстильных нитей

тончайший слой золота или серебра и защитную пленку. Наиболее известными металлическими нитями являются волокна — нить круглого сечения; плюшенка — плоская нить в виде ленточки; канитель — спиральная нить, полученная из волокна или плюшенки. Люрекс, или алюнит, — это ленточки шириной 1...2 мм из алюминиевой фольги с цветным покрытием (часто имитирующие золото или серебро) полиэфирной пленкой. Недостатками этих нитей являются небольшая прочность, ломкость и жесткость.

Для получения пленочных мононитей полимерные пленки разрезают на полосы. Пленки могут быть прозрачными и непрозрачными, цветными, с металлическим напылением. Иногда пленочные нити получают методом термообработки, в результате нити слегка размягчаются и деформируются, создавая эффект неровной поверхности.

Металлические и пленочные мононити используют для создания декоративных эффектов внешнего вида текстильных материалов.

**Комплексные нити** образуются путем соединения двух и более нитей различных видов, строения и волокнистого состава.

Простые комплексные нити располагаются более или менее параллельно друг другу, поэтому их поверхность ровная и гладкая (рис. 3.2, а).

Трещеные комплексные нити — это нити, состоящие из параллельных или слабо скрученных элементарных нитей.

Крученые комплексные нити бывают однокруточными и многокруточными (рис. 3.2, б). В зависимости от степени кручения различают нити пологой крутки (до 230 кр/м), средней крутки — муслин (230...900 кр/м) и высокой крутки — креп (1500...2500 кр/м). Элементарные нити в структуре крученых нитей располагаются по винтовым линиям, поэтому на поверхности нитей заметны витки, плотность расположения которых и угол наклона относительно продольной оси повышаются по мере увеличения степени крутки.

Текстурированные нити представляют собой комплексные нити с измененной путем дополнительной обработки структурой. Текстурированные нити характеризуются повышенной объемностью, рыхлостью и пористостью. Материалы из текстурированных нитей обладают хорошей драпируемостью и формоустойчивостью, а также высокими гигиеническими свойствами. Особенность текстурированных нитей — повышенная растяжимость (до 400 %) с высокой долей обратимой деформации.

Большинство существующих способов текстурирования основано на механическом воздействии (кручении, гофрировании, прессовании и др.) на комплексные нити при одновременном нагревании для стабилизации изменений формы элементарных нитей. Поэтому текстурированию подвергаются чаще всего термо-

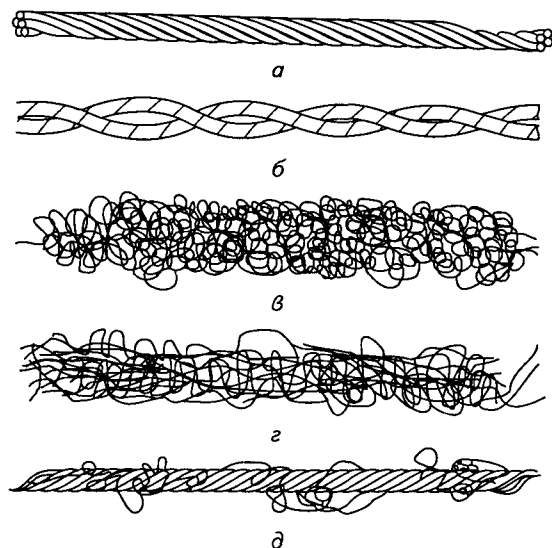


Рис. 3.2. Строение комплексных нитей:

а — одиночная нить; б — однокруточная нить; в — эластик; г — мелан; д — аэрон

пластические нити (полиамидные, полиэфирные и др.) Наиболее распространенным способом текстурирования является способ ложной крутки. Первичная комплексная нить подвергается скручиванию до 2000...4000 кр/м с последующей тепловой фиксацией крутки. При раскручивании нити до первоначального состояния элементарные нити под действием внутренних напряжений, стремясь сохранить фиксированную форму, изгибаются и принимают сложную пространственную форму. Комплексная нить приобретает большую пушистость, объемность и высокую растяжимость. Таким способом получают высокоэластичные полиамидные нити типа эластик (рис. 3.2, в). Для получения нитей повышенной растяжимости устанавливают крутку 2000...2500 кр/м и после раскручивания подвергают нити вторичной тепловой обработке. Это снижает внутреннюю напряженность структуры и фиксирует изогнутую форму элементарных нитей, в результате чего уменьшается растяжимость. К нитям повышенной растяжимости относятся полиамидные — мерон, полиэфирные — мелан, белан (рис. 3.2, г). Если сильный воздушный поток будет действовать на нить, которая в этот момент находится в ненапрянутом состоянии, то элементарные волокна образуют петли, в результате чего увеличивается объемность. Такие нити имеют общее название аэрон (рис. 3.2, д).

**Пряжа** — текстильная нить, состоящая из продольно и последовательно расположенных более или менее распрямленных волокон, соединенных скручиванием.

Пряжу вырабатывают из натуральных волокон (хлопка, льна, шерсти, шелка) и химических штапельных волокон (вискозных, полиэфирных, полиамидных и др.) В зависимости от волокнистого состава пряжа может быть однородной, состоящей из волокон одного вида, и смешанной — из смеси двух или более видов волокон. Однородную или смешанную пряжу из разноцветных волокон называют меланжевой. По строению различают пряжу одиночную, трощеную и крученую. Одиночная пряжа образуется на прядильных машинах при скручивании элементарных волокон. Трощеная пряжа состоит из двух или более сложенных нитей, не соединенных между собой круткой. Это придает нитям большую уравновешенность, чем у одиночной или крученой пряжи. Крученая пряжа получается скручиванием двух и более нитей.

Образование пряжи из волокнистой массы происходит в процессе прядения. Прядением называется комплекс технологических операций, применяемых для выработки пряжи из волокон.

Прядение хлопка в определенной степени отличается от прядения шерсти и льна, прядение средневолокнистого хлопка отличается от прядения хлопка длиноволокнистого и т. д. Тем не менее все существующие способы прядения имеют ряд однородных операций, к которым относятся смешивание, разрыхление, трепание, чесание, выравнивание и утонение лент и собственно прядение.

Смешивание волокон осуществляется для равномерного распределения различных волокон в заданном объеме, что способствует получению равномерной по структуре и свойствам пряжи.

Разрыхление необходимо для разделения крупных клочков волокон на более мелкие, а также для удаления грубых примесей.

Трепание способствует разрыхлению клочков волокон и последующему удалению сорных примесей, оставшихся после разрыхления.

В процессе чесания оставшиеся после предыдущих операций мелкие клочки разделяются на отдельные волокна, происходят частичное распрямление и параллелизация волокон и окончательное удаление сорных примесей.

Волокна, перерабатываемые по гребенной системе прядения, подвергаются гребнечесанию, цель которого — разъединение и отсортировывание коротких волокон, а также удаление растительных примесей и параллелизация волокон.

Сошедшие с кардочесальных и гребнечесальных машин ленты обладают неравномерной толщиной и состоят из недостаточно распрямленных и параллелизованных волокон.

Выравнивание лент по толщине осуществляется на ленточных машинах. В процессе выравнивания несколько лент складывается,

а затем вытягивается. В результате этой операции происходят распрямление и параллелизация волокон.

Утонение лент осуществляется путем их вытягивания по длине на ровничных машинах. После вытягивания лента становится во много раз тоньше, а потому и слабее на разрыв. Для повышения прочности ее слегка скручивают. Сильно утоненная и слегка скрученная лента получила наименование ровницы.

Следующим этапом является прядение. Здесь ровница подвергается вытягиванию до нити требуемой тонины и сильно скручивается. Полученный продукт носит название пряжи.

В зависимости от характера и свойств перерабатываемых в пряжу волокон и от требований, предъявляемых к пряже, различают несколько систем прядения: кардную, гребенную, аппаратную (рис. 3.3).

*Кардная система прядения* применяется для получения пряжи линейной плотностью 15...84 текс из средневолокнистого хлопка, а также из химических и коротких льняных волокон. Кардная пряжа довольно равномерна, имеет среднюю чистоту, но недостаточную гладкость.

В *гребенной системе прядения* используются тонковолокнистый хлопок, лен, тонкая шерсть. Из гребенной пряжи вырабатывают изделия наиболее высокого качества, повышенной чистоты и гладкости.

*Аппаратная система прядения* отличается от описанных выше тем, что в ней отсутствует ряд процессов (гребнечесание, ленточный переход), а ровница формируется непосредственно из волокнистой массы. Волокна в пряже мало распрямлены и мало ориентированы вдоль нити, поэтому пряжа получается рыхлой, ворсистой, пушистой. Аппаратную систему прядения применяют при переработке массы неоднородных и сравнительно коротких волокон: хлопка низких сортов и отходов кардного и гребенного прядения хлопка, применяемых для выработки толстой пряжи. Эта система широко применяется в шерстопрядении для выработки пряжи большой линейной плотности из короткой и неоднородной грубой шерсти в смеси с отходами гребенного прядения, хлопком и химическими волокнами.

Помимо классических видов в производстве пряжи получили распространение безверетенные системы прядения (пневмомеханическая, электростатическая и др.). Чаще всего используют пневмомеханическое прядение, в основе которого лежит принцип механического и аэродинамического воздействия на волокна. Волокна из ленты воздушным потоком подаются в прядильную камеру, которая вращается с частотой 30 000 мин<sup>-1</sup>. Центробежной силой волокна прижимаются к стенкам камеры, группируются в желобе в виде волокнистой ленты, скручиваются и выходят из камеры в виде пряжи.

В связи с особенностями формирования получающаяся при этом пряжа имеет различные форму и плотность расположения волокон в поперечном сечении (рис. 3.4).

Высокообъемная пряжа получается из смеси разноусадочных волокон. Под действием химической или тепловой обработки часть волокон усаживается, в результате чего пряжа становится более растяжимой, объемной, пушистой.

*Пленочные нити* получают либо разрезанием пленки, либо экструдированием их из расплава с последующим вытягиванием и термификацией.



Рис. 3.3. Системы прядения

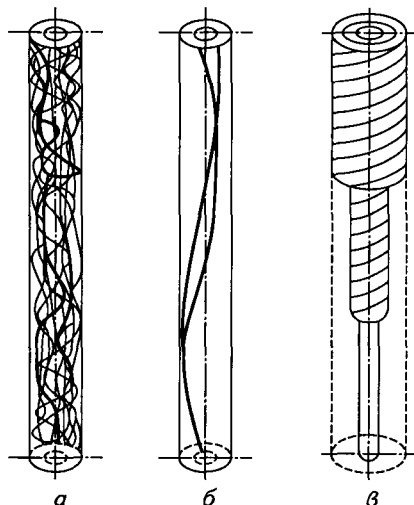


Рис. 3.4. Строение пряжи:

*a* — аппаратной; *б* — кардной; *в* — пневмомеханической

**Комплексные пленочные нити** скручиваются из элементарных пленочных нитей малой ширины.

**Фибриллированная пленочная нить** представляет собой пленочную текстильную нить с продольным расслоением на фибриллы, связанные между собой. Такие нити отличаются объемностью и пушистостью.

**Комбинированные нити** образуются путем соединения двух и более нитей различных видов, строения и волокнистого состава. Комбинированные нити могут состоять: из различной по волокнистому составу или структуре пряжи; из разных по химическому составу или структуре комплексных нитей; из пряжи и комплексной нити; из монопнити; из текстурированной нити и пряжи; из комплексной и текстурированной нити и т. д.

Комбинированные нити могут быть однокруточными и многокруточными. Их можно разделить на простые, армированные и фасонные.

**Простые нити** получают соединением различных нитей примерно одинаковой длины. Различные сочетания исходных нитей позволяют создавать многообразие комбинированных нитей, различающихся структурными параметрами, показателями физико-механических свойств и внешним видом, что, в свою очередь, расширяет ассортимент текстильных материалов, вырабатываемых из этих нитей.

**Армированные нити** имеют сердечник, плотно обвитый, оплетенный или покрытый равномерно по всей длине волокнами или другими нитями. В качестве сердечника используются различные виды пряжи и комплексных нитей.

Армированные нити имеют несколько вариантов получения и строения.

Классическим видом армированной нити является стержневая нить любого вида, обкрученная одним или двумя слоями покровной нити другого состава (рис. 3.5, *a*). Это позволяет сочетать в одной нити свойства, присущие составляющим ее нитям. Например, используя в качестве стержневой нити химическую комплексную нить, а в качестве покровной — нить из натуральных волокон, получают прочную упругую нить с хорошими гигиеническими свойствами. Если в качестве сердечника используют высокоэластичные нити (лайкру, спандекс, резиновую жилку), которые во время обкручивания находятся в растянутом состоянии, то после снятия нагрузки получают высокообъемную пушистую эластичную нить (рис. 3.5, *б*).

Велюровые нити, или синель, состоят из сердцевинной однокруточной нити, в которой перпендикулярно продольной оси закреплено множество коротких волокон, создающих бархатистую поверхность нити (рис. 3.5, *в*).

Флокированные нити получают путем нанесения в электростатическом поле на стержневую нить, покрытую клеем, нарезанного ворса. Регулированием натяжения стержневой нити и напряжения на электродах можно добиться равномерного радиального расположения ворсинок на поверхности нити.

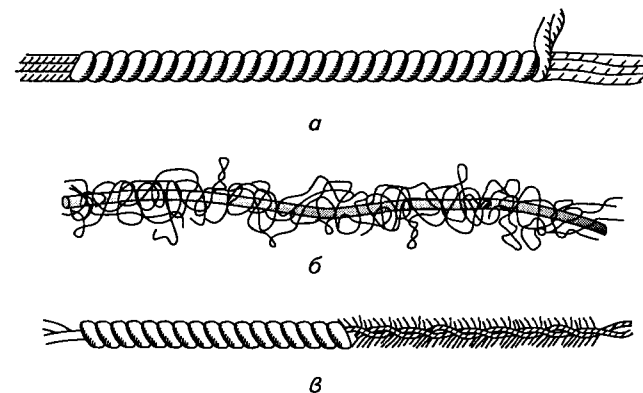


Рис. 3.5. Армированные нити:

*a* — с внешней обмоткой; *б* — с эластичным стержнем; *в* — синель

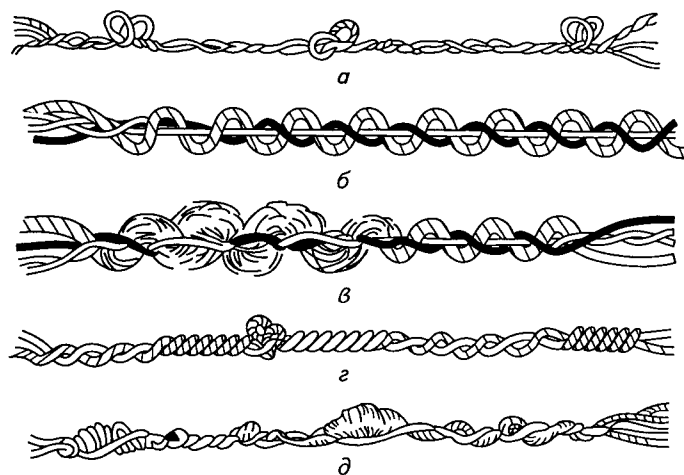


Рис. 3.6. Фасонные нити:

а — петлистая; б — спиральная; в — с ровничным эффектом; г — эпонж; д — узелковая

**Фасонные нити** — текстильные нити, имеющие периодически повторяющиеся местные изменения структуры или окраски (рис. 3.6).

В фасонных нитях сердцевинная нить обвивается нагонной. Эффекты, встречающиеся в фасонных нитях и определяющие их названия, весьма многочисленны и разнообразны. Это могут быть круглые или продолговатые узелки (в узелковой нити); небольшие петли в виде колечек (в петливой); большие пушистые петли (в нитях букле); чередование заметных утолщенных и тонких участков (в переслежистой нити); периодическое изменение плотности и наклона витков нагонной нити вокруг сердцевинной (в спиральной); чередование спиралей и рыхлых многоцветных узелков (в нитях эпонж) и т. д. Встречаются фасонные нити с вплетенными в их структуру отрезками пленочных нитей. Флокированные фасонные нити имеют на поверхности ворс, отличающийся длиной, толщиной, цветом, плотностью расположения. Благодаря фасонным нитям получают текстильные материалы с разнообразной фактурой поверхности.

### 3.2. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ НИТЕЙ И МЕТОДЫ ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Контроль качества текстильных нитей основан на измерении и оценке нормативных показателей в соответствии с действующей нормативно-технической документацией, в которой устанавлива-

Таблица 3.1

| Нити (пряжа)                                                                                   | Показатели качества, характеризующие                                        |                                                                         |                                                               |                                                                 | пороки нитей и намотки                | Дефекты намотки                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
|                                                                                                | геометрические свойства                                                     | неравномерность                                                         | механические свойства                                         | физические (гигроскопические) свойства                          |                                       |                                        |
| Нити (пряжа) хлопчатобумажные, штапельные из синтетических и искусственных волокон и смешанные | Линейная плотность, коэффициент крутки (кроме основной одноплеточной пряжи) | Коэффициент вариации линейной плотности и разрывной нагрузки            | Относительная разрывная нагрузка пасмы или одиночной нити     | Влажность                                                       | Число утолщений на единицу длины      | Пороки внешнего вида, дефекты намотки  |
| Пряжа льняная суровая, из химически обработанного волокна и смешанная                          | Линейная плотность, коэффициент крутки (для пряжи сухого способа прядения)  | То же                                                                   | Разрывная нагрузка одиночной нити                             | Влажность, вязкость раствора целлюлозы и белизна, заостренность | Пороки внешнего вида, дефекты намотки | Внутривибинные пороки, дефекты намотки |
| Пряжа шерстяная и полушерстяная (смешанная)                                                    | Линейная плотность, коэффициент крутки                                      | Коэффициент вариации линейной плотности, разрывной нагрузки и крутки    | Относительная разрывная нагрузка пасмы, удлинение при разрыве | Влажность, содержание жира и растительных примесей              |                                       |                                        |
| Нити из натурального шелка и химические                                                        | Линейная плотность, крутка                                                  | Коэффициент вариации линейной плотности, крутки и удлинения при разрыве | Относительная разрывная нагрузка пасмы, удлинение при разрыве | Влажность, содержание масел, плотность намотки                  |                                       |                                        |

ются требования к свойствам продукции и методы испытания для их контроля.

Требования к показателям качества текстильных нитей регламентированы в стандартах, технических условиях или другой нормативно-технической документации.

Показатели качества нитей должны определять основные требования к их изготовлению.

Показатели качества нитей разделяют на общие, обязательные для нитей всех видов, дополнительные, обязательные для нитей некоторых видов и обусловленные их назначением.

В табл. 3.1 приведены показатели качества нитей, нормируемые в стандартах. Таблица составлена с учетом стандартов, устанавливающих номенклатуру показателей качества пряжи и нитей, вырабатываемых для хлопчатобумажной, шерстяной, льняной и шелковой промышленности.

К общим показателям качества нитей относятся такие показатели, как вид применяемого сырья (для смешанных — содержание тех или иных видов волокон, %); линейная плотность, текс; допустимые отклонения от номинальной линейной плотности, %; коэффициент вариации линейной плотности, %; разрывная нагрузка, сН; относительная разрывная нагрузка пасмы или одиночной нити, мН/текс; коэффициент вариации разрывной нагрузки, %; разрывное удлинение, %; крутка, кр/м; коэффициент крутки; влажность, %; чистота (определяемая классом).

К дополнительным показателям качества нитей относятся: коэффициент вариации крутки, %; устойчивость окраски, баллы; содержание аппрета, %; степень мерсеризации, %; белизна, %; парафинирование, %; пороки внешнего вида; содержание жира; устойчивость окраски и др.

Выбор тех или других показателей определяется видом используемых нитей или пряжи. Для более конкретного выбора номенклатуры показателей используются стандарты.

### 3.2.1. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИТЕЙ

**Линейная плотность** является стандартной характеристикой толщины нитей. Для определения линейной плотности используют отрезки нитей длиной 200, 100, 50, 25, 10 и 5 м. Они наматываются на ручных или механических мотовилах с периметром  $(1000 \pm 2)$  мм.

Фактическую линейную плотность нитей  $T_f$  находят путем их взвешивания и вычисления по формуле

$$T_f = \frac{\sum m}{Ln}, \quad (3.1)$$

где  $\sum m$  — сумма масс отрезков нити, г;  $L$  — длина отрезка нити, км;  $n$  — число отрезков.

Линейная плотность предназначенной к выработке нити называется номинальной. По номинальной линейной плотности нити  $T_n$  рассчитывают массу материала. Отклонение фактической плотности нити от номинальной, %, определяют по формуле

$$\Delta T = \frac{(T_f - T_n)100}{T_n}. \quad (3.2)$$

Расчетный диаметр нити

$$d_{\text{расч}} = 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\delta}}, \quad (3.3)$$

где  $\delta$  — средняя плотность нити, мг/мм<sup>3</sup>.

Условный диаметр нити

$$d_{\text{усл}} = 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\gamma}}, \quad (3.4)$$

где  $\gamma$  — плотность вещества нити, мг/мм<sup>3</sup>.

Наряду с линейной плотностью нитей достаточно часто встречается другой показатель — метрический номер  $N = L/m$ , м/г.

Таким образом,

$$NT = 1000. \quad (3.5)$$

**Скручивание** позволяет сформировать из сравнительно коротких волокон пряжу любой длины, обеспечивая связь между элементами пряжи. Скручивание нескольких нитей (пряжи) применяют для получения толстой, прочной и равномерной нити. Путем изменения интенсивности и выбора разных способов скручивания создают внешний эффект на нитях и в готовых изделиях.

**Крутка**  $K$  является мерой интенсивности скрученности нитей одинаковой линейной плотности и одинакового волокнистого состава.

Крутка — число кручений, приходящихся на один метр длины нити:

$$K = \frac{n}{L}, \quad (3.6)$$

где  $n$  — число кручений (кр.);  $L$  — длина образца, м.

**Коэффициент крутки**  $\alpha$  характеризует интенсивность скрученности нитей различной линейной плотности, но одинакового волокнистого состава. Он равен

$$\alpha = \frac{K\sqrt{T}}{100}. \quad (3.7)$$

Чем интенсивнее скручена нить, тем больше коэффициент крутки.

По степени крутки (числу кручений на 1 м длины) различают нити крутки:

пологой — до 230 кр/м (используются в трикотажном производстве);

средней — 230...900 кр/м (текстильную нить средней крутки называют муслином);

высокой — 1500...2500 кр/м (текстильную нить высокой крутки называют крепом).

При полой крутке нить получается менее прочной, при высокой — более прочной, жесткой и упругой. Ткани, выработанные из нитей полой крутки, на ощупь мягкие, а из нитей высокой крутки — жесткие, с высокой устойчивостью к сминаемости.

В том случае, если нужно сравнить интенсивность скрученности образцов, отличающихся не только собственной линейной плотностью, но и линейной плотностью используемых в пряже волокон, применяется характеристика *угол кручения* — угол наклона наружных волокон или нитей к оси, вокруг которой скручиваются нити:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\alpha}{89,6\sqrt{\delta}}, \quad (3.8)$$

где  $\delta$  — плотность нити, мг/мм<sup>3</sup>.

Направление наружных витков волокон или нитей принято обозначать буквами Z и S. При крутке Z витки идут снизу слева вверх направо, при крутке S витки идут снизу справа вверх налево (рис. 3.7). Для нитей, скрученных в несколько приемов, направления крутки обозначаются начиная с первой крутки последовательно для всех процессов скручивания буквами Z и S, разделенными наклонными чертами (например, Z/S, Z/Z/S, Z/S/Z и т. д.).

Направление крутки нитей имеет большое значение для внешнего вида и свойств тканей. Если крутка основы и утка имеет одно направление (рис. 3.8, а),

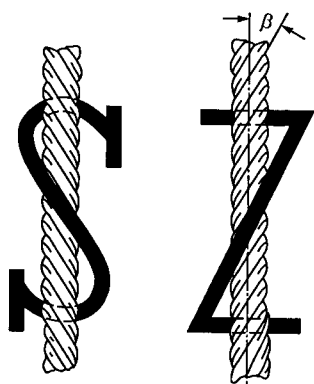


Рис. 3.7. Условные обозначения направлений крутки: левого S и правого Z

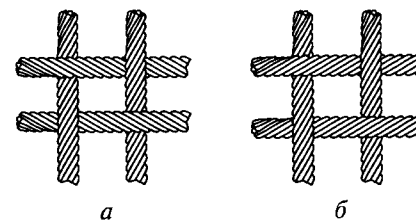


Рис. 3.8. Сочетание направлений крутки в основе и утке ткани

то витки располагаются в разные стороны и рисунок переплетения выступает отчетливо. Если же основа и уток имеют разное направление крутки (рис. 3.8, б), то витки располагаются в одном направлении, благодаря чему легче осуществляются начесывание и свойлачивание тканей.

Чередование направлений крутки при многократном скручивании позволяет получить нить уравновешенной крутки, при которой не образуются петли и нить не раскручивается. Наоборот, если направления первой и второй круток совпадают или при разных направлениях круток их степени сильно отличаются, нить получается особенно жесткой, с большой способностью образовывать петли, так как крутка не уравновешена.

Крутка является основным технологическим параметром, изменение которого позволяет изменять различные свойства нитей. С увеличением степени скрученности нити уплотняются, следствием чего является повышение средней плотности нити и уменьшение ее диаметра. При этом уплотнение волокон в начальный период скручивания происходит наиболее интенсивно и сопровождается сдвигом (скольжением) волокон. С увеличением крутки прирост средней плотности уменьшается (рис. 3.9, а). При скручивании комплексных нитей вследствие укрутки при большой степени скрученности поперечник иногда может увеличиваться (рис. 3.9, б).

Разрывная нагрузка пряжи увеличивается с повышением крутки, достигает максимума, а затем уменьшается (рис. 3.9, в). Крутка, при которой нить имеет максимальную разрывную нагрузку, называется критической. Положительное влияние крутки на прочность заключается в увеличении сил трения между волокнами при скручивании до значений, превышающих прочность волокон, и равномерности пряжи в результате того, что ее утоненные места скручиваются больше, чем утолщенные. Однако с повышением степени скрученности пряжи выше определенного предела волокна из-за деформации кручения и сжатия разрушаются, вследствие чего прочность пряжи уменьшается.

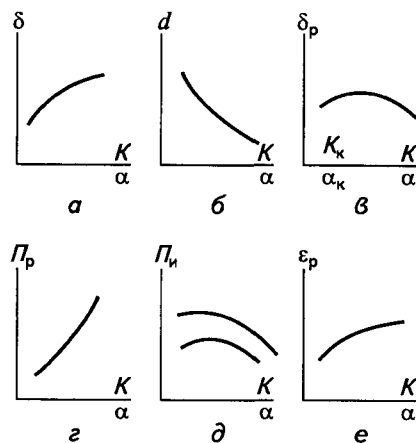


Рис. 3.9. Кривые зависимости от коэффициента крутки  $K$ :

$a$  — средней плотности  $\delta$ ;  $b$  — диаметра нити  $d$ ;  $c$  — напряжения при разрыве  $\delta_p$ ;  $d$  — выносливости нити при растяжении  $P_r$ ;  $e$  — стойкости к истиранию  $P_n$ ;  $f$  — разрывного удлинения  $\epsilon_p$

Для комплексной нити положительный эффект от увеличения крутки значительно меньше, чем для пряжи. При повышении степени скрученности пряжи значительно повышается их долговечность (рис. 3.9,  $g$ ).

При многократном деформировании нитей на изгиб и на истирание положительный эффект от крутки получается значительно меньшим, чем при многократном растяжении (рис. 3.9,  $d$ ). Стойкость комплексных нитей многих видов к многократному изгибу имеет максимум, после которого этот показатель уменьшается.

Усиление межволоконистых связей с повышением крутки приводит к повышению разрывного удлинения (рис. 3.9,  $e$ ).

При стандартных испытаниях для определения фактической крутки применяют два метода: непосредственного раскручивания и удвоенного кручения.

**Метод непосредственного раскручивания** состоит в том, что отрезок нити заданной длины раскручивают до полной параллелизации волокон или составляющих его нитей. Данный метод используется при линейной плотности нитей более 84 текс.

При **методе удвоенного кручения** нить вначале раскручивают, что приводит к увеличению ее длины, а затем вновь закручивают, но в сторону, противоположную первоначальному кручению. При закручивании нити ее длина уменьшается, и когда она становится равной первоначальной длине, испытание прекращают. В этот момент число кручений нити равно первоначальному, но направление крутки обратное.

Крутку нитей определяют на круткомерах (рис. 3.10).

Круткомер имеет два зажима: невращающийся 4 и вращающийся 5 от приводного механизма 8. В них закрепляется отрезок испытуемой нити определенной длины. Зажим 5 соединен со счетчиком числа оборотов 6, имеющим указатель 7. Невращающийся зажим 4 закреплен на двуплечем рычаге 3 с указателем на конце, который может поворачиваться вокруг оси под действием груза 1. Упор 2 ограничивает поворот рычага влево.

При методе непосредственного раскручивания нить разматывается до полной параллелизации волокон в пряже и нитях. Счетчик 6 показывает число кручений на заданной длине нити. Крутка определяется по формуле

$$K = \frac{n}{L}. \quad (3.9)$$

При методе двойного кручения невращающийся зажим 4 отклоняется влево под действием груза 1. Вращая зажим 5 в сторону, обратную крутке, раскручивают нить, при этом длина ее увеличивается и рычаг 3 отходит влево. Для предотвращения расползания пряжи в момент раскручивания перемещение зажима 4 ограничивается упором 2. После полного раскручивания нити вращение продолжается в ту же сторону. Нить закручивается в сторону, обратную первоначальной крутке, при этом рычаг 3 возвращается в первоначальное положение. Счетчик 6 показывает удвоенное число кручений, а крутка определяется по формуле

$$K = \frac{n}{2L}. \quad (3.10)$$

Важным показателем, характеризующим скрученность нити, является укрутка нити.

Укрутку нити определяют как разницу между первоначальной длиной нити  $L_1$  и ее длиной после скручивания  $L_2$ , выраженную в процентах первоначальной длины:

$$U = \frac{(L_1 - L_2)100}{L_1}. \quad (3.11)$$

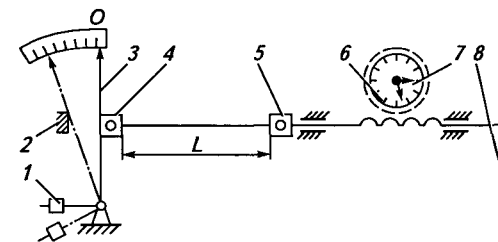


Рис. 3.10. Принципиальная схема круткомера

При скручивании нити вследствие обратимости упругой деформации возникает крутящий момент, направленный в сторону, обратную скручиванию. Это приводит к раскручиванию нити и образованию петель — сукрутин. Полученная нить называется неравновесной.

Равновесность имеет особенно большое значение для швейных ниток и крученой пряжи, применяемых в швейном производстве. Сукрутины неравновесных ниток застревают в отверстиях игл швейных машин или нитенаправителей и вызывают обрыв ниток.

Равновесность нити определяют путем складывания нити длиной 1 м пополам и считают нить равновесной, если на ее свешивающейся части образуется не более шести витков (рис. 3.11).

**Неравномерность нитей по линейной плотности** является важным показателем, так как наличие такой неравномерности вызывает полосатость изделий и портит их внешний вид. Повышенная неравномерность нитей снижает прочность волокон в пряже, из-за чего ухудшаются механические свойства нитей и повышается их обрывность при переработке. Поэтому определение неравномерности входит в общую качественную оценку нитей самых разнообразных видов.

Для определения неровноты нитей используется несколько методов: визуальный, весовой и инструментальный.

При *визуальном методе* нить наматывают на контрастный экран с постоянным шагом. Если намотана ровная по толщине нить, то создается впечатление поверхности намотки, равномерной по оттенку. Неравномерная по толщине нить создает полосатость поверхности намотки. Для объективной оценки неравномерности намотанную нить сравнивают с фотоэталоны.

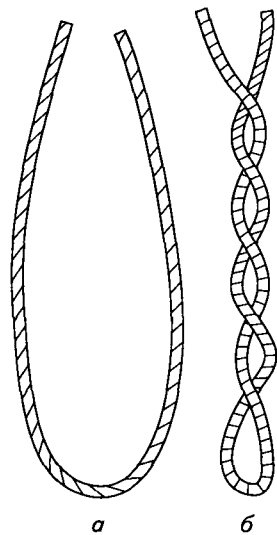


Рис. 3.11. Равновесная (а) и неравновесная (б) нити

При *весовом методе* определяется коэффициент вариации линейной плотности отрезков заданной длины. В качестве образцов используются нити длиной 200, 100, 50, 25, 20, 10, 5, 1 и 0,5 м. Чем меньше коэффициент вариации, тем меньше неровнота нити.

При *инструментальном методе* используется косвенный метод измерения толщины нити и ее неравномерности с помощью электроемкостных, фотоэлектрических и других датчиков.

Приборы для определения неровноты по толщине нитей с электроемкостным

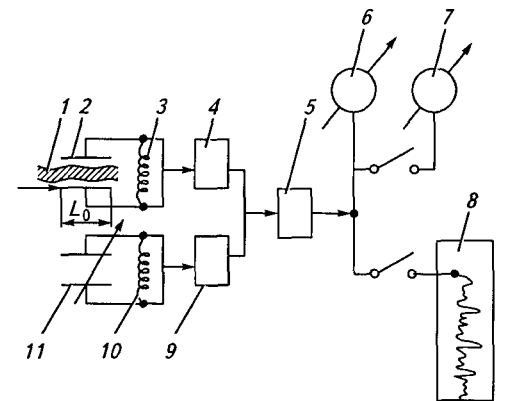


Рис. 3.12. Схема прибора «Устер»

датчиком получили широкое распространение. Наиболее известным является прибор для определения неровноты «Устер».

Испытуемая нить 1 (рис. 3.12) проходит через датчик-конденсатор 2, который вместе с катушкой самоиндукции 3 является колебательным контуром генератора 4. Частота последнего сравнивается с постоянной частотой генератора 9. Так как частота генератора 4 зависит от емкости датчика-конденсатора 2, а последняя — от линейной плотности нити 1, то разница в частотах генераторов 4 и 9 все время изменяется в соответствии с неравномерностью линейной плотности нити. У генератора 9 катушка самоиндукции 10 одинакова с катушкой самоиндукции 3, а конденсатор 11 переменной емкости устанавливается так, что частота генератора 9 равна частоте генератора 4 в тот момент, когда в измерительном датчике-конденсаторе 2 находится нить.

При движении нити непрерывное изменение ее линейной плотности создает переменную разность частот генераторов 4 и 9, которая через частотомер 5 регистрируется миллиамперметром 6, измерительным прибором интегратора 7 и записывается устройством 8, вычерчивающим кривую колебаний линейной плотности нити. С помощью интегратора измеряется коэффициент вариации линейной плотности вдоль длины нити.

Чем больше время интегрирования и скорость движения нити, тем на больших длинах измеряется неравномерность линейной плотности нити. Диаграммная запись колебаний массы нити по длине позволяет определять характер неровноты и источники ее возникновения, а также рассчитывать коэффициент неровноты или коэффициент вариации по линейной плотности нити.

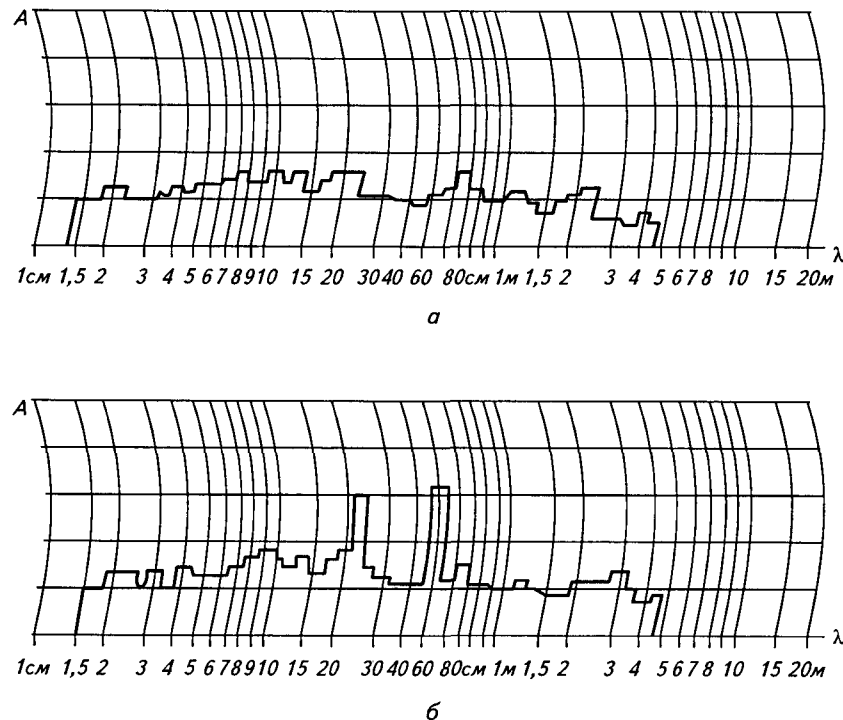


Рис. 3.13. Спектрограммы:

*a* — равномерной нити; *б* — нити, имеющей периодическую неровноту с длинами волн 22 и 50 см

Неравномерность нитей по толщине имеет сложный характер и может быть выражена спектром волн с длинами от долей сантиметра до сотен метров. Для измерения колебаний линейной плотности, а также для оценки неравномерности на разных единицах длины интегрирование колебаний по массе производят за разные промежутки времени и при разной скорости движения нити.

Идеально равномерная нить дает на спектрограмме прямую, совпадающую с осью  $\lambda$ . В действительности нить, имеющая колебания по толщине, но без преобладания определенной длины волны, будет характеризоваться спектрограммой, изображенной на рис. 3.13, *a*, где по оси ординат откладывается амплитуда колебаний  $A$ , а по оси абсцисс — длина волны  $\lambda$ . Спектрограмма на рис. 3.13, *б*, наоборот, показывает два резко выраженных пика колебаний толщины нити. Проанализировав весь технологический процесс получения нити и зная длину волны этой неровноты, можно определить место возникновения дефекта нити.

Механическими называются свойства, характеризующие отношение материалов к действию различно приложенных внешних сил.

Механические свойства волокон и нитей зависят от их строения, от составляющих их веществ, однако проявляются они только при действии на них тех или иных сил. Внешние силы могут прилагаться в различных направлениях и в зависимости от этого вызывать в волокнах и нитях деформации растяжения, сжатия, изгиба, кручения. Для текстильных материалов и нитей наиболее часто встречающимся видом воздействия является растяжение.

Для каждого вида деформации в зависимости от способа осуществления испытательного цикла, включающего в себя приложение к материалу силы (нагружения), разгрузку и последующий отдых, получают три группы характеристик механических свойств: полуцикловые, одноцикловые и многоцикловые.

Полуцикловые характеристики определяют отношение материалов к однократному нагружению и показывают предельные механические возможности материала.

Одноцикловые характеристики получают при продолжительных режимах нагружения и последующего отдыха. Эта характеристика отчетливо выявляет влияние временного фактора, особенности деформации материала, его способность сохранять форму и др.

Многоцикловые характеристики показывают устойчивость механических свойств при многократных силовых воздействиях. При многократном действии малых сил нарушается структура тел, ослабевают межмолекулярные связи, даже разрушаются молекулы. Таким образом, многоцикловыми характеристиками оценивают устойчивость структуры.

**Полуцикловые разрывные характеристики** текстильных материалов позволяют судить об их предельных механических возможностях. Примером полуцикловой характеристики нитей является разрывная нагрузка.

**Разрывная нагрузка**  $P_R$ , сН, Н — наибольшее усилие, выдерживаемое материалом до разрушения и выражающее его способность воспринимать нагрузку. Этот показатель является обязательным для большинства текстильных материалов различного волокнистого состава. Интерес к нему объясняется сравнительной простотой его определения. Кроме того, разрывная нагрузка позволяет косвенно оценить качественный состав сырья, используемого для выработки продукции.

Относительная разрывная нагрузка  $P_0$ , сН/текс, — отношение разрывной нагрузки к ее линейной плотности:

$$P_0 = \frac{P_p}{T}. \quad (3.12)$$

Разрывное напряжение  $\sigma_p$ , Па, — разрывная нагрузка  $P_p$ , отнесенная к площади поперечного сечения  $S$ , мм<sup>2</sup>:

$$\sigma = \frac{P_p}{S}. \quad (3.13)$$

Абсолютное разрывное удлинение  $l$ , мм, — приращение длины пробы материала к моменту разрыва:

$$l_p = L_1 - L_0, \quad (3.14)$$

где  $L_1$  — длина пробы в момент разрыва, мм;  $L_0$  — начальная (зажимная) длина пробы, мм.

Относительное разрывное удлинение  $\epsilon_p$ , %, — отношение абсолютного разрывного удлинения к начальной длине пробы:

$$\epsilon_p = \frac{l_p}{L_0}. \quad (3.15)$$

Абсолютная работа разрыва  $R_p$ , Дж, — работа, затраченная на преодоление энергии связей между частицами структуры пробы при ее разрушении:

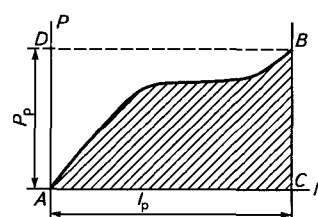
$$R_p = P_p l_p \eta, \quad (3.16)$$

где  $\eta$  — коэффициент полноты диаграммы растяжения.

$$\eta = \frac{S_{ABC}}{S_{ADBC}}.$$

Работа разрыва может определяться как площадь, ограниченная кривой на диаграмме растяжения в осях «разрывная нагрузка — абсолютное удлинение» (рис. 3.14).

Чем выше значение  $\eta$ , тем большую работу нужно совершить для разрыва изделия.



Типичные значения полуцикловых разрывных характеристик приведены в табл. 3.2.

Кривые растяжения волокон и нитей приведены на рис. 3.15 и 3.16.

Рис. 3.14. Схема определения работы разрыва с помощью диаграммы растяжения

Полуцикловые характеристики механических свойств при растяжении определяют при испытании нитей на разрывных машинах. Наиболее распространенными являются машины с маятниковым силоизмерителем, принципиальная схема которых приведена на рис. 3.17.

Таблица 3.2

| Пряжа                   | Линейная плотность, текс | Разрывная нагрузка, сН | Разрывное удлинение, % | Работа разрыва, Дж · 10 <sup>-7</sup> |
|-------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Хлопчатобумажная пряжа: |                          |                        |                        |                                       |
| кардная                 | 12...100                 | 132...940              | 6...9                  | 600...8450                            |
| гребенная               | 5...84                   | 64...1340              | 5...8                  | 320...10700                           |
| Льняная пряжа:          |                          |                        |                        |                                       |
| сухого прядения         | 56...1200                | 7700...22000           | 5...6                  | 3850...132000                         |
| мокрого прядения        | 34...200                 | 560...3900             | 4...5                  | 2240...19500                          |
| Шерстяная пряжа:        |                          |                        |                        |                                       |
| аппаратная              | 60...200                 | 1800...7800            | 2...12                 | 400...9000                            |
| тонкогребенная          | 20...56                  | 100...350              | 6...20                 | 600...7000                            |
| Шелк:                   |                          |                        |                        |                                       |
| коконная нить           | 0,22...0,33              | 6...9                  | 14...15                | 84...405                              |
| шелк-сырец              | 1,5...4,7                | 440...1420             | 16...17                | 7040...2420                           |
| Вискозная пряжа         |                          |                        |                        |                                       |
|                         | 25                       | 200                    | 10                     | 900                                   |

Образец 10 крепится между зажимами 7, 11.

При опускании нижнего зажима проба натягивается, сектор 6 поворачивается по часовой стрелке относительно оси 5 и маятник отклоняется влево. В момент разрыва пробы маятник удерживается зубцами 2 рейки шкалы нагрузки 1. Указатель 4 маятникового силоизмерителя с грузом 3 показывает на шкале разрывную нагрузку пробы.

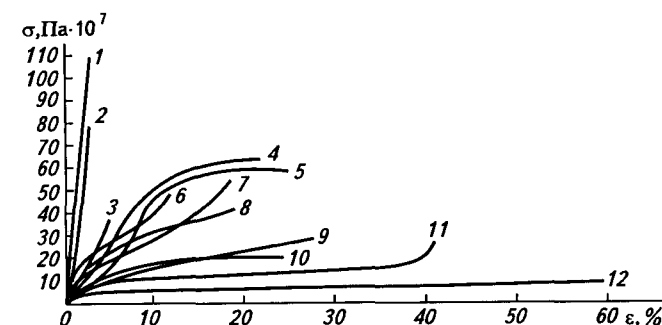


Рис. 3.15. Кривые растяжения волокон:

1 — стеклянного; 2 — льняного (э. н.); 3 — хлопкового; 4 — лавсанового (э. н.); 5 — капронового (э. н.); 6 — вискозного упрочненного (э. н.); 7 — нитронового; 8 — шелка (коконной нити); 9 — вискозного обыкновенного (э. н.); 10 — ацетатного (э. н.); 11 — тонкой шерсти; 12 — казеинового (э. н. — элементарная нить)

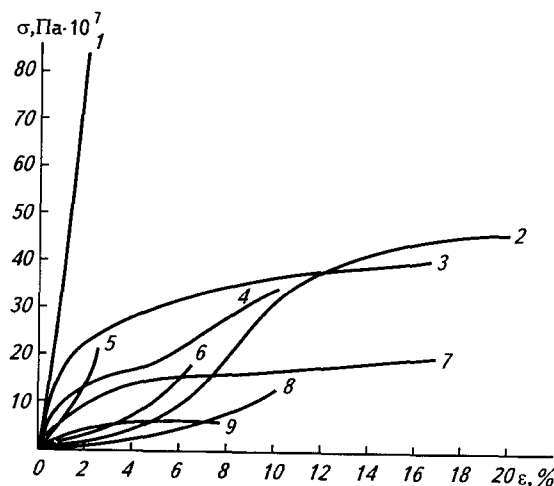


Рис. 3.16. Кривые растяжения нитей:

1 — стеклянной комплексной нити 7 текс; 2 — капроновой комплексной нити 5 текс; 3 — шелка-сырца 2,5 текс; 4 — вискозной упрочненной нити 9 текс; 5 — льняной пряжи 70 текс сухого прядения; 6 — хлопчатобумажной кардной пряжи 25 текс; 7 — вискозной обыкновенной нити 25 текс; 8 — вискозной штапельной пряжи 25 текс; 9 — шерстяной гребенной пряжи 40 текс

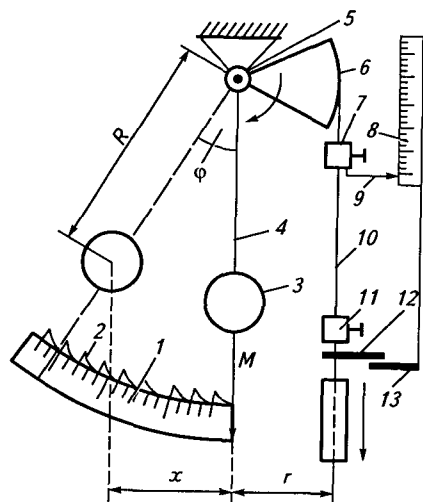


Рис. 3.17. Принципиальная схема разрывной машины с маятниковым силоизмерителем

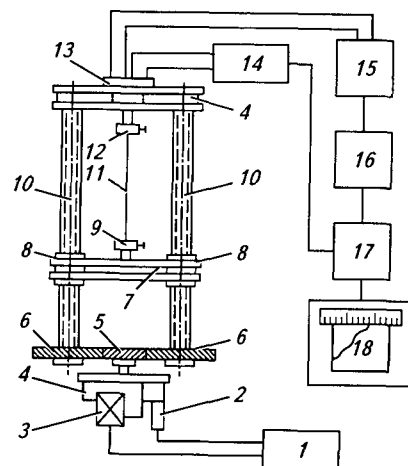


Рис. 3.18. Принципиальная схема разрывной машины «Инстрон»

В период растяжения при опускании нижнего зажима выступ 12 тянет вниз рычаг 13, на верхнем конце которого закреплена шкала удлинения 8. В начальном положении указатель 9, закрепленный на верхнем зажиме, находится на нулевом делении шкалы. При растяжении пробы верхний зажим отстает от нижнего на величину, равную удлинению, которое показывает указатель этой шкалы.

Нагрузка на пробу пропорциональна синусу угла  $\phi$  отклонения маятникового силоизмерителя.

Широкое распространение получили машины с электрическими силоизмерителями. К их числу относится универсальная разрывная машина «Инстрон» (Великобритания), принципиальная схема которой показана на рис. 3.18.

Машина предназначена для испытания различных текстильных материалов — волокон, нитей, изделий.

Пробу 11 закрепляют в верхнем зажиме 12 и нижнем 9, установленном на каретке 7, которая с помощью гаек 8 закреплена на винтах 10. При вращении винтов каретка опускается с постоянной скоростью, растягивая пробу. Винты приводятся в движение от электродвигателя 3 через коробку скоростей 4 и шестерни 5 и 6. Питание и регулирование частоты вращения электродвигателя осуществляются от устройства 1 с помощью сельсина 2.

Усилия, возникающие в пробе при растяжении, через верхний зажим подаются на электрический силоизмеритель 13 (тензодатчик сопротивления). Силоизмерители являются сменными и работают в трех диапазонах измеряемых нагрузок: 0...50 сН — для волокон; 0...2000 сН — для нитей, 0...100 000 сН — для изделий.

Питание силоизмерителя осуществляется от генератора 14 током с частотой 390 Гц. Ток от силоизмерителя, миновав два каскада усиления 15 и 16, подается на фильтр 17 и самописец 18 для записи диаграммы растяжения. По ней снимают показатели разрывной нагрузки и разрывного удлинения пробы в соответствии с масштабом записи, определяемым отношением установленных скоростей перемещения диаграммной бумаги и нижнего зажима.

**Одноцикловые характеристики нитей.** Под действием внешних сил волокна и нити деформируются, причем характер и степень деформации зависят от характера и величины приложенного напряжения, скорости приложения и продолжительности действия нагрузки, от параметров окружающей среды, а также от свойств самого материала. Деформация текстильных волокон и нитей, как и всех полимерных материалов, складывается из трех частей:

1) обратимой упругой деформации  $\epsilon_e$ , которая образуется мгновенно при приложении внешнего усилия и исчезает после удаления нагрузки;

2) обратимой эластической деформации  $\epsilon_э$ , которая развивается под действием нагрузки и исчезает через некоторое время после ее удаления;

3) необратимой пластической деформации  $\epsilon_п$ , которая не исчезает после удаления нагрузки.

*Обратимая упругая деформация* возникает потому, что под действием внешней силы происходят небольшие изменения средних расстояний между частицами полимеров, составляющих текстильные волокна, а также между соседними звеньями и атомами в макромолекулах. При этом межмолекулярные и межатомные связи сохраняются, а валентные углы немного увеличиваются. Упругая деформация не может быть большой: при удалении частиц на значительные расстояния нарушается связь между ними, возникают трещины и разрывы.

*Обратимая эластическая деформация* возникает вследствие того, что под действием внешней силы происходит изменение конфигурации макромолекул полимеров — их перегруппировка.

Под действием внешней силы макромолекулы полимеров переходят в распрямленное состояние и ориентируются по направлению действия сил, т. е. растяжения вдоль оси волокон. Звенья одной и той же молекулы вследствие ее изогнутости взаимодействуют друг с другом, эти перемещения совершаются лишь малыми участками полимерных молекул и вместо нарушенных межмолекулярных взаимодействий тотчас возникают новые.

Для подобной перегруппировки требуется значительное время. Она осуществляется как релаксационный процесс, протекающий во времени и приводящий к достижению равновесного состояния. Эластическая деформация развивается во времени с небольшой скоростью и сильно зависит от условий, влияющих на интенсивность межмолекулярного взаимодействия.

*Необратимая пластическая деформация* возникает вследствие того, что под действием внешней силы происходят необратимые смещения звеньев макромолекул на довольно большие расстояния. Из-за того что при этом виде деформации в волокнах макромолекулам приходится преодолевать значительные межмолекулярные связи, она развивается еще медленнее, чем эластическая. В чистом виде развитие пластической деформации, представляющей собой течение материала, является стационарным и продолжается долго — до разрушения материала. Пластическая деформация необратима, так как после удаления внешней силы отсутствуют причины, которые могли бы заставить ее исчезнуть.

Наряду с собственно пластической деформацией в пряже проявляется другой вид необратимой деформации, который обычно формально относят к пластической деформации. Это необратимая деформация, появляющаяся вследствие смещения плохо закреп-

ленных целых волокон или больших участков в нити. Когда внешняя сила преодолевает силы трения, удерживающие данный участок волокон, зажатый среди других волокон, он сразу смещается, если растяжение осуществляется путем быстрого приложения значительной силы. Необратимые смещения происходят почти с той же скоростью.

Таким образом, абсолютное полное удлинение (деформация) определяется как сумма всех составляющих ее частей:

$$l = l_y + l_э + l_п, \quad (3.17)$$

где  $l_y$ ,  $l_э$ ,  $l_п$  — соответственно упругая, эластическая и пластическая части деформации.

Отношение абсолютных удлинений к исходной зажимной длине  $L_0$  дает относительные удлинения, %, для которых справедливы равенства

$$\epsilon = \frac{l \cdot 100}{L_0}; \quad \epsilon_y = \frac{l_y \cdot 100}{L_0}; \quad \epsilon_э = \frac{l_э \cdot 100}{L_0}; \quad \epsilon_п = \frac{l_п \cdot 100}{L_0}, \quad (3.18)$$

тогда  $\epsilon = \epsilon_y + \epsilon_э + \epsilon_п$ .

Доля компонентов относительного удлинения в полном удлинении определяется из равенств

$$\Delta_y = \frac{l_y}{L_0}; \quad \Delta_э = \frac{l_э}{L_0}; \quad \Delta_п = \frac{l_п}{L_0},$$

откуда

$$\Delta_y + \Delta_э + \Delta_п = 1. \quad (3.19)$$

Для определения изменения во времени удлинения растянутых нитей и компонентов их удлинения применяют прибор, называемый релаксометром.

Схема прибора приведена на рис. 3.19. Каждую отдельную нить 2 закрепляют в неподвижном зажиме 4 и в подвижном зажиме 1, подвешенном на ленте на блоке 10 и уравновешенном грузом 7. На палец 11 блока 10 давит штифт 12, закрепленный в блоке 9. Ось, на которой насажены блоки, состоит из двух частей. Та часть, где сидит блок 10, заточена на конус и вращается с одной стороны в подшипнике, а с другой — в углублении, сделанном во второй части оси, на которой сидит блок 9. Когда штифт 12 давит на палец 11, блоки поворачиваются против часовой стрелки; когда же с помощью рычажной системы 16 и штифта 15 блок 9 поворачивается по часовой стрелке, блоки 9 и 10 расцепляются. При соединенных блоках осуществляют нагрузку на нить цепью 5, закреп-

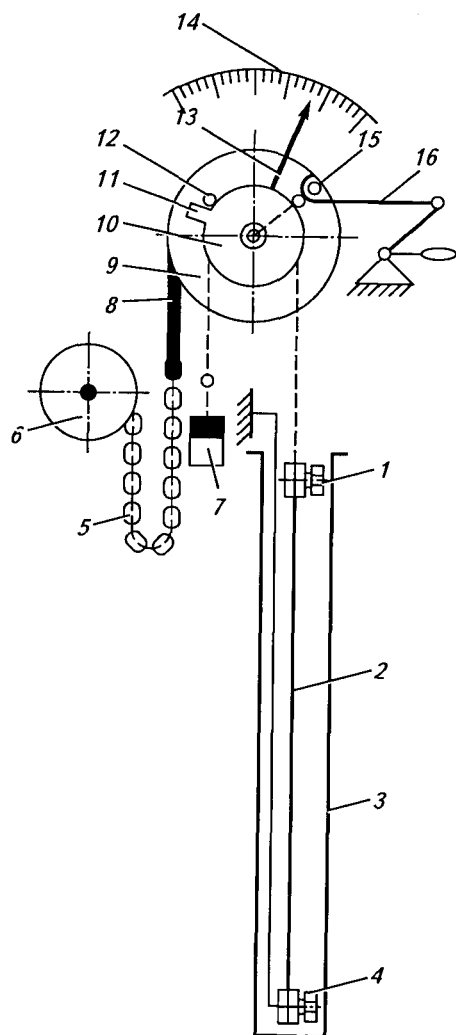


Рис. 3.19. Принципиальная схема релаксометра РМ-5 для нитей

ленной концом с помощью металлической ленты 8 на блоке 9 и сматывающейся с блока 6. Разъединив блоки, освобождают нить от нагрузки. Это дает возможность наблюдать за исчезновением быстрообратимого и медленнообратимого компонентов удлинения при отдыхе разгруженной нити. Изменения длины нити пока-

зываются стрелкой 13 на шкале 14. Образец может быть помещен в различные жидкости, для чего служит стакан 3.

Типичные значения компонентов деформации растяжения волокон и нитей приведены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

| Волокно, пряжа, нить           | Линейная плотность, текс | Полная деформация, % зажимной длины | Доля в полной деформации компонента |               |               |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------|
|                                |                          |                                     | упругого                            | эластического | пластического |
| Средневолокнистый хлопок       | 0,2                      | 4                                   | 0,23                                | 0,21          | 0,56          |
| Хлопчатобумажная кардная пряжа | 25                       | 3,7                                 | 0,22                                | 0,14          | 0,64          |
| Льняное техническое волокно    | 5                        | 1,1                                 | 0,51                                | 0,04          | 0,45          |
| Льняная пряжа сухого прядения  | 42                       | 1,8                                 | 0,22                                | 0,11          | 0,67          |
| Тонкое шерстяное волокно       | 0,4                      | 4,5                                 | 0,71                                | 0,16          | 0,13          |
| Шерстяная гребенная пряжа      | 42                       | 3,7                                 | 0,3                                 | 0,22          | 0,18          |
| Шелк-сырец                     | 2,5                      | 3,3                                 | 0,3                                 | 0,31          | 0,39          |
| Вискозная комплексная нить:    |                          |                                     |                                     |               |               |
| обыкновенная                   | 9                        | 6,4                                 | 0,11                                | 0,19          | 0,7           |
| упрочненная                    | 9                        | 4,9                                 | 0,12                                | 0,2           | 0,68          |
| Капроновое штапельное волокно  | 0,4                      | 9,5                                 | 0,71                                | 0,13          | 0,16          |
| Капроновая комплексная нить    | 5                        | 6,3                                 | 0,76                                | 0,21          | 0,03          |
| Лавсановое штапельное волокно  | 0,3                      | 16,2                                | 0,49                                | 0,24          | 0,27          |
| Лавсановая аппаратная пряжа    | 36                       | 10                                  | 0,29                                | 0,22          | 0,49          |
| Нитроновое штапельное волокно  | 0,6                      | 8,6                                 | 0,45                                | 0,26          | 0,29          |
| Капроновый эластик             | 25                       | 210                                 | 0,7                                 | 0,05          | 0,16          |

**Многоцикловые характеристики нитей.** Постепенное местное нарушение структуры материалов, протекающее в результате продолжительного непрерывного или многократного прерывистого действия на них напряжений, называется *утомлением* материалов, а результат этого процесса, т. е. местное нарушение структуры, — *усталостью*. Нарушение структуры развивается на тех малых участках нитей, где наблюдается неправильное расположение структурных элементов (волокон, элементарных нитей), имеются утонения и где легко происходит их смещение. В итоге нарушение структуры вызывает разрушение, т. е. разрыв материала. Усталость, вызванную продолжительным непрерывным действием на-

пряжений, называют статической, а многократным непрерывным действием напряжений — динамической.

Основными характеристиками усталости являются выносливость, остаточная циклическая деформация и предел выносливости.

*Выносливость*  $n_p$  — число циклов многократного растяжения, требующееся для доведения пробы материала до разрыва.

*Остаточная циклическая деформация*  $\epsilon_{o.ц}$  — деформация, накопившаяся в материале за время многократного растяжения. Она выражается отношением накопившейся при испытании остаточной деформации  $l_{o.ц}$  к зажимной длине  $L_o$  и измеряется в процентах:

$$\epsilon = \frac{l_{o.ц} \cdot 100}{L}. \quad (3.20)$$

*Предел выносливости по деформации*  $\epsilon_v$  — наибольшая заданная циклическая деформация, при которой выносливость пробы материала достигает наибольшей величины (порядка  $10^4$  и более циклов).

Многоцикловые характеристики, получаемые при растяжении волокон и нитей основных видов, приведены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

| Волокно, пряжа, нить        | Линейная плотность, текс | Предел выносливости, % начальной длины образца | Заданная относительная циклическая деформация, % начальной длины образца | Выносливость (число циклов до разрыва) |
|-----------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Хлопковое волокно           | 0,2                      | 0,5                                            | 0,6                                                                      | $5 \cdot 10^3$                         |
| Хлопчатобумажная пряжа      | 25                       | 0,6...0,8                                      | 0,8                                                                      | $4 \cdot 10^3$                         |
| Льняная пряжа               | 70                       | 0,5...0,7                                      | 0,8                                                                      | $4 \cdot 10^3$                         |
| Шерстяная пряжа:            |                          |                                                |                                                                          |                                        |
| гребенная                   | 8,5                      | —                                              | 3                                                                        | $3 \cdot 10^3$                         |
| аппаратная                  | 250                      | —                                              | 1                                                                        | $1 \cdot 10^3$                         |
| Вискозная комплексная нить  | 13                       | 0,6...0,8                                      | 0,8                                                                      | $1 \cdot 10^3$                         |
| Капроновая комплексная нить | 29                       | 6,7...7                                        | 7                                                                        | $2 \cdot 10^3$                         |

Приборы, применяемые для определения механических свойств текстильных материалов при многократном растяжении, называются пульсаторами.

Пульсатор ПН-5 (рис. 3.20) работает по принципу постоянства заданной деформации в цикле растяжения, осуществляемой по синусоидальному закону ее изменения. От электродвигателя 1 через ременную передачу движение передается валу 4, с которым жестко связаны синусные головки 8...11, а от них — толкателю 5, с

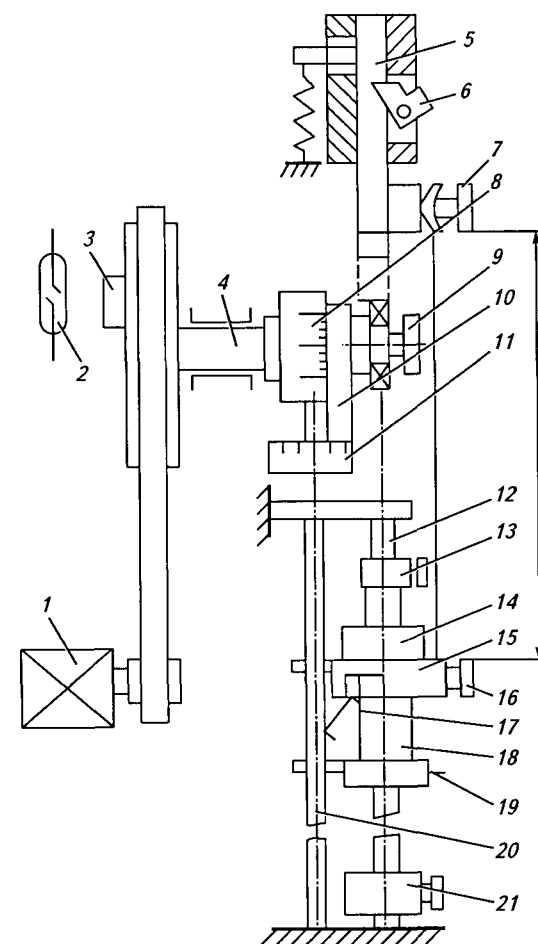


Рис. 3.20. Схема пульсатора ПН-5

помощью которого осуществляется возвратно-поступательное движение верхнего зажима 7. Собачка 6 фиксирует толкатель 5. Нить закрепляется в верхнем зажиме 7 и нижнем 16, расположенном на боковой поверхности замка 15. Последний вместе с нижним зажимом 16 может двигаться по направляющему стержню 12 только вниз в момент появления остаточной циклической деформации нити и бесступенчато фиксироваться при ее натяжении с помощью упора 13 и груза 14. Для возврата нижнего зажима 16 в исходное положение и его фиксации служит нижний замок 18.

Перемещение замка 18 осуществляется при нажатии на язычок фиксатора 19. Нижний замок 18 имеет контакт 17, который связан с электрическим счетчиком числа циклов. При обрыве нити контакт 17, взаимодействующий с контактным проводом 20, падает на нижний упор 21, размыкается и прибор останавливается. Число циклов растяжения отмечается счетчиками, расположенными на передней панели блока управления. Счетчики управляются герконами 2, которые взаимодействуют с постоянными магнитами 3.

### 3.2.3. ГИГРОСКОПИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НИТЕЙ

**Влажностью** текстильных материалов называют содержание в них водяных паров.

Различают фактическую, нормальную и нормированную влажность материала.

**Фактическая влажность**  $W_{\phi}$  определяет количество содержащейся в материале воды, которая может быть удалена высушиванием при температуре 105...110 °С. Влажность вычисляют в процентах массы высушенного материала:

$$W_{\phi} = \frac{(m_n - m_c)100}{m_c}, \quad (3.21)$$

где  $m_n$  — начальная масса пробы;  $m_c$  — масса пробы после высушивания.

**Нормальная влажность**  $W$  — влажность, которую приобретает материал при выдерживании в нормальных климатических условиях, т. е. при  $t = 20$  °С и относительной влажности  $\phi = 65$  %.

**Нормированная (кондиционная) влажность**  $W_n$  — условная влажность, устанавливаемая стандартом или техническими условиями для каждого материала и используемая при расчетах.

Кондиционная влажность (%) некоторых нитей и пряжи приведены ниже.

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| Хлопчатобумажная пряжа .....         | 7   |
| Шерстяная гребенная пряжа .....      | 18  |
| Шелковая пряжа .....                 | 8,5 |
| Льняная пряжа мокрого прядения ..... | 10  |
| Вискозная пряжа .....                | 11  |
| Капроновая нить .....                | 5   |

**Методы измерения влажности** можно разделить на прямые и косвенные.

К **прямым** относятся тепловые (в сушильных аппаратах), к **косвенным** — электрические.

При тепловом методе элементарную пробу высушивают в сушильном шкафу. Сушильные шкафы представляют собой прибо-

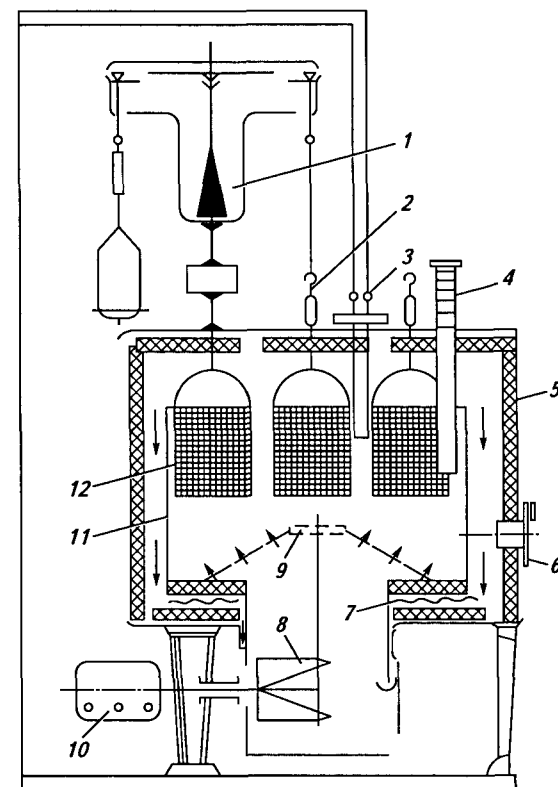


Рис. 3.21. Схема кондиционного аппарата АК-2

ры, предназначенные для определения влажности материалов путем удаления из них влаги. Высушивание материалов осуществляется потоком горячего воздуха, инфракрасными лучами или в высокочастотных электрических полях. Одним из наиболее распространенных является кондиционный аппарат АК-2 (рис. 3.21).

Аппарат АК-2 используется для одновременного определения влажности шести проб. Он состоит из цилиндрической камеры 5 с корпусом, имеющим теплоизоляционный слой 11. В камере подвешено шесть корзин 12 из металлической сетки. Каждая корзина является сменной чашкой технических весов 1, смонтированных на верхней плите камеры. В центре плиты расположены люк 3 для погружения корзин и радиальные пазы 2 с гнездами для размещения подвесок 2 каждой корзины.

Материал, загруженный в корзину, высушивается в потоке горячего воздуха. Нагрев и циркуляция воздуха осуществляются электронагревателем 7 и электродвигателем 10 с вентилятором 8. Заслонка 9 регулирует скорость циркуляции воздуха в центральной части камеры, а заслонка 6 обеспечивает подсос свежего воздуха из помещения.

Для визуального контроля температуры воздуха в камере установлен термометр 4. Прибор снабжен терморегулятором для автоматического поддержания постоянной температуры. Датчиком температуры служит контактный термометр 3, соединенный с электромагнитным реле, автоматически выключающим питание электронагревателя при нагреве воздуха в камере до заданного предела.

Сушка заканчивается, когда результаты двух измерений (с интервалами между ними 10...15 мин) повторяются или отличаются друг от друга не более чем на определенную (нормированную) величину (0,01...0,05 г). Последний результат измерения принимается за постоянную массу высушенного материала.

Представителем второй группы приборов для измерения влажности материалов является электровлагомер. С его помощью косвенно измеряется влажность хлопчатобумажных, вязкозных и шерстяных волокон и нитей.

Емкостной метод измерения влажности, используемый при работе с электровлагомером, основан на зависимости диэлектрической проницаемости материала от содержания в нем воды. Если между обкладками электрического конденсатора, обладающего емкостью  $C_0$ , поместить вместо воздуха образец диэлектрика, емкость конденсатора возрастет и станет равной  $C$ :

$$C = \epsilon C_0. \quad (3.22)$$

Таким образом, по изменению емкости можно судить о влажности материала.

Електровлагомер позволяет измерять влажность с точностью  $\pm 0,2\%$ .

### 3.2.4. ЧИСТОТА НИТЕЙ

Под **чистотой нити** понимают отсутствие в ней: волокнистых дефектов, представляющих собой комочки волокон различных размеров, характера и уплотненности;

местных случайных нарушений структуры, резко изменяющих размеры нити;

сорных примесей различного происхождения.

**Пороки** портят внешний вид материала и осложняют его переработку. Все пороки нитей и пряжи делят на сырьевые и технологические.

К сырьевым относятся пороки, возникающие в процессе получения волокон и нитей, к технологическим — в процессе выработки нитей на текстильных предприятиях.

К технологическим порокам в пряже относятся:

*утолщения, жгуты* (в шерстяной пряже), *утонения, неправильное присучивание, дефекты крутки, заработанный пух, дефектные узлы, загрязнения*;

*пушистость* — большое число концов волокон, выступающих на поверхности пряжи;

*шишки (узелки)* — плотное скопление волокон, выступающих на поверхности пряжи;

*краксы* — утолщенные места в пряже, получающиеся от периферийных волокон, обвившихся вокруг центральных волокон;

*переслежины* — повторяющиеся в случайном порядке толстые и тонкие участки нитей.

В химических комплексных нитях различают следующие технологические пороки:

*штопорность* — разное натяжение элементарных нитей при скручивании;

*курчавость* — волнистость нити на коротких участках;

*оттеночность* — желтые и другие пятна.

Для **определения чистоты нитей** используются три метода: визуальный; перематывание нитей через калиброванные отверстия; применение электрических приборов.

Визуальный метод заключается в осмотре паковок. От партии отбирают определенное число паковок, и число обнаруженных дефектов относят к 1 г массы нитей. Недостатком такого метода является ограниченное число осматриваемых паковок.

Более распространенным является метод с наматыванием нитей на контрастную по цвету доску с определенным шагом, после чего намотанная нить сравнивается с фотоэталоном. Фотоэталон является фотографией в натуральную величину пряжи, намотанной на контрастную доску и по линейной плотности относящейся к нитям той же группы, что и исследуемая. Подставляя к доске (параллельно ей и в одной плоскости) с исследуемыми нитями разные фотоэталонные, начиная с наилучшего, по внешнему виду определяют класс чистоты. Класс чистоты устанавливают сравнением пряжи с эталоном. Если не менее 80 % площади поверхности намотанных нитей идентичны эталону, им присваивается соответствующий класс. При меньшей площади пряжи относится к следующему, более низкому классу.

Для оценки чистоты используется также перематывание нитей или протаскивание их отрезков через калибровочные отверстия, сделанные в металлических пластинках. Застрявшие в щелях утолщенные участки вызывают обрыв нити, что и позволяет фиксировать пороки. Размер щели подбирается соответственно линейной плотности пряжи.

Большое распространение получили методы с использованием электрических датчиков: емкостных, фотоэлектрических и др. Преимуществом этих методов перед описанными выше являются малые затраты времени, возможность автоматизации определения дефектов и более высокая степень объективности оценки, чем при визуальных методах.

Емкостной метод основан на определении чистоты нити при ее прохождении между обкладками конденсатора. Сопротивление конденсатора обратно пропорционально его емкости и будет тем меньше, чем больше масса нити, находящейся между пластинами. Одним из приборов данной группы является прибор «Устер» с приставкой — индикатором «Дефект». Приставка позволяет с помощью трех электрических фильтров уловить даже малые кратковременные импульсы, возникающие от утолщений, узелков на коротких отрезках, заработанного в пряжу пуха, шишек, утолщений и утолщений на длинных отрезках. При этом каждый из трех фильтров регистрирует импульсы, интенсивность которых зависит от величины дефектов.

#### Контрольные вопросы

1. Чем отличается пряжа от комплексных нитей?
2. Какие системы прядения используют для получения хлопчатобумажной и шерстяной пряжи?
3. Какова цель крутки нитей? Какие методы определения крутки вы знаете?
4. Какие методы определения неровноты нитей вы знаете?
5. Как оценивается характер нитей и уровень их неравномерности по толщине?
6. Какие три группы характеристик механических свойств применяют для текстильных материалов? Почему механические свойства имеют большое значение для оценки качества нитей?
7. Что такое испытательный цикл, используемый при изучении механических свойств нитей?
8. Какие типы разрывных машин вы знаете? Чем они отличаются друг от друга?
9. Каковы составные части деформации текстильных нитей? Чем они отличаются друг от друга?
10. Какие изменения в структуре нитей происходят при их многократном растяжении? Что называется усталостью материала?
11. Что подразумевают под чистотой нитей? Каковы методы определения чистоты нитей?
12. Какие виды влажности вы знаете и как они влияют на свойства текстильных материалов?

#### Задачи

1. Определить линейную плотность пряжи, если масса мотка длиной 100 м равна 1850 мг.
2. Диаметр вискозной нити равен 0,025 мм. Найти ее линейную плотность, если плотность составляющего ее вещества равна 1,5 г/см<sup>3</sup>.
3. Какая из двух нитей скручена интенсивнее: имеющая коэффициент крутки 29,9 или нить линейной плотности 28,2 текс и круткой 620 кр/м? Волокнистый состав нитей одинаковый.
4. Сравнить степени скрученности двух нитей: капроновой линейной плотности 5 текс и круткой 240 кр/м и вискозной линейной плотности 11 текс и круткой 200 кр/м. Средняя плотность капроновой нити равна 0,6 г/см<sup>3</sup>, а вискозной 0,8 г/см<sup>3</sup>.
5. У какой нити, скрученной в два или три приема с указанными направлениями крутки, будет наблюдаться большая способность образовывать петли: у Z/S; у Z/S/Z; у Z/Z или у Z/Z/S?
6. На разрывной машине произведены испытания двух нитей разного волокнистого состава и разной линейной плотности. Нить линейной плотности 5 текс и плотностью составляющего ее вещества 1,4 г/см<sup>3</sup> имеет разрывную нагрузку 300 сН, а нить линейной плотности 10 текс и плотностью составляющего ее вещества 1,5 г/см<sup>3</sup> имеет абсолютную разрывную нагрузку 200 сН. Какая нить прочнее?
7. Чему равно относительное разрывное удлинение нити, если она испытывалась на разрывной машине при зажимной длине 0,5 м и к моменту разрыва имела длину 0,535 м?
8. Определить относительную разрывную нагрузку, Н/текс, если линейная плотность капроновой нити 15 текс, разрывная нагрузка 145 сН, плотность составляющего ее вещества 1,14 г/см<sup>3</sup>.
9. Определить абсолютную работу разрыва, Дж, если разрывная нагрузка при растяжении пробы ткани 450 Н, разрывное относительное удлинение 9 %, коэффициент полноты диаграммы растяжения 0,6, зажимная длина образца 0,2 м.
10. Длина волокна после длительной нагрузки на релаксметре 59 мм, сразу после снятия нагрузки — 55 мм, а через 2 ч отдыха — 52 мм. Начальная длина образца 50 мм. Определить полную деформацию образца и ее компоненты.
11. Определить фактическую массу партии материала, если известно, что ее кондиционная масса равна 350 кг при кондиционной влажности 11 %, а фактическое содержание влаги в партии составляет 12,5 %.
12. Определить влажность и кондиционную массу партии хлопка, поступившей на предприятие в количестве 50 т, если отобранный образец имел массу 280 г, а после высушивания стал весить 250 г. Кондиционная (нормированная) влажность хлопка 8 %.

## Глава 4 ТЕКСТИЛЬНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

### 4.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

**Текстильное изделие** — это продукт, изготовленный целиком или преимущественно из волокон, нитей, полуфабрикатов и пригодный для непосредственного употребления или для дальнейшей переработки в других отраслях промышленности.

К текстильным изделиям относятся ткани, трикотаж, нетканые материалы, текстильно-галантерейные изделия.

**Текстильная ткань** — это изделие малой толщины, относительно большой ширины и неопределенной длины, образованное переплетением текстильных нитей двух взаимно перпендикулярных систем.

Ткани классифицируют по волокнистому составу, способу отделки, назначению.

По волокнистому составу ткани подразделяются на хлопчатобумажные, льняные, шерстяные и шелковые.

**Хлопчатобумажные ткани** наиболее распространены. Их применение весьма разнообразно. Чаще всего ткани используются для верхнего и нижнего белья, рубашек, платьев и специальной одежды, а также в качестве подкладки, для декоративных и технических изделий.

**Льняные ткани** широко применяются для столового, постельного и нательного белья и для специальной одежды. Льняные ткани получили широкое распространение для изготовления верхней одежды. Ткани из других лубяных волокон в основном используются в качестве упаковочных.

**Шерстяные ткани** применяются для изготовления верхней одежды с высокими теплоизоляционными свойствами.

**Шелковые ткани** используются для белья, верхней одежды, а также в качестве подкладочных, декоративных и технических.

Признаки, по которым классифицируются ткани и тканые штучные изделия, вырабатываемые хлопчатобумажной, льняной, шерстяной и шелковой отраслями текстильной промышленности, приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

| Признак классификации                             | Ткани и штучные изделия                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                   |                                                                                                                                             |                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | хлопчатобумажные                                                                                                                                                                                                                     | льняные                                                                                           | шерстяные                                                                                                                                   | шелковые                                                                                                                                  |
| По назначению                                     | Бельевые нательные, бельевые постельные, столовые, полотняные и платочные, платьевые, костюмные, подкладочные, прикладные, мебельно-декоративные, матрачные, обувные, технические и т. п.<br>Хлопчатобумажные, смешанные, штапельные | Столовые, бельевые, полотняные, одежные, декоративные, прикладные, спецодежные, технические       | Платьевые, костюмные, пальтовые, обувные, портяночные, мебельно-декоративные, одежные, платочные, покрывала и скатерти, технические и т. п. | Бельевые, сорочечные, платьевые, костюмные, платьевые, одежные, подкладочные, постельные, мебельно-декоративные, текстильно-галантерейные |
| По виду применяемого сырья                        | Из гребенной пряжи, из кардной пряжи, из кардно-гребенной пряжи, из кардно-аппаратной пряжи                                                                                                                                          | Льняные, подольные (смешанные)                                                                    | Чистощерстяные, полущерстяные (смешанные)                                                                                                   | Из натурального шелка, из искусственных нитей, из синтетических нитей                                                                     |
| По структуре пряжи                                | Из гребенной пряжи, из кардной пряжи, из кардно-гребенной пряжи, из кардно-аппаратной пряжи                                                                                                                                          | —                                                                                                 | Камвольные, суконные, комбинированные                                                                                                       | —                                                                                                                                         |
| По способу производства и виду основной обработки | Суровые, отбеленные, глазированные, пестротканые, меланжевые, начесные, ворсовые, мерсеризованные                                                                                                                                    | Суровые, кисловатые, отбеленные, глазированные, пестротканые (набивные), пестротканые, меланжевые | Некрашенные, глазированные, печатные (набивные), пестротканые и фасонные, меланжевые, ворсовые                                              | Гладкокрашенные, набивные, пестротканые, меланжевые, отбеленные                                                                           |
| По виду дополнительной обработки                  | Аппретированные, тисненые, плиссированные, со специальными отделками, со специальными пропитками                                                                                                                                     | Сухой отделки, аппретированные, со специальной отделкой, со специальными пропитками               | Водоотталкивающие, несминаемые, малоусадочные                                                                                               | Малоусадочные, малосминаемые, гидрофобные (водоотталкивающие), со специальными отделками                                                  |
| По переплетению                                   | Простые, мелкоузорчатые, сложные, крупноузорчатые                                                                                                                                                                                    | Простые, мелкоузорчатые, сложные, крупноузорчатые                                                 | Простые, мелкоузорчатые, сложные, крупноузорчатые                                                                                           | Простые, мелкоузорчатые, сложные, крупноузорчатые                                                                                         |

По способу отделки различают следующие виды тканей. Ткани, снятые с ткацких станков и не подвергавшиеся отделке, называют *суровыми*. В суровом виде ткани применяются в ограниченном количестве. Ткани, облагороженные в процессах отделки после ткачества и готовые к употреблению по прямому назначению, называются готовыми тканями. Готовые ткани, отбеленные в процессах химической обработки, называются *белеными*, окрашенные в один цвет — *гладкокрашеными*, а имеющие на поверхности печатный (набивной) узор — *набивными* тканями. Ткани, выработанные с рельефными тканями рисунками, а также из фасонных нитей, называются *фасонными*, полученные из разноцветных нитей — *пестроткаными*, а из меланжевой пряжи — *меланжевыми*. Ткани, на поверхности которых имеется пушистый слой (ворс) из кончиков волокон расчесанных нитей, называются *начесными* (*ворсованными*).

По назначению ткани делятся на бытовые (для населения) и технические (для различных отраслей промышленности).

*Бытовые ткани* предназначены для изготовления одежды, защищающей человеческий организм от неблагоприятных воздействий климатической среды. Этот вид одежды наиболее многочисленный и многообразный. Он подразделяется на бельевые, костюмно-платьевые, пальтовые и плащевые изделия, на подкладочные ткани и др.

*Технические ткани* имеют широкое применение в различных областях. Из хлопчатобумажных тканей в технике широко используются корд в качестве каркаса при изготовлении транспортных лент и кирза как заменитель кожи. К льняным техническим тканям относятся брезенты, парусины. К техническим шерстяным тканям относятся технические сукна для прокладок, фильтров, валов печатных машин. Шелковые технические ткани применяются для фильтров, укрывных материалов, различных огнестойких изделий.

*Трикотаж* — это гибкое прочное текстильное изделие малой толщины и различной формы, изготовленное в процессе вязания с образованием петель из одной или многих нитей.

Трикотажные полотна и изделия отличаются от тканей и изделий из них повышенной растяжимостью, упругостью, мягкостью, эластичностью. Высокая пористость трикотажа обуславливает его хорошие гигиенические свойства — теплозащитные, воздухо- и паропроницаемость и др. Поэтому трикотажные изделия пользуются повышенным спросом. Кроме того, производство трикотажа экономически целесообразно: вязальные машины по производительности в 7...10 раз превосходят ткацкие станки. Расход сырья на одно изделие, вырабатываемое на вя-

зальных машинах, примерно на 25 % меньше, чем на одно изделие из ткани.

Петли, переплетающиеся между собой в продольном направлении, образуют петельные столбики, а в горизонтальном направлении — петельные ряды.

Стандартная классификация трикотажа в основном аналогична классификации тканей. Трикотаж подразделяется по волокнистому составу, отделке, структуре и по назначению.

*Текстильное нетканое полотно* — гибкое, прочное изделие, изготовленное из одного или нескольких слоев текстильных материалов или из их сочетания с нетекстильными материалами, элементы структуры которых скреплены различными способами.

Производство текстильных нетканых полотен бурно развивается. Это обусловлено, во-первых, тем, что при их получении можно использовать короткие (но не короче 3 мм), непригодные для прядения волокна, а также отходы прядильного производства, во-вторых, большой производительностью оборудования при значительном снижении трудовых затрат и меньших капиталовложений. Себестоимость производства нетканых полотен значительно ниже, чем тканей, что очень важно.

Для производства нетканых полотен, используемых при изготовлении различных видов одежды, применяют хлопок, шерсть, короткое льняное волокно, химические волокна. При изготовлении нетканых полотен технического назначения (для прокладок, фильтров, утепляющих материалов) применяют отходы прядильного и ткацкого производства.

## 4.2. ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН И ИЗДЕЛИЙ

Номенклатура показателей качества подразделена на общие, обязательные для всех видов данных текстильных изделий, и дополнительные.

В табл. 4.2 приведена номенклатура общих показателей текстильных изделий, нормируемых стандартами.

Кроме показателей, приведенных в этой таблице, для некоторых текстильных изделий в качестве обязательных нормируют и некоторые другие.

Большое разнообразие показателей, по которым должно оцениваться качество текстильных изделий, с одной стороны, позволяет наиболее полно их характеризовать, а с другой — приводит к большим затратам материалов и времени, вносит дополнительные трудности в управление качеством продукции.

Таблица 4.2

| Ткани и штучные изделия                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| хлопчато-<br>бумажные, смешанные                                                                                                                                                                          | льняные<br>и полульняные                                                                                                                                                                                           | чистшерстяные и полу-<br>шерстяные                                                                                                                                         |
| Состав сырья, линейная плотность пряжи, плотность ткани по основе и по утку, ширина ткани, поверхностная плотность ткани, разрывная нагрузка, устойчивость окраски, художественно-эстетические показатели | Состав сырья, вид и линейная плотность пряжи, структура нитей, плотность ткани по основе и по утку, поверхностная плотность ткани, устойчивость окраски, содержание аппрета, художественно-эстетические показатели | Состав сырья, плотность ткани, поверхностная плотность ткани, разрывная нагрузка, содержание остаточного жира, устойчивость окраски, художественно-эстетические показатели |

### 4.3. ТКАНИ

Свойства и внешний вид тканей зависят не только от свойств исходного сырья, способа выработки и характера отделки, но и (преимущественно) от их строения, вида переплетения.

**Ткацким переплетением** называется порядок перекрытий основных и уточных нитей в ткани. Ткацкие переплетения не только влияют на внешний вид ткани, определяя ее фактуру — структуру поверхности, но и в значительной степени обуславливают свойства ткани.

Ткань вырабатывают на ткацком станке путем взаимного переплетения двух перпендикулярно расположенных друг к другу систем нитей — продольных, называемых основой, и поперечных, называемых утком.

При образовании ткани нити основы и утка строго в определенном порядке то перекрывают одна другую, то проходят одна под другой. Таким образом получается ткацкое переплетение.

Перекрытием называют место расположения в ткани нити одной системы над нитью (нитями) другой системы.

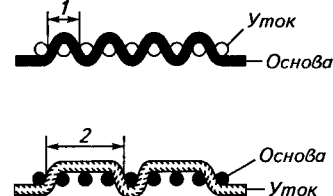


Рис. 4.1. Перекрытия нитей:  
1 — основное; 2 — уточное

Основным перекрытием 1 (рис. 4.1) называют место, в котором основная нить расположена над одной или несколькими уточными нитями, уточным 2 — место, в котором уточная нить расположена над одной или несколькими основными нитями. Большое разнообразие переплетений получается в результате изменения порядка чередования основных и уточных перекрытий.

| из натурального шелка<br>и смешанные                                                                                                                                            | Трикотажные изделия<br>бытового назначения                                                                                                                      | Текстильные нетканые<br>полотна                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Состав сырья, ширина ткани, поверхностная плотность ткани, плотность ткани по основе и по утку, разрывная нагрузка, устойчивость окраски, художественно-эстетические показатели | Состав сырья, линейная плотность пряжи, плотность вязания, линейные размеры, прочность при разрыве, устойчивость окраски, художественно-эстетические показатели | Состав сырья, линейная плотность пряжи, ширина полотна, поверхностная плотность полотна, число петель на 100 мм |

Раппортом переплетения называют ту часть ткацкого рисунка, за пределами которой переплетение начинает повторяться. Раппорт переплетения состоит из раппорта по основе и раппорта по утку. Переплетение нитей основы и утка в ткани изображают зарисовкой переплетающихся нитей или схематическим чертежом (рис. 4.2). Последний выполняют обычно на клетчатой бумаге. При этом вертикальные ряды клеток принимают за нити основы, горизонтальные — за нити утка. Если на лицевой поверхности ткани в месте пересечения (перекрытия) нитей сверху расположена основа, то при зарисовке переплетения клетку закрашивают; если же сверху расположен уток — клетку оставляют белой. Следовательно, на схематических чертежах переплетений закрашенные клетки означают основные, а белые — уточные перекрытия.

Ткацкие переплетения принято подразделять на следующие классы:

*простые, или главные, переплетения, к которым относятся по-*

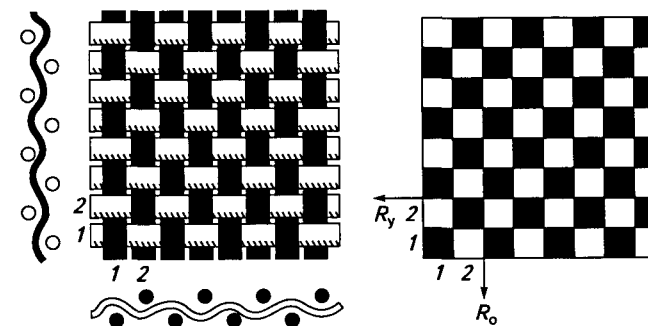


Рис. 4.2. Полотняное переплетение

лотняное (рис. 4.3, а), саржевое (рис. 4.3, б, в), атласное (сатиновое, рис. 4.3, г);

*производные от простых*, объединяющие многочисленные видоизменения главных переплетений. К ним относятся репс, рогожка (рис. 4.3, д), ломаная саржа, молескин и др.;

*комбинированные и мелкоузорчатые*, получаемые комбинацией простых переплетений и являющиеся группой самых разнообразных переплетений, применяемых для украшения поверхности ткани простейшими узорами (диагональные, вафельные и др.) или для ее «шероховатого» вида (креповые, рис. 4.3, е);

*сложные переплетения*, включающие в себя многослойные (рис. 4.4, а, б), ворсовые (рис. 4.4, в, г, д), ажурные и др.

Наиболее широко применяются простые и производные от них переплетения. Ими вырабатываются ткани более 80 % артикулов.

Простыми переплетениями образуются ткани различной структуры, но с гладкой поверхностью.

**Плотняное переплетение** имеет чрезвычайно широкое применение. Благодаря ему обеспечиваются простота выработки ткани и, как правило, ее высокая прочность. Ткани плотняного пере-

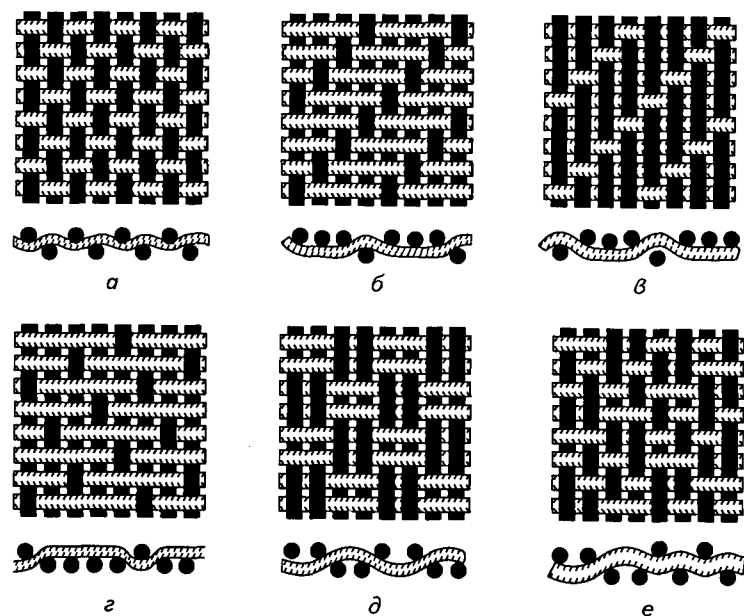


Рис. 4.3. Виды переплетений:

а — плотняное; б — саржевое с уточным застилом; в — саржевое с основным застилом; г — атласное с уточным застилом (сатиновое); д — производное от плотняного переплетения (рогожка); е — комбинированное переплетение (креп)

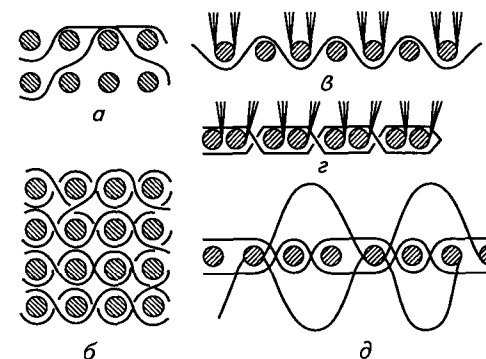


Рис. 4.4. Сложные многослойные и ворсовые переплетения:

а — двухслойное (драп); б — четырехслойное (приводной ремень); в — уточный бархат; г — основной бархат; д — махровое (полотенечная ткань)

плетения отличаются однообразием лицевой и изнаночной сторон. Изменение внешнего вида тканей достигается различным сочетанием толщин основных и уточных нитей, а также плотностей по основе и утку (у тафты), разной круткой нитей (у крепдешина), валкой (у сукон).

**Саржевое переплетение** образует на поверхности ткани характерные узкие полосы — диагонали под углом около 45° к кромке ткани. Саржи с малым раппортом имеют умеренно выраженные диагонали, а с большим — рельефные и крупные диагонали. В основных саржах (см. рис. 4.3, в) лицевой эффект менее выражен, чем в уточных (см. рис. 4.3, б), так как уток, располагаясь отлого и поперек саржевых полос, хорошо отражает свет, что создает впечатление ярко выраженной рельефности диагоналей.

При саржевом переплетении возможна выработка тканей с большей плотностью нитей, чем при плотняном, так как в сарже нити переплетаются менее часто и, следовательно, могут быть расположены более плотно. При одинаковой плотности ткани саржевого переплетения по прочности несколько уступают тканям плотняного переплетения.

Саржевые переплетения широко используются при выработке подкладочных и сравнительно плотных платьевых тканей.

**Атласное (сатиновое) переплетение** обеспечивает преобладание на лицевой стороне одной системы нитей (основы для атласов и утка для сатинов), а на изнанке — другой. Лицевая сторона образуется из нитей лучших сортов высокой линейной плотности, получается более гладкой, ровной и имеет сильный блеск. Изнаночная сторона, хотя и имеет то же строение, но не обладает гладко-

стью и блеском вследствие малой линейной плотности нитей, выходящих на изнанку. Связи нитей при атласно-сатиновых переплетениях оказываются меньшими, чем при полотняном и саржевом переплетениях, но повышенная линейная плотность обеспечивает хорошую прочность ткани.

Атласное и сатиновое переплетения широко применяются для хлопчатобумажных и шелковых тканей.

Производные переплетения применяются для изменения внешнего вида ткани и ее свойств. Например, при двойном и тройном полотняном переплетении рогожка (см. рис. 4.3, д) поверхность ткани приобретает вид более или менее крупных шашек, размер которых определяется раппортом, линейной плотностью и толщиной нитей.

**Комбинированные переплетения** применяются для украшения поверхности ткани простыми узорами или для придания ей шероховатого вида. Например, в шелковых тканях внешняя шероховатость и зернистость (креповый эффект) создается благодаря высокой крутке нитей и использованию уточных нитей с разным направлением крутки. В хлопчатобумажных тканях имитация крепового эффекта достигается соответствующим переплетением (см. рис. 4.3, е). Для костюмных тканей широко применяются диагональные переплетения, которые можно рассматривать как комбинацию саржевых и сатиново-атласных. Для выработки костюмных тканей в полоску, в клетку, тканей с цветными прошивками применяют последовательное расположение в раппорте различных простых переплетений.

**Крупноузорчатые переплетения** служат для украшения поверхности ткани и применяются для шелковых подкладочных, мебельно-декоративных тканей, льняного скатертного полотна и др.

**Сложные переплетения** характеризуются тем, что в образовании их участвует более двух систем нитей — две и более основ, два-три утка; вводятся лицевые, подкладочные, ворсовые нити и т. д.

Для определения свойств получаемого продукта в первую очередь необходимо знать строение тканей, используемых при изготовлении этого продукта.

**Строение ткани** характеризуется рядом показателей, рассмотренных ниже.

**Линейная плотность ткани  $M'$ , г/м**, характеризуется массой точечной пробы, деленной на единицу длины пробы:

$$M' = \frac{M}{L}, \quad (4.1)$$

где  $M$  — масса точечной пробы, г;  $L$  — длина пробы, м.

**Поверхностная плотность ткани  $M_1$ , г/м<sup>2</sup>**, характеризуется массой 1 м<sup>2</sup> ткани и определяется по формуле

$$M_1 = \frac{M}{LB}, \quad (4.2)$$

где  $B$  — ширина пробы ткани, м.

**Средняя плотность ткани  $\delta_t$ , мг/мм<sup>3</sup>**, характеризует массу единицы объема ткани:

$$\delta_t = \frac{M}{BLb}, \quad (4.3)$$

где  $b$  — толщина точечной пробы ткани.

**Расчетная поверхностная плотность ткани  $M'_1$ , г/м<sup>2</sup>**,

$$M'_1 = 0,01(T_o P_o + T_y P_y), \quad (4.4)$$

где  $T_o$ ,  $T_y$  — линейная плотность нитей основы и утка;  $P_o$ ,  $P_y$  — число нитей соответственно основы и утка в 10 см ткани.

**Линейное заполнение ткани  $E$ , %**, по основе и утку показывает, какую часть расстояния между осями соседних нитей составляет расчетный диаметр нити основы и утка:

$$E_o = P_o d_o; \quad E_y = P_y d_y, \quad (4.5)$$

где  $d_o$ ,  $d_y$  — диаметр нити основы и утка, мм.

**Линейное наполнение ткани  $H$ , %**, показывает, какая часть длины прямолинейного отрезка вдоль основы или утка составляет сумма поперечников нити двух систем без учета их сплющивания и угла, под которым они расположены:

$$\text{по основе} \quad H_o = E_o + \frac{E_y P_o}{P_y}, \quad (4.6)$$

$$\text{по утку} \quad H_y = E_y + \frac{E_o P_y}{P_o}. \quad (4.7)$$

**Поверхностное заполнение ткани  $E_s$ , %**, определяется отношением площади проекции обеих систем нитей в минимальном элементе ткани ко всей площади этого элемента:

$$E_s = E_o + E_y - 0,01 E_o E_y. \quad (4.8)$$

Объемное заполнение ткани  $E_V$ , %, определяется отношением объема нити  $V_H$  в ткани ко всему объему ткани  $V_T$ :

$$E_V = \frac{\delta_m 100}{\delta_H}, \quad (4.9)$$

где  $\delta_H$  — средняя плотность нитей в ткани.

Заполнение массы ткани  $E_m$ , %, определяется отношением массы нитей в ткани к ее максимальной массе  $M_{\max}$ , рассчитываемой при условии полного заполнения всего объема ткани веществом, составляющим волокна и нити:

$$E_m = \frac{\delta_m 100}{\rho}, \quad (4.10)$$

где  $\rho$  — плотность вещества волокон, мг/мм<sup>3</sup>.

Поверхностная пористость  $R_s$ , %, — отношение площади сквозных пор к площади всей ткани:

$$R_s = 100 - E_s. \quad (4.11)$$

Объемная пористость  $R_V$ , %, — доля воздушных промежутков только между нитями в объеме нитей:

$$R_V = 100 - E_V. \quad (4.12)$$

Общая пористость  $R_m$ , %, — доля всех промежутков между нитями, а также внутри них и внутри волокон в объеме нитей:

$$R_m = 100 - E_m. \quad (4.13)$$

#### 4.4. ТРИКОТАЖ

Основным элементом трикотажа является петля. В зависимости от способа вязания различают поперечновязанный (кулирный) и основовязанный трикотаж. В поперечновязанном трикотаже нити (одна или несколько), последовательно изгибаясь, образуют петельный ряд. В основовязанном трикотаже петельный ряд образуется определенной системой нитей (основой), при этом каждая нить может образовывать одну петлю в ряду.

Особенности структуры трикотажа заключаются в наличии элементарных однородных или разных по форме звеньев и их расположении относительно друг друга.

В каждой петле поперечновязанного трикотажа (рис. 4.5, а) различают следующие участки: игольную дугу 3...4, петельные палоч-

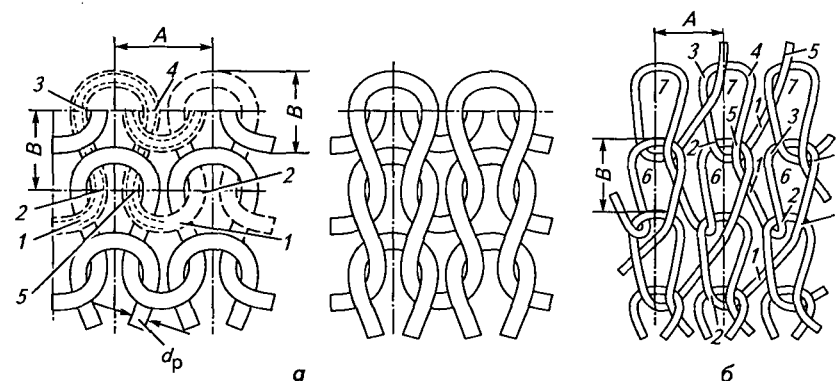


Рис. 4.5. Форма и участки петли трикотажа:

а — поперечновязанного; б — основовязанного

ки 2...3 и 4...5, половины платиновых дуг 1...2 и 5...1. Участок 5...1...2 называется платиновой дугой.

В основовязанном трикотаже (рис. 4.5, б) различают игольную дугу 3...4, которая вместе с палочками 2...3 и 4...5 образует остов петли. Отрезки нити 2...1...5, соединяющие остовы двух соседних петель, называются протяжками петли.

Основовязанные трикотажные петли бывают открытые (6) и закрытые (7). Трикотаж с закрытыми петлями труднее распустить, чем с открытыми.

Переплетением в трикотаже называется определенный порядок расположения нитей и петель определенной формы. Разнообразные переплетения не только определяют внешний вид трикотажа, но и обуславливают его свойства.

Все трикотажные переплетения подразделяются на три основных класса: главные, производные от главных и рисунчатые.

**Главные переплетения** — это гладь, ластик, цепочка, трико, атлас.

**Гладь** — наиболее простое и распространенное переплетение. Оно применяется при вязании чулочно-носочных изделий, нательного и спортивного белья, перчаток и других изделий. Гладь образует ярко выраженные лицевую и изнаночную стороны. Лицевая (рис. 4.6, а) сторона глади имеет гладкую и равномерную поверхность с петельными столбиками в виде продольных полосок. Изнаночная (рис. 4.6, б) сторона имеет ребристую поверхность с характерными поперечными рядами дуг, направленных в каждом ряду поочередно: то вверх, то вниз.

Переплетение гладь для бельевых изделий рационально, так как трение белья об одежду происходит по гладкой лицевой сторо-

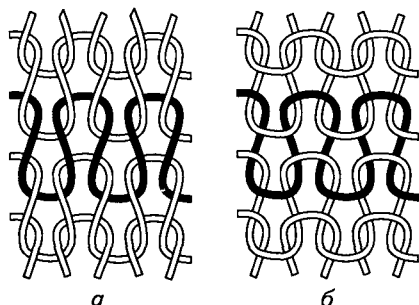


Рис. 4.6. Гладь. Стороны:

а — лицевая; б — изнаночная

не, а обратной стороной белью плотно прикасается к телу человека. Гладь распускается в двух направлениях. Самым существенным недостатком глади при эксплуатации является ее легкая распускаемость по петельным столбикам при разрыве даже одной петли. Плотность по гладьевым переплетением имеет повышенную растяжимость по горизонтали — примерно в два раза большую, чем по вертикали. При одинаковой плотности вязания в обоих направлениях прочность на разрыв по вертикали всегда больше.

Переплетение *ластик* (рис. 4.7, 4.8) применяется для выработки чулочно-носочных изделий, бельевого полотна и верхнего трикотажа. В отличие от глади ластик с краев не закручивается. Ластик позволяет получить трикотаж поперечновязаного двойного переплетения, состоящий из столбиков, обращенных в одну сторону то лицом, то изнанкой. Ластичный трикотаж имеет на обеих сторонах вертикальные петельные столбики, подобные столбикам лицевой стороны глади.

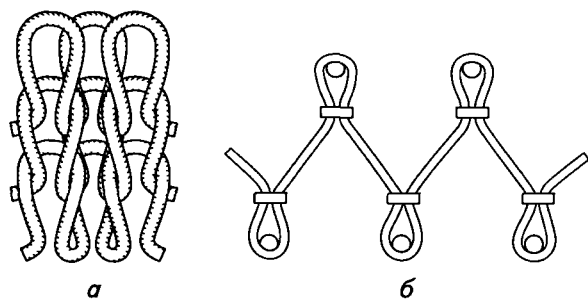
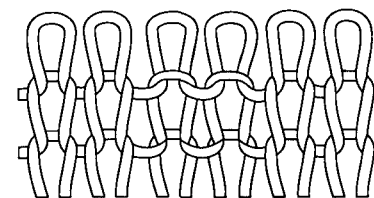


Рис. 4.7. Ластик 1+1:

а — внешний вид; б — схема переплетения

Рис. 4.8. Ластик 2+2:

а — внешний вид; б — схема переплетения



*Цепочка* — одинарное основовязаное переплетение (рис. 4.9), образуемое одной нитью в виде столбика петель. Отдельно не используется, а применяется только в сочетании с другими переплетениями и позволяет получить нерастягивающийся трикотаж.

*Трико* — одинарное основовязаное переплетение (рис. 4.10), полученное при прокладывании каждой нити на две соседние иглы со сдвигом на один шаг то в одну сторону, то в другую. Для полотна, полученных с использованием этого переплетения, характерны значительные растяжимость и распускаемость, поэтому оно используется так же, как цепочка, в сочетании с другими переплетениями.

*Атлас* — одинарное основовязаное переплетение (рис. 4.11), получаемое при прокладывании каждой нити не менее чем на три ряда игл со сдвигом на один шаг сначала в одну, а затем в другую сторону. Трикотажные полотна, полученные с использованием атласа, очень сильно закручиваются по краям, но мало растягиваются. Переплетение используется для изготовления бельевых изделий, платьев, блузок.

*Производные переплетения* образуются комбинированием двух, трех и более главных переплетений одного и того же вида. Петельные столбики в производных переплетениях располагаются с большей плотностью, чем в главных, без заметных промежутков между ними, вследствие чего производные переплетения облада-

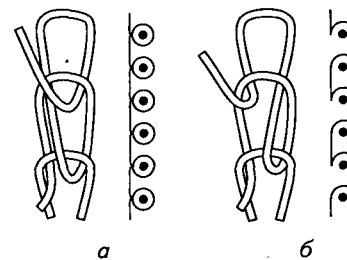


Рис. 4.9. Переплетение цепочка с петлями:

а — закрытыми; б — открытыми

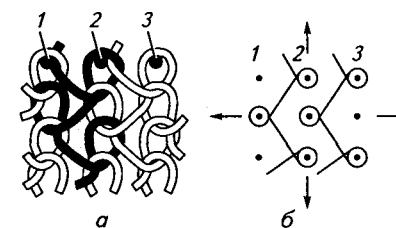


Рис. 4.10. Переплетение трико:

а — строение; б — схема кладки нити на иглы

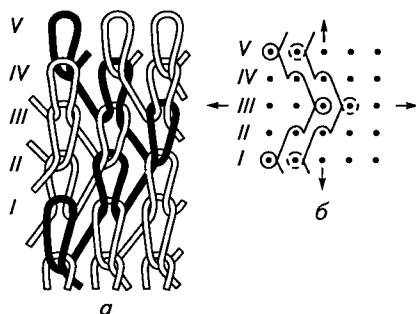


Рис. 4.11. Переплетение атлас:

*a* — строение; *б* — схема кладки нити на иглы в атласе

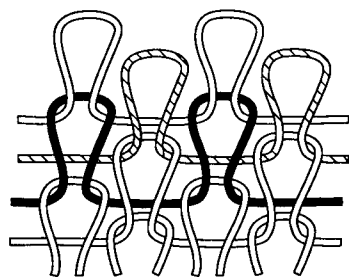


Рис. 4.12. Производная гладь

ют большей прочностью, меньшей растяжимостью в поперечном направлении, более высокой сопротивляемостью распусканию петель при обрыве нитей, чем главные.

Производные поперечновязанные переплетения. *Производная гладь* образуется при сочетании двух переплетений простой глади (рис. 4.12). Трикотажное полотно, получаемое с использованием этого переплетения, плотное, имеет растяжимость, одинаковую по длине и ширине. Переплетение применяется при выработке верхних изделий.

*Интерлок (двуластик)* — двойное переплетение, представляющее собой соединение двух ластиков, сложенных изнанкой друг к другу (рис. 4.13). Интерлочное полотно отличается значительной упру-

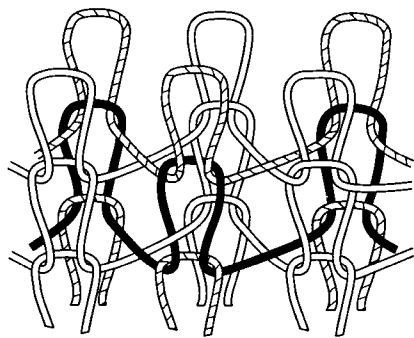


Рис. 4.13. Интерлок (двуластик)

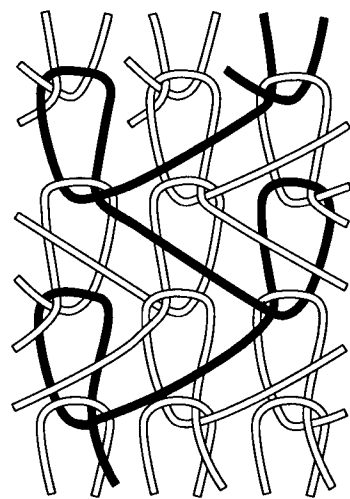


Рис. 4.14. Сукно

стью, хорошими теплозащитными свойствами, малыми распускаемостью и растяжимостью, имеет высокую прочность. Интерлочное переплетение используется для выработки бельевого трикотажа и верхних изделий.

Производные основовязанные переплетения. *Сукно и шарме* (рис. 4.14, 4.15) являются производными переплетениями от трико. Указанные переплетения получают аналогично трико — прокладыванием каждой нити на две соседние иглы, но со сдвигом в каждом последующем ряду не на один шаг, как в трико, а на два и три шага соответственно.

*Атлас-сукно и атлас-шарме* являются производными переплетениями от атласа и образуются по тому же принципу, что и сукно, и шарме.

Полотна, получаемые с использованием производных основовязанных переплетений, имеют большую поверхностную плотность и толщину, меньшую растяжимость, блестящую застилизую поверхность, что отличает их от полотен главных переплетений трико и атлас. Используются при выработке полотен для верхних изделий.

*Рисунчатые переплетения* образуются на базе главных и производных переплетений путем изменения их строения. Этот класс переплетений весьма разнообразен.

*Жаккардовое переплетение* может быть одинарным, двойным, рельефным, образованным из нитей разных цветов. Трикотаж, полученный с использованием жаккардового переплетения, отличается красивым внешним видом и широко используется при выработке разнообразных верхних изделий.

*Прессовое переплетение* характеризуется наличием рельефных и ажурных узоров различной формы, образуемых благодаря особенностям вязания и придающих изделию красивый внешний вид. Полотнам прессового переплетения свойственны малая растяжимость и значительная плотность. Переплетение используется для изготовления верхних изделий зимнего ассортимента.

*Платированные переплетения* образуются на основе главных или производных переплетений при условии прокладывания с различным натяжением на иглы одновременно двух или трех нитей разного цвета или разного волокнистого состава. Полотна, полученные с использованием этого переплетения, отличаются красивым внешним видом, повышенной прочностью, хорошими теплозащитными свойствами. Переплетение используется при выработке бельевых изделий и спортивной одежды.

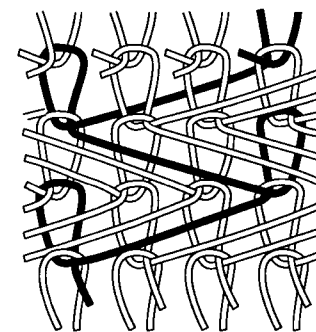


Рис. 4.15. Шарме

*Ажурное переплетение* образуется путем переноса петель из одного ряда в другой, в результате чего в полотне образуются отверстия определенного размера и рисунка. Переплетение придает полотну красивый внешний вид и используется при изготовлении полотен для верхних изделий.

*Футерованное (начесное) переплетение* образуется на основе глади, в петлю которой включаются нити начеса. Переплетение применяется для изготовления теплого белья, спортивных и детских костюмов.

*Основными характеристиками структуры полотен* являются длина нити в петле, петельный шаг, высота петельного ряда, модуль петли, переплетение.

*Длина нити* в петле  $L_n$ , мм, — это длина нити элементарного звена в распрямленном состоянии.

*Петельный шаг*  $A$  — расстояние между петельными столбиками:

$$A = \frac{100}{P_r}, \quad (4.14)$$

где  $P_r$  — плотность по горизонтали.

*Высота петельного ряда*  $B$  — расстояние между петельными рядами:

$$B = \frac{100}{P_v}, \quad (4.15)$$

где  $P_v$  — плотность по вертикали.

*Линейный модуль*  $m$  показывает, сколько диаметров нити укладывается в длине нити петли:

$$m = \frac{l_n}{d_n}, \quad (4.16)$$

где  $d_n$  — диаметр нити.

*Поверхностный модуль*  $m_n$  — отношение площади, занимаемой одной петлей трикотажа, к площади, занимаемой нитью, образующей петлю:

$$m_n = \frac{AB}{l_n d_n}. \quad (4.17)$$

*Линейное заполнение*  $E$ , %, показывает, какая часть прямолинейного горизонтального  $E_r$  или вертикального  $E_v$  участка трикотажа занята диаметром нити  $d_n$ :

$$E_r = \frac{2d_n}{A} 100 = 2d_n P_r; \quad E_v = \frac{d_n}{B} 100 = d_n P_v. \quad (4.18)$$

*Поверхностное заполнение*  $E_s$ , %, показывает, какую часть площади, занимаемой петлей, составляет площадь проекции нити в петле:

$$E_s = \frac{100(d_n l_n - 4d_n^2)}{AB}. \quad (4.19)$$

*Объемное заполнение*  $E_v$ , % и *заполнение по массе*  $E_t$ , %, трикотажа подсчитывают по формулам, аналогичным формулам для ткани:

$$E_v = \frac{\delta_r \cdot 100}{\delta_n}; \quad E_t = \frac{\delta_r \cdot 100}{\gamma}. \quad (4.20)$$

## 4.5. НЕТКАНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

*Неткаными материалами* называют текстильные полотна из волокнистого холста, слоев нитей, других текстильных и нетекстильных материалов, элементы структуры которых скреплены различными способами. Основу нетканых материалов составляют волокна, нити, тканые или трикотажные полотна и их комбинации. В качестве элементов структуры могут использоваться и нетекстильные материалы — сетки, полимерные материалы. Скрепление основы может быть осуществлено различными способами. Это прошивание холста различными нитями (пряжей, комплексными нитями), склеивание холста разнообразными клеящими материалами (адгезивами). Иногда соединение создается в результате аутогезии — самослипания, т. е. способности поверхностей одного и того же вещества под давлением давать прочную связь.

Нетканые полотна часто изготавливают из нескольких холстов, накладываемых друг на друга, что позволяет получать изделия различной толщины. Можно использовать волокна разных сортов, разнообразные волокнистые отходы и применять смеси различных материалов.

Нетканые материалы чаще всего классифицируют в зависимости от способа изготовления. Следует выделить три вида способов: механические; физико-химические; комбинированные.

К *механическим способам* производства нетканых материалов относятся вязально-прошивной, иглопробивной и валяльно-войлочный.

При вязально-прошивном способе соединение структурных элементов осуществляется путем провязывания их прошивными нитями на вязально-прошивной машине (рис. 4.16).

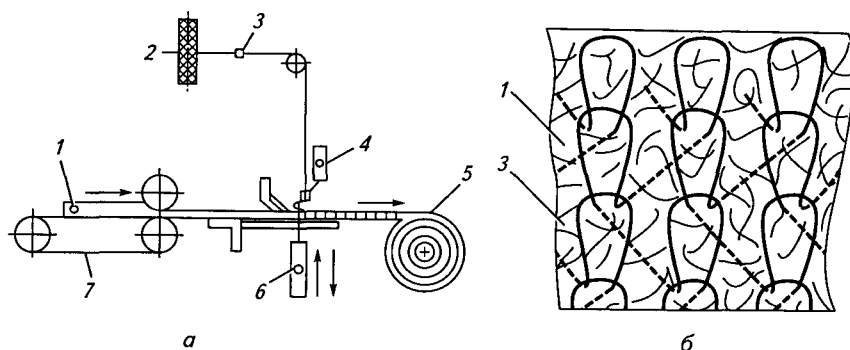


Рис. 4.16. Схема получения волокнистого холстопршивного нетканого материала (а) и его лицевая сторона (б):

1 — волокнистый холст; 2 — навой; 3 — текстильная нить; 4 — проушина; 5 — товарный вал; 6 — пазовые иглы; 7 — конвейер

Волокнистый холст 1 с помощью конвейера 7 подается в зону вязания. Пазовые иглы 6 прокалывают волокнистый холст снизу вверх и захватывают текстильные нити 3, которые подают проушины 4. Нити сматываются с навоя 2. При обратном ходе пазовые иглы протягивают нити через холст, образуя основовязаное переплетение. Готовое полотно наматывается на товарный вал 5.

При иглопробивном способе (рис. 4.17) вязаный холст прокалывается иглами со специальными зазубринами так, что волокна поверхностного слоя при опускании игл внедряются в глубь холста, что приводит к уплотнению волокон и упрочнению холста.

При вязально-войлочном способе волокнистый холст, состоящий в основном из шерсти, в специальных средах и при определенных условиях подвергается механическим воздействиям (сжа-

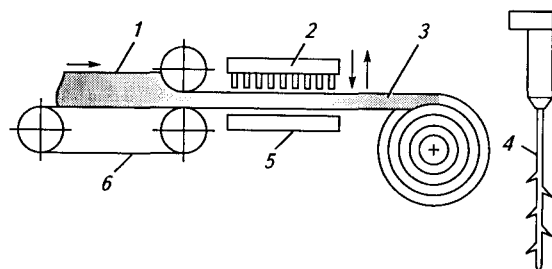


Рис. 4.17. Схема получения нетканого волокнистого материала способом иглопробивания:

1 — волокнистый холст; 2 — подвижная игольница; 3 — нетканый материал; 4 — игла; 5 — неподвижная плита; 6 — конвейер

тию, смятию). Это приводит к свойлачиванию холста, т. е. к сцеплению отдельных шерстяных волокон, причем такому плотному, что их невозможно растащить.

К физико-химическим способам относится скрепление элементов структуры будущего нетканого полотна с помощью наносимых разными способами жидких связующих в виде латексов, т. е. водных дисперсий синтетических каучуков, или сухих связующих — термопластичных легкоплавких волокон, пленок, нитей, порошков и др.

К комбинированным относятся способы, сочетающие два и более перечисленных выше.

Нетканые полотна, полученные физико-химическими или комбинированными способами, называют клееными.

К показателям геометрических свойств текстильных полотен относятся длина  $L$ , ширина  $B$  и толщина  $b$ , выраженные в миллиметрах.

К структурным характеристикам нетканых полотен относятся: линейная плотность, г/м,

$$m_L = \frac{m}{L}; \quad (4.21)$$

поверхностная плотность, г/м<sup>2</sup>,

$$m_s = \frac{m}{LB}; \quad (4.22)$$

объемная плотность, г/мм<sup>3</sup>,

$$\delta_V = \frac{m}{LBb}. \quad (4.23)$$

Основными характеристиками структуры вязально-пршивных полотен (холстопршивных, нитепршивных и тканепршивных с ворсовой петлей) являются:

плотность прошива по длине и ширине, которая характеризуется соответственно числом петельных рядов  $\Pi_d$  и числом петельных столбиков  $\Pi_{ш}$ , приходящихся на 50 мм полотна;

длина нити в петле, мм,

$$l = \frac{\sum L_i}{\sum n_i}, \quad (4.24)$$

где  $\sum L_i$  — сумма длин прошивных нитей, извлеченных из пробы, мм;  $\sum n_i$  — общее число петель из нити длиной  $\sum L_i$ ;

линейная плотность прошивной нити, текс,

$$T = \frac{\sum m_p}{\sum L_i}, \quad (4.25)$$

где  $\sum m_p$  — масса пучка нитей длиной  $\sum L_i$ , г;

длина прошивных нитей на 1 м<sup>2</sup> полотна, мм,

$$L_p = 0,4\Pi_d\Pi_{ш}l; \quad (4.26)$$

поверхностная плотность прошивной нити в полотне  $\rho_{сп}$ , г/м<sup>2</sup>,  
для одностороннего переплетения (трико, сукно, цепочка и др.)

$$\rho_{сп} = 4 \cdot 10^{-4}\Pi_d\Pi_{ш}lT; \quad (4.27)$$

для двустороннего переплетения (трико-цепочка, трико-сукно и др.) с пробкой нитей в каждую иглу

$$\rho_{сп} = 4 \cdot 10^{-4}\Pi_d\Pi_{ш}(l_1 + l_2)T, \quad (4.28)$$

где  $l_1, l_2$  — длина нити в петле соответственно первой и второй гребенок, мм;

содержание прошивной нити в полотне, %,

$$C = \frac{\rho_{сп}100}{m_s}. \quad (4.29)$$

Для холстопршивных и клееных нетканых полотен определяют также *степень ориентации волокон* в холсте, которую характеризуют углом, образованным прямой, проведенной через концы волокна, и продольной осью полотна.

#### 4.6. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Механические свойства определяют отношение текстильных изделий к действию различных приложенных к ним сил, вызывающих деформацию растяжения, сжатия, изгиба и связанные с ними явления.

В зависимости от способа испытаний характеристики механических свойств текстильных материалов подразделяют на полцикловые (показатели растяжения, прочности на раздирание), однокровные и многокровные.

Текстильные материалы чаще всего подвергаются деформации *растяжения*. Говоря о прочности тканей, обычно имеют в виду их способность выдерживать определенные нагрузки или деформации.

Для характеристики прочности используют различные показатели, из которых наибольшее распространение получили разрывная нагрузка и разрывное удлинение.

*Разрывная нагрузка*  $P_p$ , Н, — наибольшее усилие, выдерживаемое материалом до разрушения и выражающее его способность

воспринимать нагрузку. Этот показатель является обязательным при характеристике большинства тканей различного волокнистого состава.

Для сравнения разрывной нагрузки текстильных полотен разрывной поверхностной площади пользуются удельной разрывной нагрузкой  $P_0$ , кН · м/кг:

$$P_0 = \frac{10^3 P_p}{M_1 a_p}, \quad (4.30)$$

где  $M_1$  — поверхностная плотность пробной полоски, г/м<sup>2</sup>;  $a_p$  — рабочая ширина пробной полоски, мм.

*Удлинение при разрыве*  $\epsilon_p$ , %, — это приращение длины растягиваемой пробной полоски к моменту разрыва:

$$\epsilon_p = \frac{(L_k - L_0)100}{L_0} = \frac{l_p \cdot 100}{L_0}, \quad (4.31)$$

где  $L_k$  — конечная длина пробной полоски (к моменту разрыва), мм;  $L_0$  — начальная (зажимная) длина пробной полоски, мм;  $l_p$  — абсолютное удлинение при разрыве, мм.

Как и разрывная нагрузка, удлинение при разрыве в значительной степени зависит от качества и состава сырья, из которого вырабатывается текстильный материал.

Разрывная нагрузка и удлинение при разрыве тканей определяют путем испытания трех пробных полосок, вырезанных по основе, и четырех, вырезанных по утку, для трикотажных полотен — пяти образцов, вырезанных по горизонтали, и пяти — по вертикали, для нетканых полотен — десяти образцов, вырезанных в продольном, и десяти — в поперечном направлениях.

Пробные полоски подвергают растяжению до разрушения на разрывных машинах, работающих в следующих режимах: с переменной скоростью возрастания нагрузки и деформации; с постоянной скоростью возрастания нагрузки; с постоянной скоростью деформирования. Различие между машинами, осуществляющими работу в этих режимах, заключается в характере нагружения или деформирования испытуемого материала. По принципу работы эти машины аналогичны разрывным машинам, используемым для определения разрывных характеристик нитей.

Растяжение образца в одном направлении, когда внешние растягивающие силы действуют в плоскости изделия по какой-либо прямой, называется одноосным. При одноосном растяжении образец удлиняется в направлении растяжения и несколько укорачивается в поперечном направлении. Наибольшее укорочение имеет место в середине образца.

Формы образцов и способы закрепления их в тисках разрывных машин существенно влияют на показатели механических свойств. Для прямоугольных образцов наибольшее распространение получили методы подготовки, описанные ниже.

1. При стрип-методе (рис. 4.18, а) образец имеет прямоугольную форму. Длина пробы между зажимами обычно значительно больше ширины. Образец закрепляется по всей ширине. Зажимная длина и ширина пробных полосок равны соответственно 100 и 50 мм. В случае арбитражных испытаний всех тканей, кроме шерстяных, зажимную длину увеличивают до 200 мм, а при испытании тканей из стекловолокон ширину полоски уменьшают до 25 мм. Допускаются испытания тканей с рабочими размерами пробной полоски 50 × 25 мм.

2. Используя грэб-метод (рис. 4.18, б), образец вырезают без тщательного определения его ширины.

3. В полугрэб-методе (рис. 4.18, в) образец имеет комбинированную форму: один его конец готовится как для стрип-метода, а другой — как для грэб-метода.

4. Метод, рекомендуемый для определения разрывных характеристик трикотажных полотен. Образец готовится в виде двойной лопаточки (рис. 4.18, г). Форма его имеет зоны разной ширины: две зоны, сужающиеся от зажимов, переходят в прямоугольную среднюю часть, ширина которой в два раза меньше ширины в зажиме. В результате разрыв пробы происходит только на среднем участке и, естественно, относительная разрывная нагрузка и разрывное удлинение, особенно у сильно растягивающихся полотен, увеличиваются по сравнению с показателями, получаемыми стрип-методом. Оптимальными являются полоски в виде двойной лопаточки с рабочей шириной 25 мм и зажимной длиной 50 мм. При этом длина узкой части полоски должна быть меньше зажимной длины на 10 %.

5. При испытании образцов, сшитых в кольцо (рис. 4.18, д), образец надевают на два валика, заменяющих зажимы.

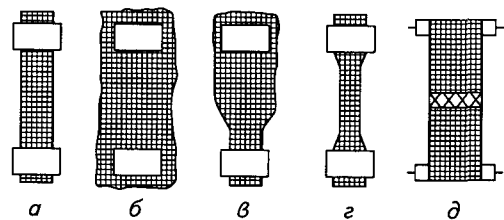


Рис. 4.18. Виды прямоугольных образцов и способы их закрепления в зажимах разрывных машин

Для всех текстильных материалов разрывная нагрузка и разрывное удлинение являются важными стандартными (нормативными) показателями. Несоответствие фактических разрывной нагрузки и разрывного удлинения нормативам стандарта или технических условий — один из признаков недоброкачества материала. Показатели разрывных характеристик приведены в табл. 4.3 и на рис. 4.19.

Таблица 4.3

| Материал                              | Поверхностная плотность $M_v$ , г/м <sup>2</sup> | Число нитей основы на 10 см | Разрывная нагрузка $P_r$ , Н | Удельная разрывная нагрузка $P_{уд}$ , Н · м/г | Относительное разрывное удлинение $\epsilon_r$ , % |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Хлопчатобумажные ткани:               |                                                  |                             |                              |                                                |                                                    |
| ситец                                 | 92                                               | 292                         | 294                          | 64                                             | 5                                                  |
| вуаль                                 | 67                                               | 308                         | 235                          | 70                                             | 6                                                  |
| диагональ                             | 212                                              | 398                         | 677                          | 64                                             | 5                                                  |
| саржа рукавная                        | 116                                              | 349                         | 343                          | 59                                             | 4                                                  |
| Шелковые ткани:                       |                                                  |                             |                              |                                                |                                                    |
| крепдешин                             | 75                                               | 480×3                       | 539                          | 144                                            | 18                                                 |
| блузочная капроновая                  | 20                                               | 480                         | 176                          | 176                                            | 23                                                 |
| Шерстяные ткани:                      |                                                  |                             |                              |                                                |                                                    |
| габардин                              | 288                                              | 591                         | 754                          | 52                                             | 36                                                 |
| бостон                                | 340                                              | 274                         | 600                          | 35                                             | 23                                                 |
| костюмная ведомственная               | 328                                              | 270                         | 1050                         | 64                                             | 40                                                 |
| Льняные ткани:                        |                                                  |                             |                              |                                                |                                                    |
| бортовка суровая                      | 300                                              | 122                         | 657                          | 44                                             | —                                                  |
| костюмно-платевая                     | 240                                              | 185                         | 815                          | 68                                             | —                                                  |
| льнолавсановая                        | 240                                              | 185                         | 815                          | 68                                             | —                                                  |
| полотно простынное                    | 180                                              | 194                         | 440                          | 49                                             | —                                                  |
| Гладкое вискозное трикотажное полотно | 206                                              | 60*                         | 226                          | 22                                             | 45                                                 |

\* Число петель по горизонтали на 5 см длины.

**Прочность на раздиране** является одной из важнейших характеристик тканей, подвергающихся при эксплуатации местным повреждениям. Это особенно относится к тканям для детской одежды, специальной одежды некоторых видов (например, для работников складов, грузчиков), для туристского снаряжения. Прочность на раздиране может служить, кроме того, мерой жесткости и подвижности структуры ткани. Особенностью раздирающих полотен является концентрация растягивающих усилий на малом участке пробы (вплоть до одиночных нитей). При таких условиях

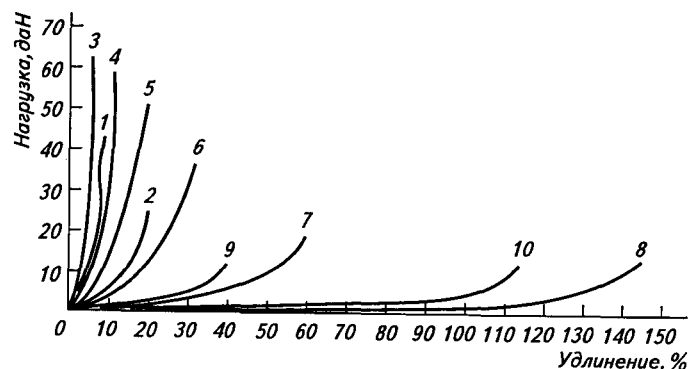


Рис. 4.19. Диаграммы «нагрузка — удлинение» (нечетными цифрами обозначены кривые удлинения материалов по основе или длине, четными — по утку или ширине): 1, 2 — хлопчатобумажная ткань; 3, 4 — льняное полотно; 5, 6 — хлопчатобумажная или шерстяная ткань; 7, 8 — трикотажное хлопчатобумажное (гладь) полотно; 9, 10 — нетканое хлопчатобумажное холстопршивное полотно

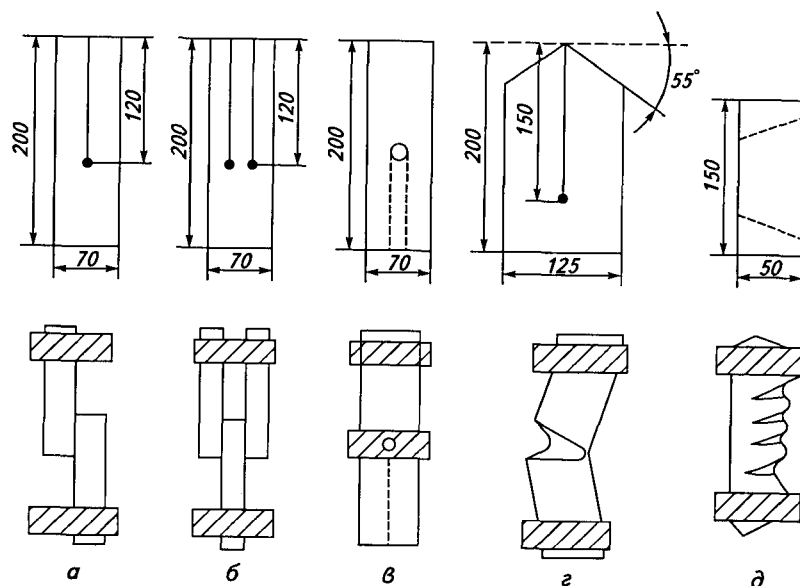


Рис. 4.20. Формы образцов, применяемых при испытании на одноосное раздирание, и способы их заправки:

а — прямоугольный образец с одним продольным надрезом; б — то же с двумя продольными надрезами; в — то же с проколом стержнем; г — пятиугольный образец с продольным надрезом; д — трапециевидный образец

в элементарной пробе рвутся поочередно нити, расположенные поперек раздирающих усилий (одиночные или небольшие группы). Поэтому прочность ткани на раздирание всегда значительно меньше ее прочности на разрыв.

Существуют различные методы испытания материалов на раздирание.

**Одноосное раздирание.** На рис. 4.20 представлены формы образцов и способы их зажима в тисках разрывных машин.

При методе, использующем прямоугольную пробу (см. рис. 4.20, а), концы разрезанной части полоски заправляют в тиски разрывной машины. При этом линия разреза располагается в вертикальном направлении.

При язычковом методе (см. рис. 4.20, б) среднюю надрезанную часть (язычок) заправляют в одни тиски, а оставшиеся две полоски — в другие. В этом случае получают удвоенное усилие.

Метод гвоздя (см. рис. 4.20, в) позволяет оценить прочность материалов с неориентированным расположением нитей, например трикотажных и нетканых полотен. Зажимное устройство состоит из верхнего стандартного зажима, а нижний зажим представляет собой двойную пластину с отверстием для установки заостренного стержня заданного диаметра.

Крыловидный метод (см. рис. 4.20, г) отличается от первого метода тем, что разрыв осуществляется под углом. Усилие раздирания сосредоточивается на продольной крайней нити.

При трапециевидном методе полоску заправляют в тиски под углом (см. рис. 4.20, д). При растяжении рвутся нити продольной системы начиная с короткой части полоски и кончая ее длинной частью. Разрушение нитей происходит последовательно.

Прочность ткани на раздирание в различных стандартах оценивается по-разному. Так, в российских стандартах она оценивается по максимальной нагрузке, которая фиксируется силоизмерителем (рис. 4.21). По американским, французским, шведским стандартам определяют среднее значение из пяти максимальных пиков на диаграммах.

**Двухосное растяжение.** Материалы для одежды в процессе изготовления из них швейных изделий, а затем их эксплуатации подвергаются растягивающим усилиям одновременно в различных направлениях. Развивающиеся при этом напряжения и деформации в различных направлениях изделия неодинаковы и за-

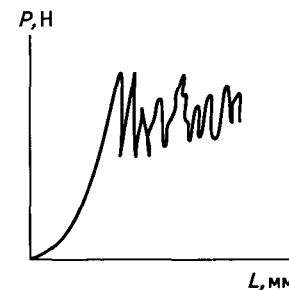


Рис. 4.21. Диаграммы раздирания (по А. А. Мартыновой)

L, мм

висят в первую очередь от строения и свойств материала, от условий эксплуатации и вида одежды. Поэтому текстильные изделия испытывают на растяжение в различных направлениях: осуществляют двухосное растяжение (рис. 4.22, а, б) или растяжение одноосно во многих направлениях — многоосное (рис. 4.22, в, г).

Деформация материала при двухосном растяжении имеет сложный характер. При симметричном двухосном растяжении центр образца практически не перемещается, в то время как его другие структурные элементы относительно центра образца имеют перемещение.

Многоосное растяжение материал испытывает при продавливании его шариком или мембраной. При продавливании пробы шариком центральная часть материала наиболее напряжена и именно в ней начинается разрушение. В первую очередь подвергаются разрушению нити, имеющие наименьшее удлинение. Испытание на продавливание шариком (см. рис. 4.22, в) осуществляется на разрывных машинах с помощью специального оборудования. При этом определяют разрушающее усилие продавливания  $P_{р.п}$  и стрелу прогиба материала  $f$ , мм. При продавливании испытуемого материала мембраной (см. рис. 4.22, г) происходит разрушение пробы на большей ее части, обычно сразу по обеим системам нитей.

Определение *одноцикловых характеристик* позволяет выявить особенности деформирования текстильных материалов в процессе их использования, что имеет большое практическое значение для оценки способности этих материалов принимать и сохранять форму.

Одноцикловые характеристики связаны с проявлением вязкоупругих свойств волокон в процессе использования изделий главным образом деформациями растяжения и изгиба. Немалое развитие в исследованиях одноцикловых характеристик получило изучение релаксационных свойств на моделях, включающих в себя различные комбинации упругих и вязких элементов.

При растяжении текстильных полотен, подобно тому как это происходит в нитях и волокнах, возникают релаксационные процессы, т. е. самопроизвольное уменьшение внутреннего напряже-

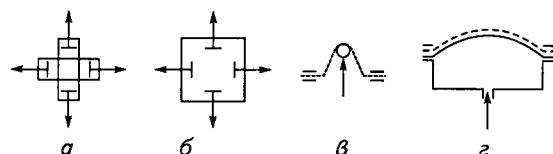


Рис. 4.22. Методы двухосного (а, б) и многоосного (в, г) растяжения материалов

ния с течением времени при неизменной деформации, а также самопроизвольное возвращение системы в устойчивое состояние.

Полная деформация  $\epsilon_{п}$ , возникающая при растяжении полотен под действием нагрузок, меньших разрывной, как и у волокон и нитей, складывается из трех составных частей:

$$\epsilon_{п} = \epsilon_{б} + \epsilon_{м} + \epsilon_{о}, \quad (4.32)$$

где  $\epsilon_{б}$  — быстрообратимая деформация;  $\epsilon_{м}$  — медленнообратимая;  $\epsilon_{о}$  — остаточная.

Полная деформация и соотношение между ее составными частями зависят как от волокнистого состава полотен, их строения и вида отделки, так и от условий эксперимента. В табл. 4.4 приведены показатели одноцикловых характеристик механических свойств текстильных полотен при растяжении.

Таблица 4.4

| Текстильное полотно                         | Направление<br>испытания | Полная<br>деформа-<br>ция, % | Доля в полной деформации<br>ее составной части |                        |                 |
|---------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|------------------------|-----------------|
|                                             |                          |                              | быстро-<br>обратимой                           | медленно-<br>обратимой | остаточ-<br>ной |
| Ткани                                       |                          |                              |                                                |                        |                 |
| Бязь арт. 50                                | По основе                | 7                            | 0,24                                           | 0,14                   | 0,62            |
|                                             | По утку                  | 19                           | 0,14                                           | 0,12                   | 0,74            |
| Ситец арт. 3                                | По основе                | 2,5                          | 0,3                                            | 0,3                    | 0,4             |
|                                             | По утку                  | 17,5                         | 0,22                                           | 0,1                    | 0,68            |
| Полотно льняное про-<br>стынное арт. 05101  | По основе                | 5,1                          | 0,27                                           | 0,12                   | 0,61            |
|                                             | По утку                  | 16                           | 0,1                                            | 0,06                   | 0,84            |
| Сукно арт. 6404                             | По основе                | 8,5                          | 0,47                                           | 0,18                   | 0,35            |
|                                             | По утку                  | 14                           | 0,47                                           | 0,11                   | 0,42            |
| Полотно шелковое<br>арт. 1202               | По основе                | 10,2                         | 0,27                                           | 0,1                    | 0,63            |
|                                             | По утку                  | 9,5                          | 0,21                                           | 0,16                   | 0,63            |
| Полотно вискозное<br>арт. 4218              | По основе                | 15,5                         | 0,11                                           | 0,18                   | 0,71            |
|                                             | По утку                  | 11,5                         | 0,15                                           | 0,15                   | 0,7             |
| Полотно капроновое<br>арт. 3205             | По основе                | 10                           | 0,7                                            | 0,2                    | 0,1             |
|                                             | По утку                  | 13                           | 0,66                                           | 0,19                   | 0,15            |
| Трикотажные полотна                         |                          |                              |                                                |                        |                 |
| Гладьевое хлопчато-<br>бумажное арт. 117    | По длине                 | 39                           | 0,51                                           | 0,17                   | 0,32            |
|                                             | По ширине                | 87,5                         | 0,4                                            | 0,21                   | 0,39            |
| Двуластичное хлопча-<br>тобумажное арт. 117 | По длине                 | 26,0                         | 0,41                                           | 0,17                   | 0,42            |
|                                             | По ширине                | 154                          | 0,28                                           | 0,16                   | 0,56            |
| Двуластичное вискоз-<br>ное арт. 114        | По длине                 | 28,5                         | 0,35                                           | 0,26                   | 0,39            |
|                                             | По ширине                | 97                           | 0,35                                           | 0,3                    | 0,35            |
| Трико-сукно вискоз-<br>ное арт. 37          | По длине                 | 23                           | 0,39                                           | 0,26                   | 0,35            |
|                                             | По ширине                | 34,5                         | 0,38                                           | 0,22                   | 0,4             |

При определении одноцикловых характеристик принято использовать два метода растяжения:

1) быстрое растяжение испытуемого образца до достижения заданного предела, осуществляемое за секунды, с последующим длительным выдерживанием установленного предела; этот метод осуществляется на релаксометрах;

2) медленное растяжение до заданного предела, осуществляемое в течение определенного времени с постоянной скоростью деформирования, нагружения, движения одного из зажимов в течение всей доли цикла, отведенной на растяжение, и такое же освобождение от растяжения с последующим отдыхом; этот метод применяется на разрывных машинах с записью гистерезисных петель.

Необходимость определения *многоцикловых характеристик* возникает из-за того, что текстильные материалы в процессе эксплуатации подвергаются небольшим многократным деформациям. Вследствие этого постепенно разрушаются волокна и ослабевают связи между ними. В результате возникают явления утомления и как следствие — динамической усталости. Последнее внешне проявляется в образовании необратимых деформаций нитей в ткани.

Чтобы ткань была выносливой к многократным растяжениям, она должна обладать определенным коэффициентом безопасности, т. е. определенным отношением разрывной нагрузки к нагрузке, соответствующей пределу выносливости. Так, для хлопчатобумажных тканей коэффициент безопасности был установлен в интервале 2...2,5.

Для определения многоцикловых характеристик используются приборы нескольких типов, которые можно объединить в три группы:

- 1) приборы, сохраняющие в каждом цикле постоянство амплитуды абсолютной заданной циклической деформации;
- 2) приборы, сохраняющие в каждом цикле постоянство амплитуды относительной заданной циклической деформации;
- 3) приборы, сохраняющие в каждом цикле постоянство амплитуды заданной циклической нагрузки.

К первой группе относятся приборы УП-1 и ПКМ-1, а также ротационный пульсатор.

На приборе УП-1 многократное растяжение пробы 3 (рис. 4.23, а) осуществляется путем возвратно-поступательного перемещения зажима 2 от эксцентрикового механизма 1. Зажим 4 соединен со штоком 5, который под действием противовеса 6 может перемещаться вверх, устраняя накапливающуюся остаточную циклическую деформацию.

На ротационном пульсаторе проба 3 (рис. 4.23, б) в виде трубки закрепляется в зажимах. Зажим 4 соединен с головкой вала 7 и при

вращении вала циклически деформирует пробу. Зажим 2 пульсатора соединен с противовесом 6, с помощью которого происходит устранение остаточной циклической деформации.

На приборе ПКМ-1 проба 3 (рис. 4.23, в) получает многократное растяжение в результате возвратно-поступательного движения верхнего зажима 2 от эксцентрика 1, связанного со штоком 5, который под действием противовеса 6 перемещается вниз и устраняет остаточную циклическую деформацию.

К приборам второй группы относится прибор М. И. Павловой и А. И. Исаева. Проба материала 3 (рис. 4.23, г) закрепляется в за-

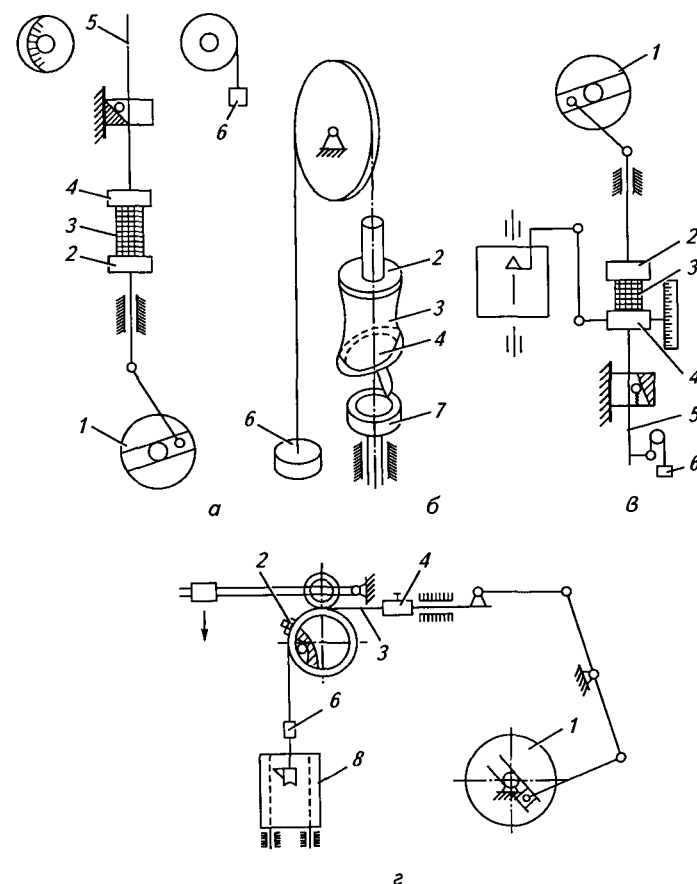


Рис. 4.23. Схемы:

а — прибора УП-1; б — ротационного пульсатора; в — прибора ПКМ-1; г — прибора для многократного растяжения материала; 1 — эксцентриковый механизм; 2, 4 — зажимы; 3 — проба; 5 — шток; 6 — противовес; 7 — головка вала; 8 — самописец

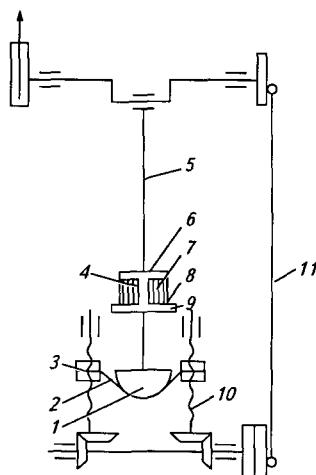


Рис. 4.24. Схема пульсатора МРД-1

жимах 2, 4. При работе прибора эксцентрик 1 вращается, благодаря чему проба 3 получает многократное растяжение. Под действием противовеса 6 устраняется остаточная циклическая деформация, которая регистрируется самописцем 8.

К приборам третьей группы относятся различные пульсаторы. Пульсаторы как для изделий, так и для нитей осуществляют многократное растяжение. Одним из наиболее интересных является пульсатор МРД-1. Пробу 2 (рис. 4.24) помещают в зажим 3, имеющий замкнутый кольцевой контур, и прижимают к рабочему органу 1 в виде полусферы. Возвратно-поступательное перемещение рабочего органа, перпендикулярное плоскости пробы, осуществляется от кривошипно-шатунного 11 и червячного 10 механизмов. В каждом цикле поддерживается постоянная амплитуда заданной циклической нагрузки. Контроль за амплитудой выполняет установленный на штоке 5 индуктивный датчик 6. Датчик состоит из корпуса 4, обмотки 7, пружинящих элементов 8 и перекрытия магнитопровода 9, жестко соединенного со штоком 5. Усилия на пробу создают пружинящие элементы 8.

#### 4.7. ИЗГИБ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Текстильные материалы под действием незначительной нагрузки, а также под действием силы собственной тяжести легко изгибаются. В зависимости от назначения и состава текстильные материалы в процессе эксплуатации будут вести себя по-разному.

Классификация характеристик изгиба материала (рис. 4.25) предложена Б. А. Бузовым.

К полуцикловым неразрывным характеристикам относятся жесткость при изгибе и драпируемость.

**Жесткость** характеризует способность материала сопротивляться изменению формы под действием различно прилагаемых сил и деформаций.

Жесткость может являться характеристикой, определяющей назначение материала. Жесткость тканей оказывает влияние на их

поведение при переработке и в эксплуатации. Например, подкладочные ткани должны быть мягкими, податливыми, они не должны влиять на изменение формы верхних материалов, в то время как прокладочные ткани должны обладать достаточной жесткостью, обеспечивающей неизменность формы деталей одежды. Жесткость тканей может быть увеличена или уменьшена путем специальной обработки. Например, влажно-тепловая обработка снижает жесткость большинства тканей, особенно из натуральных волокон. При высыхании и охлаждении материала жесткость восстанавливается. На этом, в частности, основан эффект глаженья тканей и швейных изделий.

Жесткость при изгибе выражается произведением модуля продольной упругости  $E$  на момент инерции сечения тела относительно нейтральной оси  $I$ :

$$B = EI. \quad (4.33)$$

Приборы, используемые для определения жесткости материалов при изгибе, могут быть двух типов.

На приборах первого типа материал изгибается под действием распределенной нагрузки (силы собственной тяжести пробы). Определение жесткости на них производится консольным методом.

На приборах второго типа материал изгибается под действием сосредоточенной нагрузки. Их применяют для определения жесткости методом кольца для материалов, имеющих абсолютный прогиб менее 10 мм.

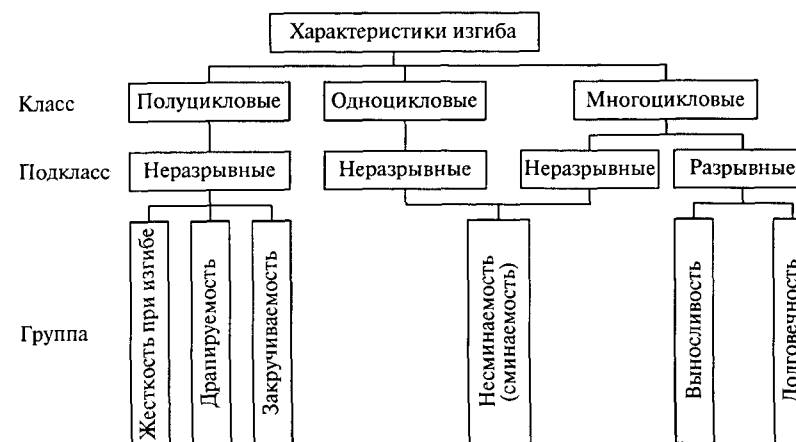


Рис. 4.25. Классификация характеристик изгиба материалов

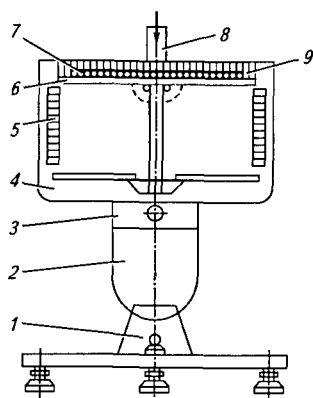


Рис. 4.26. Схема гибкомера ПТ-2 для определения жесткости полотен при изгибе

К приборам первого типа относится гибкомер ПТ-2, схема которого приведена на рис. 4.26. Испытуемую пробную полоску 9 размером  $160 \times 30$  мм помещают лицом вверх на горизонтальную опорную площадку 7, состоящую из двух боковых подвижных полочек 6, и закрепляют грузом 8, имеющим ширину 2 см. При включении тумблера 1 механизм 2 плавно и равномерно опускает подвижные боковые полочки 6 опорной площадки. В процессе опускания полочек полоска прогибается под действием силы собственной тяжести. Когда боковые полочки окончательно опустятся, указатель прогиба 4 перемещают вверх винтом 3, отмечая по шкале 5 прогиб  $f$  с обеих сторон полоски с точностью до 1 мм.

Жесткость при изгибе ткани по основе или по утку находят по формуле

$$EI = \frac{42\,046m}{A}, \quad (4.34)$$

где  $m$  — масса пяти пробных полосок, г;  $A$  — коэффициент, выбираемый в зависимости от относительного прогиба  $f_0$ , причем

$$f_0 = f/l,$$

где  $f$  — средний прогиб пробных полосок, см;  $l$  — длина свешивающихся концов пробных полосок, см.

Коэффициент жесткости определяется отношением жесткости в продольном направлении к жесткости в поперечном направлении:

$$K = \frac{EI_{\text{прод}}}{EI_{\text{попер}}}. \quad (4.35)$$

Жесткость определяют консольным методом для материалов, имеющих абсолютный прогиб  $f \geq 10$  мм. При  $f \leq 10$  мм используют метод кольца.

Метод кольца заключается в принудительном прогибе согнутой в кольцо пробной полоски. Испытания проводят на приборе ПЖУ-12М (рис. 4.27).

Пробную полоску 1 размером  $95 \times 20$  мм закрепляют в зажиме 4 так, чтобы она образовала кольцо правильной формы с диаметром 30 мм. Кольцо доводят до соприкосновения с нажимной площадкой 3, которую постепенно нагружают падающими металлическими шариками 2. При заданном прогибе кольца измеряют нагрузку  $P$ , которая и характеризует жесткость при изгибе ткани. За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов пяти испытаний полосок по основе и по утку. Коэффициент жесткости подсчитывают по формуле

$$K_{EI} = \frac{P_{\text{прод}}}{P_{\text{попер}}}. \quad (4.36)$$

**Драпируемость** — способность текстильных изделий в подвешенном состоянии под действием силы собственной тяжести образовывать красивые округлые устойчивые складки.

Драпируемость текстильного материала определяют различными методами.

Методом иглы на образце размером  $400 \times 200$  мм намечают точки 1...4 (рис. 4.28). По намеченным точкам образец накалывают на иглу 7 так, чтобы получилось три складки. Затем образец зажимают между пробками 5 и 6. Через 30 мин после накалывания образца внизу измеряют расстояние  $A$ . Драпируемость ткани  $D$ , %, определяют по формуле

$$D = \frac{(200 - A)}{200} \cdot 100. \quad (4.37)$$

Чем больше значение  $D$ , тем выше драпируемость материала.

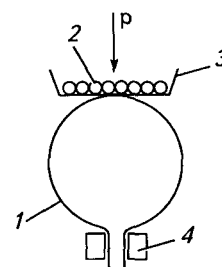


Рис. 4.27. Определение жесткости тканей при изгибе методом кольца

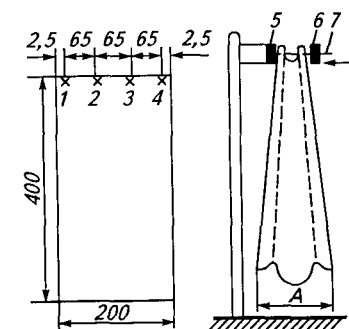


Рис. 4.28. Схема определения драпируемости текстильного материала по методу В. Я. Евдокимова и А. К. Бухаровой

Таблица 4.5

| Ткани             | Жесткость $B_{\text{уст}}$ ,<br>мН·см <sup>2</sup> |         | Драпируемость $D$ , % |         | Коэффици-<br>ент драпи-<br>руемости<br>$K_d$ , % | Соотноше-<br>ние драпи-<br>руемостей<br>по основе<br>и по утку |
|-------------------|----------------------------------------------------|---------|-----------------------|---------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
|                   | по основе                                          | по утку | по основе             | по утку |                                                  |                                                                |
| Хлопчатобумажные: |                                                    |         |                       |         |                                                  |                                                                |
| сатин             | 206                                                | 152     | 23                    | 9       | 38                                               | 1,54                                                           |
| ситец             | 287                                                | 67      | 26                    | 5,5     | 35                                               | 1,4                                                            |
| майка             | 185                                                | 84      | 22                    | 7       | 38                                               | 1,2                                                            |
| Шерстяные:        |                                                    |         |                       |         |                                                  |                                                                |
| кашемир           | 322                                                | 246     | 7                     | 4       | 67                                               | 1,18                                                           |
| бостон            | 796                                                | 520     | 7                     | 2       | 53                                               | 0,98                                                           |
| коверкот          | 980                                                | 585     | 7,5                   | 0,5     | 47                                               | 1,22                                                           |
| сукно             | 1869                                               | 1432    | 1,5                   | 2       | 46                                               | 1,06                                                           |
| трико             | 5729                                               | 3555    | 0                     | 0       | 32                                               | 1,08                                                           |
| драп              | 4770                                               | 2099    | 1                     | 0,5     | 35                                               | 1,4                                                            |
| Вискозные:        |                                                    |         |                       |         |                                                  |                                                                |
| креп-сатин        | 565                                                | 89      | 48                    | 7       | 56                                               | 2,2                                                            |
| крепдешин         | 252                                                | 65      | 28                    | 3       | 51                                               | 1,5                                                            |
| полотно           | 280                                                | 230     | 8                     | 2       | 35                                               | 1,03                                                           |
| штапельные        | 391                                                | 56      | 50                    | 3       | 50                                               | 1,66                                                           |

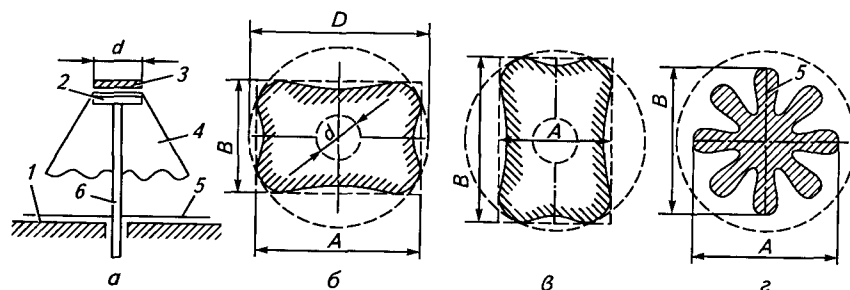


Рис. 4.29. Схема определения степени драпируемости изделий дисковым методом

Недостатком метода иглы является то, что он не позволяет судить о драпируемости в двух направлениях сразу.

При определении драпируемости *дисковым методом* пробу 4 (рис. 4.29, а), вырезанную в виде круга диаметром  $D$ , кладут на диск 2 диаметром  $d$  и закрепляют вторым диском 3. Края пробы свободно свисают со столика, не касаясь плоскости 1. Сверху столик с пробой освещают параллельным пучком света, в результате чего на бумаге 5, помещенной под подставкой 6, появляется изображение ткани, проекцию которой очерчивают на бумаге. Одновременно с этим отмечают направление осевых линий пробы.

Драпируемость ткани характеризуется коэффициентом драпируемости  $K_d$ , %

$$K_d = \left(1 - \frac{4S}{\pi D^2}\right) 100. \quad (4.38)$$

По соотношению размеров драпированной круглой пробы определяют, в каком направлении полотно лучше драпируется (рис. 29, б...г):

$$X_0 = \frac{B}{A}, \quad (4.39)$$

где  $S$ ,  $B$ ,  $A$  — максимальные размеры проекции образца вдоль и поперек изделия, мм.

В табл. 4.5 приведены данные, характеризующие драпируемость различных тканей.

К одноцикловым неразрывным характеристикам относятся *несминаемость* и *сминаемость* текстильных материалов.

В процессе эксплуатации на текстильных материалах нередко возникают складки и морщины этим материалам из-за присущих пластической и эластической деформаций изгиба.

Несминаемость — это способность тканей не образовывать складки после смятия. Характеристика, обратная несминаемости, называется сминаемостью. Изменение внешнего вида ткани вследствие образования складок и морщин объясняется тем, что грани складок резко разделяют две соседние части поверхности материала, по-разному отражающие свет; вследствие этого складки делаются очень заметными и неприятными для глаза, особенно когда множество их образует неровную поверхность. В местах образования складок на выступающих участках, в местах перегиба ткань быстрее разрушается от истирания, что приводит к быстрому изнашиванию изделия в целом.

Степень сминаемости зависит от механических свойств материала, его строения, геометрических характеристик, условий эксплуатации. Механические свойства изделий могут резко изменяться в зависимости от числа химических обработок, которым они подвергаются. Для уменьшения степени сминаемости широко используют разнообразные методы отделки текстильных материалов.

Наибольшая степень несминаемости характерна для тканей из волокон, обладающих способностью к быстрому восстановлению своих размеров после деформирования. Например, шерстяные и синтетические волокна имеют большую долю упругой и высокоэластичной деформации и малую долю остаточной деформации, что связано с их химическим и физическим строением. Высокая

степень сминаемости хлопчатобумажных, вязкозных и льняных тканей объясняется низкими упругоэластическими свойствами составляющих их волокон.

Тонкие и длинные волокна обладают меньшей жесткостью. Они меньше деформируются и имеют большое сцепление одно с другим; это препятствует их смещению в пряже при смятии ткани. Естественно, ткани из таких волокон меньше сминаются, чем ткани из грубых и коротких волокон.

При увеличении крутки пряжи степень несминаемости тканей повышается. Однако при очень высокой крутке волокна перенапрягаются и при деформировании могут разрушиться.

При определении степени несминаемости следует иметь в виду, что смятие может быть хаотическим и упорядоченным.

*Хаотическое смятие* наиболее полно имитирует реальный характер смятия тканей, возникающего при эксплуатации изделий. Однако объективная оценка степени несминаемости при хаотическом смятии (рис. 4.30, а — смятие ткани рукой, рис. 4.30, б — смятие цилиндра, сделанного из ткани, с последующим определением высоты смятия  $h$ ) затруднительна и требует довольно сложной аппаратуры. Поэтому при контроле качества тканей чаще используют *упорядоченное (ориентированное) смятие*, т. е. смятие образца ткани в одном направлении. Наиболее распространенным здесь является метод оценки степени несминаемости по углу восстановления сложенной и сжатой пробной полоски ткани.

Для определения степени несминаемости используется прибор СМТ (для всех тканей, кроме шерстяных). Принцип работы прибора приведен на рис. 4.30, в.

Пробную полоску ткани 2 прямоугольной формы размером  $15 \times 40$  мм или Т-образной формы размером  $24 \times 24$  мм складыва-

ют и подвергают действию груза  $I$  в течение 15 мин. Затем груз снимают и через 5 мин с помощью специального приспособления измеряют угол восстановления  $\alpha$ . Степень несминаемости, %, определяют отношением угла восстановления к углу полного сгиба ( $180^\circ$ ):

$$K = \frac{\alpha}{180} 100. \quad (4.40)$$

Для хлопчатобумажных тканей степень несминаемости определяют суммарным углом восстановления после смятия по основе и утку. Например, для сорочечных хлопчатобумажных тканей, не подвергнутых стирке, суммарный угол должен быть не менее  $220^\circ$ , после стирки —  $185^\circ$ , для платьевых тканей — соответственно 200 и  $175^\circ$ .

Шелковые и полушелковые одежные ткани подразделяют на три группы: несминаемые (со степенью сминаемости более 55 %), среднесминаемые (46...55 %) и сминаемые (30...45 %).

Степень сминаемости шерстяных тканей определяется на приборе СТ-1.

Пробную полоску (рис. 4.30, г) несколько раз перегибают и в таком состоянии выдерживают под нагрузкой в течение 5 мин. После снятия нагрузки полоску выдерживают в свободном состоянии 3 мин, помещают на стеклянную пластинку и с помощью микроскопа измеряют высоту  $h$  получившейся складки, мм. Степень сминаемости характеризуют коэффициентом сминаемости, который представляет собой отношение фактической высоты складки к максимально возможной:

$$K_c = \frac{h}{20} = 0,05h. \quad (4.41)$$

Платевые чистошерстяные ткани должны иметь коэффициент сминаемости не более 0,3; полушерстяные с лавсаном 0,4; полушерстяные с другими волокнами 0,6.

Стойкость тканей к разрушению в процессе эксплуатации изделий зависит от воздействия ряда факторов, среди которых существенный интерес представляет многократный изгиб. Он вызывает в материале усталостные явления, которые выражаются в местном изменении структуры ткани, нарушении ее целостности и постепенном ухудшении свойств.

При *оценке стойкости тканей к многократному изгибу* используют следующие характеристики:

*выносливость*  $n_n$  — число циклов изгиба, которое выдерживает материал до своего разрушения;

*долговечность*  $\tau_n$  — время от начала многократных изгибов до

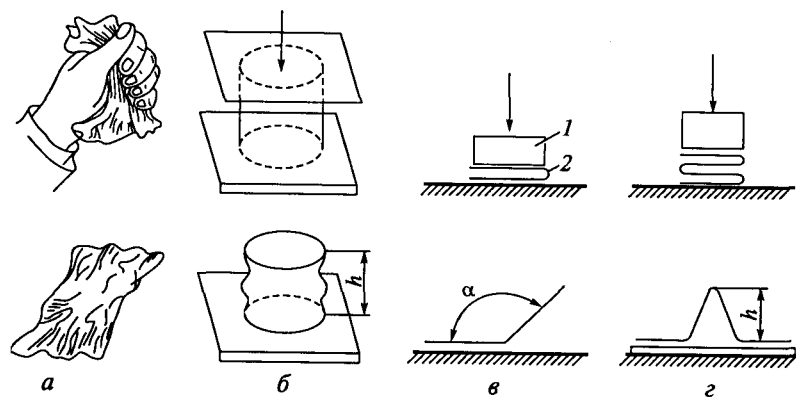


Рис. 4.30. Определение степени несминаемости тканей

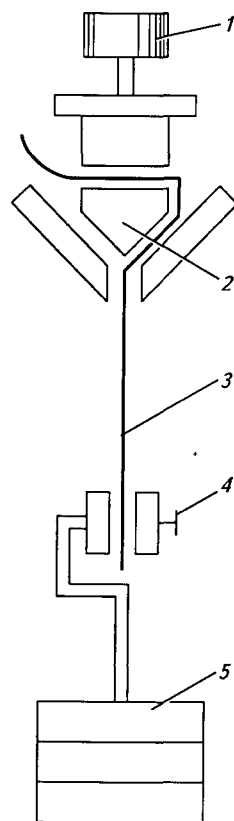


Рис. 4.31. Принципиальная схема изгибателя АИТН-2

момента разрушения пробы. Эта характеристика связана с выносливостью отношением

$$\tau_n = \frac{n_n}{\omega}, \quad (4.42)$$

где  $\omega$  — частота циклов в минуту;

*потеря прочности*  $\Delta Q_p$ ,  $N$  — разность разрывных нагрузок ткани до многократного изгиба и после заданного числа циклов изгиба  $n_3$ .

Стойкость тканей к многократному изгибу определяют на приборах, называемых изгибателями. Автоматизированный изгибатель АИТН-2 предназначен для поперечного разрушения проб ткани на сгибе. Пробу 3 (рис. 4.31) в виде полоски шириной 10...15 мм закрепляют в зажимах 2 и 4. Винт 1 обеспечивает надежное закрепление пробы в губках верхнего зажима, который совершает качательные движения с частотой 100 циклов в минуту. К нижнему зажиму 4 подвешивают грузы 5, обеспечивающие статическую нагрузку. Каждая пара зажимов снабжена электрическими счетчиками числа перегибов.

#### 4.8. ТРЕНИЕ И ЦЕПКОСТЬ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

В процессе эксплуатации текстильные изделия соприкасаются с другими материалами и перемещаются по ним. При относительном перемещении двух тел в плоскости их касания возникают силы тангенциального сопротивления  $T_0$ , которые состоят из двух слагаемых:

$$T_0 = T_c + T, \quad (4.43)$$

где  $T_c$  — сила цепкости;  $T$  — сила трения.

Сила тангенциального сопротивления складывается из силы трения и цепкости, которые у всех текстильных материалов про-

являются одновременно. Основной характеристикой, определяющей тангенциальное сопротивление, является коэффициент тангенциального сопротивления, который равен отношению силы трения к силе сцепления  $N$ :

$$f_{т.с} = \frac{T}{N} = \operatorname{tg} \alpha. \quad (4.44)$$

Существует несколько методов оценки тангенциального сопротивления текстильных полотен, но наиболее простым и доступным является метод наклонной плоскости (рис. 4.32). Наклонную плоскость прибора, используемого при этом методе, обтягивают испытуемым материалом. Затем на образец помещают колодку, обтянутую этим же материалом. Начинают плавно изменять угол наклона плоскости. При этом на колодку действуют сила тангенциального сопротивления  $T_0$  и сила тяжести  $G$ , которую можно разложить на силу сцепления  $N$  и силу перемещения  $F$ . В момент начала движения колодки по наклонной плоскости отмечают угол наклона  $\alpha$ .

Существенное влияние на коэффициент тангенциального сопротивления оказывают волокнистый состав, плотность, переплетение, влажность, вид окончательной отделки и др.

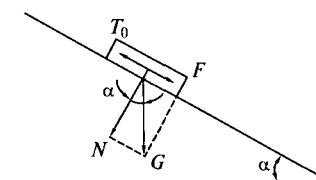


Рис. 4.32. Схема определения коэффициента тангенциального сопротивления

#### 4.9. ОСЫПАЕМОСТЬ И РАЗДВИЖКА ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Силы тангенциального сопротивления удерживают нити в тканях, препятствуя их смещению. Если эти силы недостаточны для того, чтобы препятствовать механическим усилиям, прилагаемым к ткани, нити сдвигаются и осыпаются.

**Осыпаемостью** называют смещение и выпадение нитей из обрезаемого края ткани. Осыпаемость является следствием малого тангенциального сопротивления. Причинами недостаточного тангенциального сопротивления могут быть вид переплетения, состояние поверхности нитей. Стойкость ткани к осыпаемости характеризуется шириной бахромы, образующейся в результате выпадения нитей под воздействием удара, трения, изгиба и встряхивания. Стойкость ткани к осыпаемости определяется усилием, которое необходимо для сбрасывания двухмиллиметрового слоя нитей одной системы в пробной полоске шириной 30 мм. Различают ткани легкоосыпающиеся, для которых это усилие не превышает 2,9 даН, средней осыпаемости, для которых усилие составля-

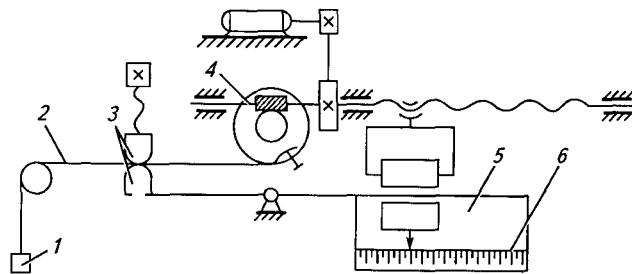


Рис. 4.33. Схема прибора РТ-2 для определения раздвигаемости шелковой ткани:  
1 — груз массой 120 г; 2 — полоска ткани; 3 — резиновые губки; 4 — барабан для наматывания при испытании полоски ткани; 5 — механизм нагружения; 6 — шкала нагрузок

ет 3,6 даН, и неосыпающиеся, для которых усилие превышает 6 даН. Хлопчатобумажные ткани ситец и бязь имеют показатель осыпаемости 10...12 даН, шерстяная ткань бостон — более 7 даН, шелковая подкладочная — около 2 даН.

**Раздвигаемость** называют смещение в ткани нитей одной системы относительно нитей другой системы. Раздвигаемость, как и осыпаемость, является следствием малого тангенциального сопротивления нитей в ткани. Стойкость ткани к раздвигаемости характеризуется сжимающим усилием, вызывающим сдвиг нитей одной системы вдоль нитей другой. Раздвигаемость тканей определяется на приборе РТ-2 (рис. 4.33). При испытании тканей на этом приборе устанавливают усилие, вызывающее сдвиг нитей одной системы относительно нитей другой. Различают легкораздвигающиеся ткани, для которых это усилие составляет 8...9 даН, ткани средней раздвигаемости, для которых усилие равно 9...11 даН, и нераздвигающиеся, для которых усилие составляет более 11 даН.

#### 4.10. ПИЛЛИНГУЕМОСТЬ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Пиллингуемость характеризует способность тканей в процессе эксплуатации или при переработке образовывать на поверхности небольшие шарики (пилли) из закатанных кончиков и отдельных участков волокон.

У изделий из шерсти пиллинг может появляться в начальный период их носки. Достигнув определенного размера, шарики затем исчезают с поверхности материала. У изделий из синтетических волокон пиллинг приобретает устойчивый характер и может настолько ухудшить внешний вид изделий, что они становятся непригодными к эксплуатации. Поскольку химические волокна ши-

роко используются в смесях с натуральными, пиллингуемость является обязательным показателем, который нормируется в стандартах на ткани различного волокнистого состава.

Образование пиллей можно разделить на несколько этапов. Сначала свободные кончики волокон поднимаются над поверхностью материала и образуется заметная ворсистость, или мшистость (рис. 4.34, а). Затем волокна начинают группироваться, перепутываться и образовывать рыхлые комочки (рис. 4.34, б, в). На следующем этапе часть волокон обрывается и сматывается в комочки, которые уплотняются и удерживаются на трех-четырех якорных волокнах (рис. 4.34, г). На последнем этапе происходит отрыв пиллей от поверхности материала (рис. 4.34, д).

Степень пиллингуемости тканей зависит от волокнистого состава материала, геометрических и механических свойств волокон, структуры нитей и ткани.

Наибольшей степенью пиллингуемости обладают ткани, в которых используются полиамидные (капроновые) и полиэфирные (лавсановые) волокна. Эти волокна имеют гладкую поверхность, большие удлинение и прочность, высокую стойкость к многократным деформациям. Благодаря указанным свойствам волокна быстро выходят на поверхность ткани, что способствует формированию пиллей и длительному удерживанию их на поверхности ткани. Напротив, ткани из волокон с незначительной прочностью и низкой стойкостью к многократным деформациям отличаются слабой пиллингуемостью.

Толщина и форма поперечного сечения волокон оказывают существенное влияние на пиллингуемость. Более тонкие и гладкие волокна имеют большую склонность к образованию пиллинга, чем толстые с неровной поверхностью. Для снижения степени пиллингуемости применяются профилированные синтетические волокна, имеющие поперечное сечение в виде прямоугольника, треугольника, звездочки и др.

С целью уменьшения степени пиллингуемости структура пряжи и ткани должна обеспечивать прочное и надежное закрепление волокон. Увеличение крутки, уменьшение длины перекрывтий и увеличение степени заполнения приводят к уменьшению степени пиллингуемости тканей.

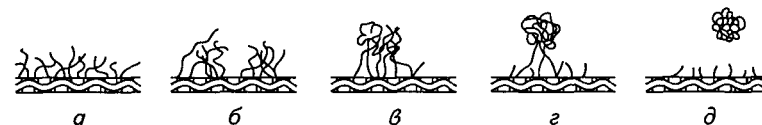


Рис. 4.34. Этапы образования пиллей:

а — появление мшистости; б — группировка и перепутывание волокон; в — образование рыхлых комочков; г — уплотнение пиллей; д — отрыв пиллей

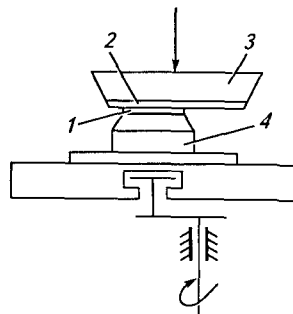


Рис. 4.35. Схема прибора «Пиллингметр»

Методы определения степени пиллингуемости основаны на имитации легких истирающих воздействий на поверхность ткани, приводящих к образованию мшистости и формированию пиллей, а затем на подсчете максимального числа пиллей на определенной площади испытуемого образца.

Степень пиллингуемости шелковых, полушелковых тканей из пряжи и химических нитей, а также смешанных хлопчатобумажных тканей с синтетическими волокнами определяют на приборе «Пиллингметр» (рис. 4.35). Из каждого образца ткани вырезают пять пробных кружков диаметром 10 см и один круг диаметром 24 см. Пробные кружки 1 закрепляют лицевой стороной вверх в нижнем держателе 4, а абразивный круг 2 — в верхнем держателе 3. Нижний держатель укреплен на столике, который может совершать одно из двух видов движения: качательное и круговое. Верхний держатель находится под нагрузкой, что обеспечивает требуемое давление абразива на пробу. Нагрузку выбирают в зависимости от жесткости ткани. В качестве абразива используют шинельное сукно.

Испытания проводят в два этапа. На первом образуется ворсистость в течение 300 циклов, на втором — пилли при круговом движении держателя. После 100, 300, 600, 1000, 1500 и 2000 циклов и далее через каждые 500 циклов прибор останавливают и подсчитывают число пиллей на поверхности ткани площадью 10 см<sup>2</sup>. Испытания проводят до тех пор, пока число пиллей не начнет уменьшаться или не будет оставаться неизменным. За показатель степени пиллингуемости принимают максимальное число пиллей. В соответствии с ГОСТ 25132 для шелковых и полушелковых тканей установлены следующие группы пиллингуемости:

| Группа ткани       | Число пиллей на 10 см <sup>2</sup> |
|--------------------|------------------------------------|
| Непиллингуемая     | 0                                  |
| Малопиллингуемая   | 1...3                              |
| Среднепиллингуемая | 4...6                              |

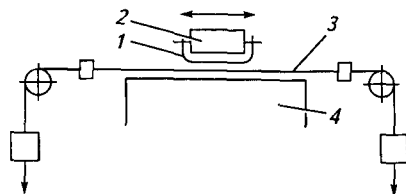


Рис. 4.36. Схема прибора ПЛТ-2

Степень пиллингуемости льнолавсановых тканей определяют на приборе ПЛТ-2 (рис. 4.36).

Пробную полоску 3 размером 40 × 200 мм закрепляют на резиновом основании столика 4 и к обеим ее концам подвешивают грузы натяжения массой 500 г. Абразив 1 — полоску испытуемой ткани размером 40 × 80 мм — закрепляют в каретке 2, которая совершает возвратно-поступательное движение с частотой 87,5 цикла в минуту. После 2500, 3000, 3500 и т. д. циклов, т. е. через каждые 500 циклов прибор останавливают, образцы снимают и подсчитывают число пиллей на площади 24 см<sup>2</sup>.

Согласно ГОСТ 15968 льнолавсановые ткани с содержанием лавсана менее 50 % должны содержать не более 6 пиллей (в зависимости от вида переплетения) на рабочей полоске, а с содержанием лавсана 50 % и более пиллей должно быть не более 9.

#### 4.11. ИЗМЕНЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН

Текстильные материалы обладают способностью изменять размеры при различных воздействиях. Чаще всего происходит уменьшение линейных размеров — *усадка*. Значительно реже размеры материалов увеличиваются — это явление называют *притяжкой*.

Многочисленные исследования показали, что в основе изменения линейных размеров текстильных материалов лежат релаксационный процесс и набухание волокон, приводящее к увеличению поперечника нитей.

Релаксационный процесс вызывается тепловыми колебаниями, приводящими к перемещению отдельных звеньев или макромолекул. В сухом состоянии в результате межмолекулярного взаимодействия подобное перемещение сильно затруднено, а во влажном молекулы воды, проникая в структуру материала, ослабляют силы межмолекулярного взаимодействия и часть их начинает взаимодействовать не между собой, а с молекулами воды, что способствует возвращению материала в равновесное состояние.

При набухании волокон под действием кипящей воды и последующего высушивания у всех волокон, кроме синтетических, поперечник увеличивается. Вследствие этого расположенные по спирали волокна растягиваются, изменяя угол своего наклона относительно оси нити, а длина нити уменьшается.

Усадка в тканях происходит при смачивании и сушке. При погружении тканей в воду, особенно нагретую, сразу же изменяются их размеры, причем пребывание тканей в воде в течение определенного времени при заданных условиях и без механического воздействия на них не вызывает изменения их размеров. При сушке

релаксационный процесс возобновляется, происходит дальнейшее изменение размеров тканей, однако по мере уменьшения содержания влаги процесс затухает и усадка прекращается.

Усадка трикотажных полотен происходит в основном в результате изменений в его петельной структуре. Трикотаж усаживается больше в том направлении, в котором он был больше вытянут в процессе отделки.

Основовязанные полотна имеют усадку по длине и ширине, а полотна с кругловязальных машин — усадку по длине и притяжку по ширине.

Отрицательное значение усадки заключается не только в том, что она приводит к уменьшению размеров изделий, но и в том, что они из-за различной усадки в длину и ширину теряют форму и часто становятся непригодными для использования. Кроме того, после усадки изменяются линейная плотность нитей в полотнах, удлинение при разрыве, а также поверхностная плотность.

Методы определения усадки делят на две группы. Методы первой группы позволяют определять частичную усадку материала, вызванную однократным воздействием влажно-тепловой обработки. Усадку выражают в процентах первоначальных размеров изделий и вычисляют по следующим формулам:

$$y_l = \frac{(L_1 - L_2)100}{L_1}; \quad (4.45)$$

$$y_s = \frac{(S_1 - S_2)100}{S_1}; \quad (4.46)$$

$$y_v = \frac{(V_1 - V_2)100}{V_1}; \quad (4.47)$$

где  $L_1, S_1, V_1$  — соответственно первоначальные линейные размеры, мм, площадь, мм<sup>2</sup> и объем, мм<sup>3</sup>;  $L_2, S_2, V_2$  — то же, после каких-либо воздействий.

Методы второй группы предусматривают определение полной усадки, происходящей в результате многократных стирок или замачиваний одной и той же пробы ткани. Общую усадку ткани в этом случае определяют по формуле А. Н. Соловьева:

$$y_0 = 100 - 100(1 - 0,01y_1)(1 - 0,01y_2)...(1 - 0,01y_n), \quad (4.48)$$

где  $y_1, y_2, ..., y_n$  — усадка соответственно после 1, 2, ...,  $n$ -го процесса испытания.

Для определения полной усадки необходимо выполнить не менее 5...6 последовательных испытаний.

В соответствии с ГОСТ 11207 по нормам изменения размеров после мокрой обработки ткани подразделяют на три группы (табл. 4.6).

Таблица 4.6

| Группа тканей | Изменение размеров, %, не более, для тканей       |         |                           |         |                         |         | Характеристика тканей по изменению размеров |
|---------------|---------------------------------------------------|---------|---------------------------|---------|-------------------------|---------|---------------------------------------------|
|               | хлопчатобумажных, льняных и из химических волокон |         | шерстяных и полушерстяных |         | шелковых и полушелковых |         |                                             |
|               | по основе                                         | по утку | по основе                 | по утку | по основе               | по утку |                                             |
| 1-я           | −1,5                                              | ±1,5    | −1,5                      | −1,5    | ±1,5                    | ±1,5    | Практически безусадочные                    |
| 2-я           | −3,5                                              | ±2      | −3,5                      | −3,5    | ±3,5                    | ±2      | Малоусадочные                               |
| 3-я           | −5                                                | ±2      | −5                        | −3,5    | ±5                      | ±2      | Усадочные                                   |

## 4.12. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

К физическим свойствам текстильных материалов относятся гигроскопические, тепловые, оптические и электрические свойства, а также воздухопроницаемость, паропроницаемость, пылепроницаемость, водопроницаемость, водоупорность и др.

### 4.12.1. ГИГРОСКОПИЧНОСТЬ

Гигроскопичность — это способность текстильных материалов поглощать водяные пары и воду из окружающей среды и отдавать их в эту среду. К показателям гигроскопичности тканей относятся водопоглощаемость, водоемкость, капиллярность.

Гигроскопичность определяется отношением массы воды в материале после длительного выдерживания при относительной влажности 100 % к массе абсолютно сухого материала.

Для измерения гигроскопичности от каждого образца ткани вырезают три полоски размером 50 × 200 мм. Каждую полоску помещают в бюкс и ставят на 4 ч в эксикатор с относительной влажностью воздуха 100 %. Затем бюксы вынимают, взвешивают и ставят в сушильный шкаф, где пробные полоски высушивают до постоянной массы. Гигроскопичность  $H$ , %, вычисляют с точностью 0,01 % и округляют до 0,1 %:

$$H = \frac{(m_b - m_c)100}{m_c}, \quad (4.49)$$

где  $m_b, m_c$  — масса пробы до и после высушивания, г.

**Водопоглощаемость** характеризует способность материала поглощать воду при его полном погружении в нее.

Для определения водопоглощения две пробы размером  $40 \times 40$  мм укрепляют на игольчатой рамочке и опускают в стакан с дистиллированной водой при температуре  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ . По истечении 60 мин рамочку вынимают и встряхивают пять раз для удаления излишней влаги с поверхности пробы. Сняв образец пинцетом, вырезают из его середины квадраты  $30 \times 30$  мм, взвешивают их и высушивают до постоянной массы. После охлаждения в эксикаторе над хлористым кальцием определяют массу высушенных проб. Водопоглощаемость определяется по формуле (4.49).

**Водоємкость (намокаемость)** материала выражает количество поглощенной воды, г, в пересчете на  $1 \text{ м}^2$ :

$$B = \frac{10^6 (m_b - m)}{S} = 0,01 B_{вр}, \quad (4.50)$$

где  $m_b$  — масса пробы после замачивания, г;  $m$  — масса пробы до замачивания, г;  $S$  — площадь пробы, замоченной в воде,  $\text{мм}^2$ ;  $\rho_s$  — поверхностная плотность исследуемого образца,  $\text{г/м}^2$ .

Водоємкость хлопчатобумажных бельевых тканей составляет  $150...300 \text{ г/м}^2$ , марли и полотенец —  $100...1480 \text{ г/м}^2$ , шерстяных тканей —  $330...720 \text{ г/м}^2$ , верхнего шерстяного трикотажа с начесом — до  $2540 \text{ г/м}^2$ .

**Капиллярность** текстильных полотен и изделий характеризует способность продольных капилляров материала поглощать влагу и оценивается высотой  $h$  (рис. 4.37) подъема жидкости  $l$  в пробе 2, погруженной одним концом в жидкость на 1 ч. При соприкосновении полотен с водой происходит поглощение воды в результате диффузии ее молекул веществом полотен и механического

захвата частиц воды. В механическом захвате большая роль принадлежит смачиванию и капиллярному впитыванию. Смачивание определяется химическим составом волокон и нитей, их способностью к адсорбции, характером поверхности.

Степень капиллярного поглощения влаги зависит от способности волокон и нитей смачиваться, а также от расположения капилляров в во-

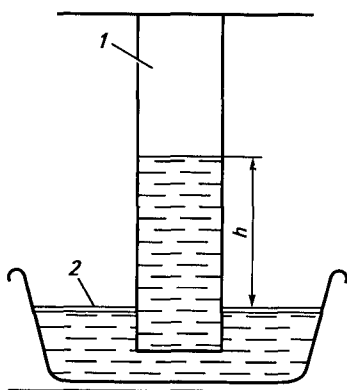


Рис. 4.37. Схема определения капиллярности полотен

локнах и нитях. Направление капилляров существенно влияет на степень капиллярного поглощения. Капиллярность зависит от строения нитей, составляющих материал.

Показатель капиллярности используют при оценке качества тканых и нетканых материалов, применяемых в медицине для гигиенических целей.

#### 4.12.2. ПРОНИЦАЕМОСТЬ

Проницаемостью называется способность полотен пропускать через себя воздух, пары воды, пыль, радиоактивные излучения. Эти свойства тканей и определяют название характеристик — воздухопроницаемость, паропроницаемость, водопроницаемость, пылепроницаемость, теплопроницаемость и др.

**Воздухопроницаемость** — это способность материала пропускать через себя воздух, в значительной мере определяющая состояние пододежного микроклимата, от которого зависят интенсивность теплообмена одетого человека, а следовательно, его самочувствие и работоспособность. Ткани для легкой летней одежды должны обладать более высокой воздухопроницаемостью, чем материалы, используемые для изготовления теплозащитных изделий.

Воздухопроницаемость текстильных полотен характеризуется коэффициентом воздухопроницаемости, который показывает количество воздуха,  $\text{дм}^3$ , проходящего через  $1 \text{ м}^2$  полотна за 1 с при постоянной разности давлений по обе его стороны. При разности давлений  $p = p_1 - p_2$ , Па, коэффициент воздухопроницаемости  $B$ ,  $\text{дм}^3/[(\text{г})\text{м}^2 \cdot \text{с}]$ , определяется по формуле

$$B = \frac{V}{FT}, \quad (4.51)$$

где  $V$  — количество воздуха,  $\text{дм}^3$ ;  $F$  — площадь образца,  $\text{м}^2$ ;  $T$  — время, с.

Для определения воздухопроницаемости тканей, трикотажа и нетканых полотен используется прибор ВПТМ-2.

Принцип действия прибора основан на измерении с помощью расходомера количества воздуха, протекающего через определенную площадь элементарной пробы в единицу времени при постоянной разнице давлений по обе ее стороны. Испытуемое изделие помещают между камерами 1 (рис. 4.38) и 2, в которых поддерживаются давления  $P_1$  и  $P_2$  ( $P_1 > P_2$ ). Стрелка показывает направление перемещения воздуха из камеры 1 в камеру 2. При протекании воздуха через сужающееся устройство (трубка Вентури) вследствие перехода части потенциальной энергии в кинетическую средняя скорость потока в сужающемся устройстве повышается. В резуль-

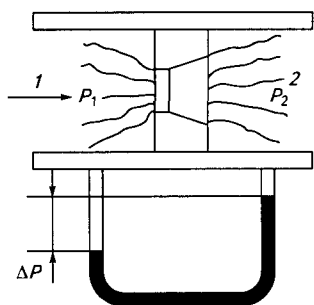


Рис. 4.38. Схема определения воздухопроницаемости

которых поры частично закрыты выступающими волокнами или петлями нитей. С увеличением степени поверхностного заполнения ткани существенно снижается его воздухопроницаемость, причем с увеличением поверхностного заполнения на 1 % воздухопроницаемость уменьшается примерно в 2 раза.

Наименьшей воздухопроницаемостью при равных условиях обладают ткани полотняного переплетения. С увеличением длины перекрытий повышается рыхлость тканей и соответственно увеличивается их воздухопроницаемость. Так, для шерстяных тканей при увеличении перекрытий в 2,3 раза воздухопроницаемость возрастает более чем в 2 раза.

Трикотажные полотна отличаются большей воздухопроницаемостью, чем ткани, так как благодаря петельному строению трикотаж имеет крупные сквозные поры.

Воздухопроницаемость холстопршивных нетканых полотен, тканей и трикотажа с начесом, у которых сквозные поры практически отсутствуют, зависит от толщины и общей пористости, а также от влажности материала. С увеличением влажности материала его воздухопроницаемость снижается, что связано с набуханием волокон и появлением микро- и макрокапиллярной влаги, вызывающей резкое сокращение числа и размеров пор и в конечном счете приводящее к повышению аэродинамического сопротивления материала и соответственно к снижению коэффициента воздухопроницаемости.

**Паропроницаемость** характеризует способность тканей пропускать водяные пары из среды с высокой влажностью в среду с меньшей влажностью. Паропроницаемость — процесс испарения через открытые поры, а также благодаря сорбции и десорбции.

Для определения паропроницаемости стакан 2 (рис. 4.39) с водой плотно закрывают испытуемым материалом 1 и помещают в

тате этого давление потока после сужающегося устройства становится меньше, чем перед ним. Разность этих давлений зависит от количества протекающего воздуха и служит мерой его расхода.

Воздушный поток проходит через поры текстильного материала, поэтому воздухопроницаемость зависит от структурных характеристик материала, определяющих их пористость, число и размеры сквозных пор. Материалы из тонких сильно скрученных нитей имеют большое число сквозных пор и соответственно большую воздухопроницаемость, чем материалы из толстых пушистых нитей, в

камеру с относительной влажностью воздуха 60 % и температурой 20 °С.

**Коэффициент паропроницаемости**  $B_h$ , мг/(м<sup>2</sup>·с), определяется количеством водяных паров, мг, проходящих через 1 м<sup>2</sup> материала за 1 с:

$$B_h = \frac{A}{FT}, \quad (4.52)$$

где  $A$  — убыль воды за время  $T$ , мг/с;  $F$  — площадь материала, пропускающего испарения, м<sup>2</sup>.

Этим показателем в значительной степени определяется гигиеничность тканей. При недостаточной паропроницаемости ткани человек в одежде, сшитой из нее, ощущает удушье. Малая паропроницаемость особенно характерна для тканей из синтетических волокон и нитей, поэтому показатель паропроницаемости обязательно используют при оценке одежды тканей, выработанных с применением химических волокон.

Следует учитывать, что  $B_h$  увеличивается с уменьшением расстояния  $h$  от поверхности воды до материала. Следовательно, при определении  $B_h$  значение  $h$  желательно брать минимальным.

**Относительная паропроницаемость**  $B_o$ , %, — это отношение количества паров воды  $A$ , прошедших через изделие, к количеству воды  $B$ , испарившейся из открытого сосуда того же размера, что и изделие, и за одинаковый промежуток времени:

$$B_h = \frac{A \cdot 100}{B}. \quad (4.53)$$

Для тканей относительная паропроницаемость колеблется в пределах 20...50 %.

**Пылепроницаемость** характеризует способность ткани пропускать в пододежный слой или удерживать в своей структуре частицы пыли. Пыль приводит к загрязнению как самих материалов, так и слоев одежды, располагаемых под ними. Это свойство в основном зависит от тех же причин, что и воздухопроницаемость, а также от размеров частиц пыли и степени запыленности воздуха.

Материал рыхлой пористой структуры, созданный из волокон с неровной поверхностью, обладает большей способностью захватывать и удерживать пыль, чем материал с гладкой поверхностью. Установлено, что шерстяные и хлопчатобумажные ткани обладают наибольшей пылеемкостью, а добавление в них лавсановых волокон уменьшает показатель этого свойства.

Определение пылепроницаемости необходимо для таких тканей, как мешочные и фильтровальные, а также материалов, предназначенных для защитной одежды.

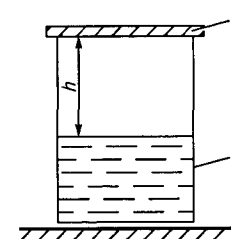


Рис. 4.39. Схема для определения паропроницаемости

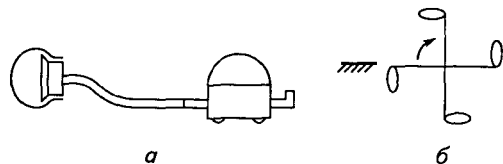


Рис. 4.40. Определение пылепроницаемости

Показателем пылепроницаемости является коэффициент пылепроницаемости  $P_n$ , г/(м<sup>2</sup>·с), равный массе пыли  $m$ , прошедшей через пробу площадью  $S$  за время  $T$ :

$$P_n = \frac{m}{ST}. \quad (4.54)$$

Показатели пылепроницаемости и пылеемкости определяют путем затягивания через материал с помощью пылесоса навески пыли (рис. 4.40, а), имеющей определенный состав и размер частиц. Количество пыли, прошедшей через материал и осевшей на нем, устанавливают взвешиванием.

Еще один метод состоит в измерении убыли пыли, находящейся в мешочках из испытуемого материала (рис. 4.40, б), при ударном воздействии на эти мешочки.

Относительная пылепроницаемость  $P_o$ , %, показывает отношение количества пыли  $m$ , прошедшей через материал, к количеству пыли  $m_o$ , взятой для испытания:

$$P_o = \frac{m \cdot 100}{m_o}. \quad (4.55)$$

Пылеемкость — способность материала поглощать и удерживать пыль. Она характеризуется относительной пылеемкостью  $P_e$ , %, — отношением количества пыли  $m_2$ , поглощенной материалом, к количеству пыли  $m_o$ , взятой для испытания:

$$P_e = \frac{m_2 \cdot 100}{m_o}. \quad (4.56)$$

Показатели пылепроницаемости и пылеемкости текстильных материалов приведены в табл. 4.7.

Таблица 4.7

| Материал                                    | Пористость, % | Коэффициент воздухопроницаемости, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·с) | Относительная пылепроницаемость, % | Относительная пылеемкость, % |
|---------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Ткань:                                      |               |                                                                        |                                    |                              |
| пальтовая                                   | 88,6          | 19,1                                                                   | 0,6                                | 27,2                         |
| костюмная                                   | 71,7          | 34,7                                                                   | 1,6                                | 19,4                         |
| Хлопчатобумажное прошивное нетканое полотно | 78,7          | 27,7                                                                   | 0                                  | 9,4                          |

Водопроницаемость характеризует способность материала пропускать воду. Водопроницаемость определяют на приборах (дождевальных установках), имитирующих действие дождя на испытуемую пробу. Водопроницаемость характеризуют коэффициентом водопроницаемости, который показывает, какой объем воды проходит через единицу площади испытуемой элементарной пробы за единицу времени при определенных условиях дождевания. Коэффициент водопроницаемости  $B_q$ , дм<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с), рассчитывают по формуле

$$B_q = \frac{V}{FT}, \quad (4.57)$$

где  $V$  — объем воды, пропущенной пробой, дм<sup>3</sup>;  $F$  — площадь пробы, м<sup>2</sup>;  $T$  — время, в течение которого проба пропускает определенный объем воды, с.

Дождевальная установка (рис. 4.41) имитирует падение дождевых капель на испытуемый образец 3, располагаемый под углом 45° к падающим из калиброванных отверстий сосуда 2 каплям воды. Скорость и размер капель падающей воды регулируются высотой подъема сосуда, степенью его наполненности и видом воронок на этом сосуде. Водопроницаемость характеризуется количеством воды, собранной мензуркой 1 за 1 мин.

Водопроницаемость определяют для сравнительно легких тканей, не имеющих водоотталкивающих пропиток. Для изделий со специальными водоотталкивающими пропитками с целью оценки качества водоотталкивающей обработки определяют водоупорность.

Водоупорность характеризует способность полотен сопротивляться прониканию через них воды. Водоупорность определяют на специальных приборах — пенетрометрах, которые обеспечивают необходимое давление воды на испытуемую пробу. За характеристику водоупорности принимают максимальное давление воды на пробу, которое оно выдерживает до промокания. Иногда водоупорность характеризуют временем, в течение которого третья капля или определенный объем воды проходит через пробу при постоянном давлении воды.

Повышенная водоупорность требуется от целого ряда изделий: брезентов, палаточных и обувных тканей, шинельных сукон и др.

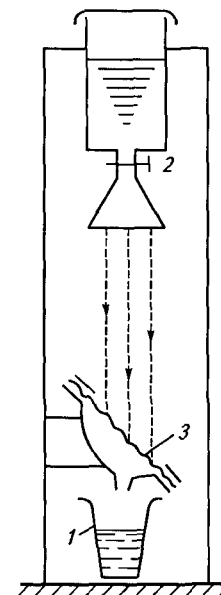


Рис. 4.41. Схема дождевальной установки

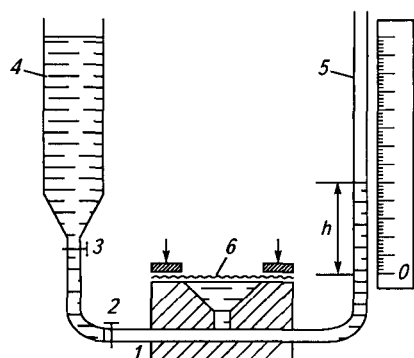


Рис. 4.42. Схема пенетрометра

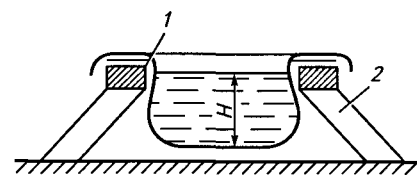


Рис. 4.43. Определение водоупорности методом «кошеля»

Принцип работы пенетрометра заключается в том, что в закрытом цилиндре 1 (рис. 4.42) регулирующим краном 2 устанавливают определенную скорость истечения воды из сосуда 4 и проверяют ее по скорости подъема уровня воды в трубке манометра 5. Затем образец 6 укрепляют поверх цилиндра 1, наполненного водой и соединенного с сосудом 4 и трубкой манометра 5. После открывания крана 3 давление воды на изделие постепенно увеличивается. В момент появления на противоположной (сухой) стороне образца третьей капли воды закрывают кран 3 и по манометру 5 измеряют давление.

Водоупорность можно определить методом «кошеля».

Испытуемый материал (рис. 4.43) укрепляют вместо крышки стола 2. В образовавшийся кошелю 1 наливают воду до высоты  $H$ . Водоупорность изделия считают нормальной, если оно не пропускает воду при заданной высоте  $H$  в течение установленного нормами времени (3...24 ч). Иногда отмечают время с момента наполнения кошеля водой до просачивания третьей капли или измеряют максимальную высоту водяного столба  $H$ , при которой кошелю не пропускает воду и не смачивается с обратной стороны в течение 24 ч.

Водоупорность обусловлена свойствами исследуемого материала. Наличие сквозных пор, не заполняющихся даже при набухании увлажненного полотна, снижает водоупорность. Наличие у сукон и войлоков густого сильно спрессованного ворса значительно повышает их водоупорность. Для повышения водоупорности полотен применяют различные пропитки и пленки, непроницаемые для воды.

#### 4.12.3. ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА

Тепловые свойства характеризуются отношением материала к действию на них тепловой энергии. Для текстильных материалов наиболее характерными являются такие свойства, как

теплозащитные, тепло- и термостойкость, огнестойкость, морозостойкость.

**Теплозащитные свойства** полотен зависят от теплопроводности — способности проводить теплоту от более нагретой среды к более холодной. Основными характеристиками теплопроводности являются:

**коэффициент теплопроводности**  $\lambda$ , Вт/(м·°C), равный тепловому потоку, проходящему за 1 ч через 1 м<sup>2</sup> полотна толщиной 1 м при разности температур 1 °C:

$$\lambda = \frac{Qb}{S\tau(T_1 - T_2)}, \quad (4.58)$$

где  $Q$  — тепловой поток, Вт;  $b$  — толщина полотна, м;  $S$  — площадь полотна, м<sup>2</sup>;  $\tau$  — время прохождения теплового потока, ч;  $T_1$ ,  $T_2$  — температура сред, °C;

**коэффициент теплопередачи**  $K$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°C), равный тепловому потоку, проходящему за 1 ч через 1 м<sup>2</sup> полотна при его фактической толщине и разности температур двух сред 1 °C:

$$\lambda = \frac{Q}{S\tau(T_1 - T_2)}; \quad (4.59)$$

**удельное тепловое сопротивление**  $\rho$ , м<sup>2</sup>·°C/Вт, — характеристика, обратная коэффициенту теплопроводности:

$$\rho = \frac{1}{\lambda}; \quad (4.60)$$

**тепловое сопротивление**  $R$ , м<sup>2</sup>·°C/Вт, — характеристика, обратная коэффициенту теплопередачи:

$$R = \frac{b}{K}. \quad (4.61)$$

Удельное тепловое сопротивление  $\rho$  и тепловое сопротивление  $R$  характеризуют способность волокон полотен препятствовать прохождению через них теплоты, т. е. их теплозащитные свойства. Для текстильных полотен в качестве основной характеристики теплозащитности используют **суммарное тепловое сопротивление**  $R_{\text{сум}}$ , м<sup>2</sup>·°C/Вт:

$$R_{\text{сум}} = R_b + R_m + R_n, \quad (4.62)$$

где  $R_b$  — сопротивление переходу теплоты от более теплой среды к внутренней поверхности полотна;  $R_m$  — тепловое сопротивление полотна;  $R_n$  — сопротивление переходу теплоты от наружной поверхности полотна в окружающую среду.

На суммарное тепловое сопротивление материалов и пакетов материалов существенное влияние оказывает толщина неподвижной воздушной прослойки: чем больше неподвижного воздуха заключено в материале, тем выше его теплозащитные свойства. Основным фактором, влияющим на суммарное тепловое сопротивление, является толщина материалов; с ее увеличением в условиях спокойного воздуха пропорционально возрастает и суммарное тепловое сопротивление. С увеличением влажности и воздухопроницаемости материалов их теплозащитные свойства снижаются.

Теплозащитные свойства текстильных материалов определяют методами стационарного и регулярного режимов.

Метод стационарного режима основан на определении количества теплоты, необходимого для поддержания постоянной разности температур двух сред, изолированных друг от друга испытуемой пробой. Для испытаний по методу стационарного режима используется прибор, который состоит из нагревателя 2 (рис. 4.44), разогреваемого до температуры  $t_1$ , и камеры 5, охлаждаемой водой до температуры  $t_2$ . Между ними закладывают испытуемый образец 4. Мощность электроэнергии, расходуемой рабочей электроплитой 3 и превращающейся в тепловой поток, идущий к охлаждающей камере 5, измеряют вольтметром 7 и амперметром 6. Регулируя реостатом 1 нагрев электроплиты 3, а изменением температуры — скоростью циркуляции воды, при постоянном расходе электроэнергии добиваются постоянства температур  $t_1$  и  $t_2$ , которые измеряют с помощью термопар. После этого измеряют ток и напряжение на зажимах нагревателя 2 и вычисляют мощность теплового потока  $Q$ , Вт:

$$Q = IU. \quad (4.63)$$

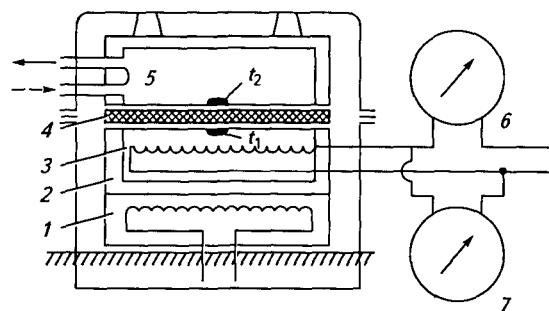


Рис. 4.44. Схема стандартного прибора для определения теплозащитных свойств изделий методом стационарного режима

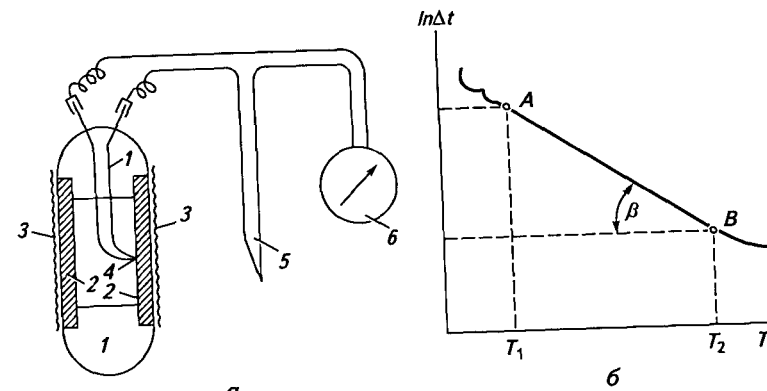


Рис. 4.45. Схема бикалориметра (а) и график для определения темпа охлаждения (б)

Для испытаний по методу регулярного режима используют бикалориметр, состоящий из полого металлического цилиндра 1 (рис. 4.45, а), на торцах которого установлены теплоизоляторы 2. Внутри прибора расположены рабочие спай 4 термопары, а спай 5 термопары находятся в окружающем воздухе. Нагретый бикалориметр с надетым на цилиндр образцом 3 материала охлаждают в неподвижном или в движущемся воздухе с постоянной температурой. По гальванометру 6 измеряют разность температур  $\Delta t$  прибора и окружающего воздуха через разные промежутки времени  $T$ , а затем строят график зависимости  $\ln \Delta t$  от  $T$  (рис. 4.45, б). Для прямолинейного участка  $AB$ , соответствующего регулярному режиму теплообмена, определяют темп охлаждения  $m$ ,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ :

$$m = \frac{\ln \Delta t_1 - \ln \Delta t_2}{T_2 - T_1}, \quad (4.64)$$

где  $\Delta t_1$  и  $\Delta t_2$  — разность между температурами прибора и воздуха соответственно в моменты времени  $T_1$  и  $T_2$ .

Суммарное тепловое сопротивление материала вычисляют по приближенной формуле

$$R = \frac{1}{m\phi}, \quad (4.65)$$

где  $\phi = \frac{C}{F}$  — тепловой фактор прибора,  $\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ ;  $C$  — теплоемкость цилиндра бикалориметра,  $\text{Дж}/\text{град}$ ;  $F$  — площадь боковой поверхности цилиндра бикалориметра,  $\text{м}^2$ .

**Теплостойкость** текстильных полотен характеризуется максимальной температурой, при превышении которой наступает ухудшение свойств, препятствующее использованию полотен. Теплостойкость отражает способность материалов к размягчению.

Теплостойкость волокон характеризуется уровнем сохранения прочности (которая должна быть не ниже 50...60 % исходной величины). Теплостойкость обычных видов волокон и нитей общего назначения составляет 140...170 °С, а термостойких волокон достигает 350 °С и более.

**Термостойкость** характеризуется уровнем сохранения функциональных свойств изделий при длительном воздействии температуры на воздухе, обычно уровнем сохранения механических свойств (прочности, удлинения при разрыве, модуля деформации и др.). Термостойкость оценивается при стандартных условиях до и после выдерживания образцов на воздухе при заданной температуре (250, 300 или 350 °С) и продолжительности 100 ч. Сохранение прочности этих волокон при заданной температуре составляет не менее 60 %.

К термостойким относятся те материалы, у которых температура сохранения необходимого уровня функциональных свойств, а значит, и продолжительность эксплуатации превышает 250 °С и достигает для отдельных видов 300...350 °С и более.

На термостойкость и теплостойкость существенно влияют пористость, толщина, характер поверхности полотен.

Характеристики тепло- и термостойкости волокон приведены в табл. 4.8

Таблица 4.8

| Волокно              | Температура, °С, при которой происходит |                  |             |             |
|----------------------|-----------------------------------------|------------------|-------------|-------------|
|                      | разложение                              | потеря прочности | размягчение | плавление   |
| Хлопковое            | 150                                     | 120              | —           | —           |
| Льняное              | —                                       | 120              | —           | —           |
| Шерстяное            | 170...180                               | —                | —           | —           |
| Натуральный шелк     | 150...170                               | —                | —           | —           |
| Вискозное            | 180...200                               | 120...130        | —           | —           |
| Медно-аммиачное      | 150                                     | 120              | —           | —           |
| Ацетатное            | 95...105                                | 95...105         | 200         | 230         |
| Полиэтиленовое       | —                                       | —                | —           | 110...120   |
| Полипропиленовое     | —                                       | 100              | 140         | 160...165   |
| Поливинилхлоридное   | —                                       | 65...75          | 65...75     | —           |
| Хлориновое           | —                                       | 70...80          | 95...100    | —           |
| Полиамидное          | —                                       | 90...100         | 170...235   | 215...255   |
| Полиэфирное          | —                                       | 160...170        | 230...240   | 250...255   |
| Полиакрилонитрильное | —                                       | 180...200        | 235         | —           |
| Асбестовое           | —                                       | 200...400        | —           | 1450...1550 |

**Огнестойкость** — стойкость текстильных материалов к воздействию пламени и термическому разрушению. Это свойство определяет степень безопасности изделий. По степени огнестойкости текстильные материалы подразделяют на три группы: негорючие и нетлеющие (асбестовые и стеклянные); загорающиеся, но прекращающие горение и тление после удаления из пламени (шерстяные, полиамидные, полиэфирные и др.); горючие, продолжающие гореть либо тлеть по удалении из пламени (хлопчатобумажные, лубяные, вязкие и др.).

Степень огнестойкости текстильных полотен зависит от химического состава волокон и нитей. Для придания текстильным полотнам повышенной огнестойкости их пропитывают огнезащитными составами.

Для оценки огнестойкости текстильных полотен используют следующие характеристики:

**воспламеняемость** — легкость возгорания, характеризующаяся температурой и временем воспламенения материала;

**горючесть** — скорость горения материала;

**продолжительность остаточного горения** — время горения пробы материала открытым пламенем после удаления ее из зоны огня, с;

**продолжительность остаточного тления** — время свечения пробы материала после ее удаления из зоны огня, с;

**обугливаемость** — высота участка, почерневшего в результате термического разрушения волокон, мм.

Высокая огнестойкость текстильных полотен характеризуется продолжительностью горения и тления, не превышающей 2 с с момента удаления источника огня.

Огнестойкость текстильных полотен определяют на приборе ОТ-68 (рис. 4.46). Прибор состоит из металлического корпуса 1, в нижней части которого находится спиртовая либо газовая горелка 2. Горелка крепится на штативе, который можно перемещать с помощью рукоятки, установленной на крышке прибора. Экран 4, прикрепленный к держателю, предназначен для гашения пламени. К съемной крышке прибора подвешена рамка 3 с иглами, служащая для крепления испытуемой пробы полотна. Для циркуляции воздуха в приборе на боковых дверцах камеры имеются отверстия 7, регулируемые задвижками, а для создания тяги служит труба 5. Температуру в камере измеряют термометром 6, закрепленным в крышке прибора.

**Морозостойкость** — способность материала, пропитанного водой, выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без ухудшения прочности или без видимых признаков разрушения. Основной причиной разрушения материала при низких температурах является расширение воды, заполняющей его

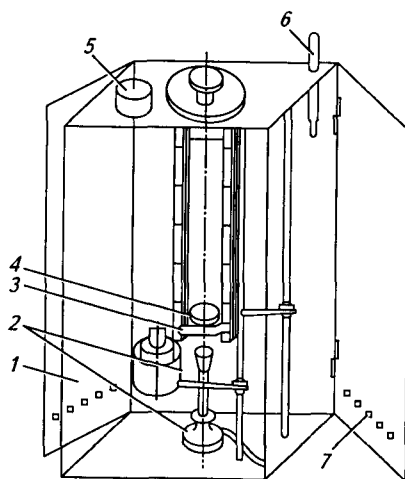


Рис. 4.46. Схема прибора ОТ-68

поры. Морозостойкость зависит прежде всего от структуры материала.

При понижении температуры от  $+20$  до  $-40$  °С текстильные волокна и нити существенно изменяют механические свойства. Разрывная нагрузка всех натуральных и химических волокон возрастает на 25...60 % (кроме хлопковых и льняных, у которых разрывная нагрузка снижается на 5...10 %), а разрывное удлинение уменьшается на 15...30 %.

При снижении температуры до  $-50$  °С разрывная нагрузка тканей из химических волокон и нитей возрастает на 35...50 %; разрывная нагрузка тканей из хлопковых волокон увеличивается на 6...10 % при температуре  $-10$ ... $-15$  °С. Разрывное удлинение тканей при пониженных температурах уменьшается на 10...30 %.

При пониженных температурах влага переходит из жидкой фазы в твердую (становится льдом), что существенно влияет на свойства материала, так как объем влаги в твердом состоянии больше, чем в жидком. При этом жесткость полотен в результате воздействий всех видов увеличивается. Поэтому многократный цикл «охлаждение — нагревание» влажного полотна приводит к существенным изменениям его структуры.

С понижением температуры уменьшается устойчивость тканей к многократным изгибам, а также к истиранию. Так, при понижении температуры от  $+20$  до  $-70$  °С выносливость хлопчатобумажных тканей и тканей из полиамидных нитей снижается более чем в 6 раз. Однако выносливость тканей из полиэфирных

текстурированных нитей при истирании уменьшается незначительно (на 10...15 %), поэтому одежда из этих тканей эффективно используется в условиях Крайнего Севера. При низкой температуре такая одежда остается мягкой, износостойкой, отличается легкостью и удобством. Даже в очень холодных условиях костюмы сохраняют тепло и необходимый влагообмен с окружающей средой.

У одежды, изготовленной из традиционных хлопчатобумажных тканей, были отмечены быстрый износ ткани верха и потеря формоустойчивости при низкой температуре. При действии холода в сочетании с влагой и топливно-смазочными материалами одежда из хлопчатобумажных тканей грубеет.

#### 4.12.4. ЭЛЕКТРИЗУЕМОСТЬ

Электризуемость текстильных материалов — это их способность при определенных условиях генерировать и накапливать на поверхности статическое электричество. Возникновение статического электричества между соприкасающимися или трущимися поверхностями объясняется нарушением равновесия между генерацией зарядов статического электричества определенной полярности и их рассеиванием. Если равновесие между этими процессами не нарушается, то электризация отсутствует.

Электризуемость связана с природой материалов, их строением и влажностью. С повышением влажности электризуемость снижается. Синтетические, ацетатные и триацетатные волокна и нити, обладающие низкой гигроскопичностью, сильно электризуются. Ткани и текстильные изделия из этих волокон и нитей при эксплуатации также способны накапливать электрические заряды. Электрическое поле, возникающее на коже человека под действием большинства синтетических волокон, может нарушать обмен веществ, изменять артериальное давление, повышать утомляемость и способствовать ощущению дискомфорта. Разработка способов снижения электризуемости материалов имеет огромное значение.

Одним из способов является обработка изделий антистатиками, которые, поглощая влагу или вступая с ней во взаимодействие, образуют на поверхности материала слой, способствующий рассеиванию зарядов и тем самым снижающий электризуемость материала.

Другой способ снижения электризуемости материалов заключается в поверхностной компенсации зарядов. При изготовлении текстильных полотен компоненты волокнистого состава подбирают таким образом, чтобы при трении на поверхности волокон об-

разовывались заряды противоположных знаков, взаимно нейтрализующиеся. Например, сочетание гидрофильных и гидрофобных волокон снижает электризуемость, так как на поверхности изделий из них накапливаются заряды противоположных знаков.

#### 4.12.5. ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Оптическими свойствами называется способность текстильных материалов количественно и качественно изменять световой поток. К оптическим свойствам относятся цвет, блеск, прозрачность, белизна и устойчивость окраски.

**Цвет** — это зрительное ощущение света определенного спектрального состава. Цвет зависит от способности материала поглощать или отражать падающий световой поток.

Световой поток представляет собой видимую часть спектра электромагнитных излучений. Световой поток  $P$  (рис. 4.47), падающий на текстильный материал, можно разделить на три составные части: часть светового потока  $P_p$  отражается от поверхности, часть  $P_\alpha$  поглощается и часть  $P_\tau$  проходит через материал. Таким образом, основными характеристиками световых свойств материалов служат коэффициент отражения  $\rho$ , коэффициент пропускания  $\tau$  и коэффициент поглощения  $\alpha$ :

$$\rho = \frac{P_p}{P}; \quad \alpha = \frac{P_\alpha}{P}; \quad \tau = \frac{P_\tau}{P}. \quad (4.66)$$

Поглощение светового потока может быть равномерным, если волны всех длин спектра поглощаются в одинаковой степени, и избирательным, если поглощаются волны определенной длины. Поглощающая способность волокон и нитей определяется химическим составом и молекулярным строением вещества волокон и красителя.

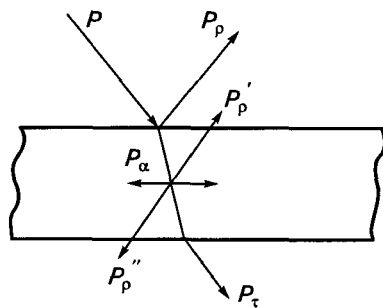


Рис. 4.47. Прохождение светового потока через текстильный материал

Различают ахроматические и хроматические цвета. Ахроматические цвета проявляются при равномерном полном или неполном поглощении и отражении светового потока, хроматические — при избирательном поглощении диффузионно-рассеянного светового потока.

**Блеск** — специфическое восприятие человеком отраженного светового потока. Степень блеска определяется характером поверхности волокон и нитей, а также их расположением в структуре материала.

Для одних полотен блеск является обязательным, для других нежелателен и требует устранения.

Для усиления блеска хлопчатобумажных тканей используют процесс мерсеризации. Блеск химических волокон и нитей сильно изменяется в зависимости от содержания в них матирующего вещества — диоксида титана, однако его присутствие значительно снижает устойчивость материала к действию света и выносливость при растяжении.

Блеск текстильных материалов оценивается путем сравнения отражающих способностей поверхностей образца и эталона или сопоставлением показателей отражения светового потока поверхностью данного материала, определенных при разных углах наклона:

$$\phi = 10 \ln \alpha_1 / \alpha_2, \quad (4.67)$$

где  $\phi$  — блеск;  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  — количество отраженного света, падающего на поверхность под углами соответственно 22,5 и 0°.

Установлено соотношение между блеском и ощущением, которое он вызывает у человека:

| Блеск   | Ощущение поверхности |
|---------|----------------------|
| 0,5...1 | Глубокоматовая       |
| 1...2   | Матовая              |
| 3...4   | Полуматовая          |
| 4...8   | Блестящая            |
| 8...10  | Высокоблестящая      |

**Прозрачность** — свойство материала, позволяющее потоку излучения проходить через него. Прозрачность материала определяется как прозрачностью волокон, так и плотностью их расположения в структуре материала. Чем больше степень поверхностного заполнения ткани и толщина нитей, тем темнее окраска ткани, тем меньше ее прозрачность. В зависимости от степени прозрачности ткани подразделяют на высокопрозрачные, прозрачные, полупрозрачные и непрозрачные. К высокопрозрачным относят газзовые ткани и блузочные ткани из монокапроновых нитей.

*Белизна* характеризуется коэффициентом яркости, измеренной в условиях максимальной чувствительности человеческого глаза. Коэффициент яркости показывает отношение яркости поверхности, отражающей свет в данном направлении, к яркости, которую имела бы при идеально рассеянном отражении одинаково с ней освещенная поверхность с коэффициентом отражения, равным единице.

Показатель белизны учитывается при оценке качества белых тканей различного назначения, а также при оценке качества стирки таких тканей в процессе их эксплуатации. Его величина зависит от качества выполнения отделочных операций на текстильных предприятиях и качества стирки. Для придания тканям повышенной белизны применяют оптические отбеливатели.

**Устойчивость окраски** характеризует способность окрашенных текстильных материалов сохранять первоначальный цвет после различных воздействий. Устойчивость окраски тканей, трикотажных и нетканых полотен учитывается при установлении их сорта.

Устойчивость окраски к внешнему воздействию определяют по ее посветлению (выцветанию), а для установления устойчивости к различным воздействиям, кроме света и светопогоды, определяют степень закрашивания отрезков белых материалов, подвергая их совместной обработке с испытуемым образцом. Для этого на лицевую сторону окрашенного образца накладывают белый материал из того же волокна, а на изнаночную сторону — из другого волокна.

Для определения степени изменения первоначальной окраски под влиянием света и светопогоды испытуемые образцы сравнивают со шкалой синих эталонных окрасок, в которой балл 1 означает низшую, а балл 8 — высшую степень устойчивости. При этом воздействию света и светопогоды подвергаются одновременно испытуемые и эталонные образцы. При совпадении вида выцветшей испытуемой окраски с видом выцветшего эталона устойчивость испытуемой окраски оценивают баллом этого эталона.

Для определения степени изменения начальной окраски от различных физико-механических воздействий используют первую шкалу серых эталонов, состоящую из пяти пар серых образцов с различной контрастностью, причем в каждую пару включены один и тот же темный образец и образец светлой окраски. Вторая шкала серых эталонов для определения степени закрашивания белых материалов также состоит из пяти пар образцов; каждая пара составлена из белого образца и серого образца различной интенсивности. В обеих серых шкалах пара образцов наибольшей контрастности соответствует баллу 1, а при отсутствии контраста — баллу 5.

Оценки прочности окраски изделий записывают в последовательности:  $B_1/B_2/B_3$ , где  $B_1$  — балл за посветление начальной окраски;  $B_2$  — балл за закрашивание белого материала из того же волокна, что и испытуемый образец;  $B_3$  — балл за окрашивание белого материала из другого волокна. Наименьший балл дается за наибольшее посветление начальной окраски и наибольшую степень закрашивания белого материала.

#### 4.13. ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

При эксплуатации все текстильные материалы теряют свои первоначальные свойства. Этот процесс называется изнашиванием, а его результатом является износ, который выражается в видимом разрушении или сильном ухудшении свойств материалов. Различают два вида износа — местный и общий. Местный износ характеризуется наличием повреждений в отдельных местах при достаточной прочности и целостности основной части изделия. Общий износ распространяется на все изделие и делает его непригодным к дальнейшей эксплуатации.

Общий износ происходит под действием следующих факторов: механических — истирания, фрикционного износа, усталости от многоцикловых воздействий, растяжения, изгиба, сжатия и др.; физико-химических — действия света, атмосферы, воды, пота, moisture жидкости, нагрева и др.;

биологических — разрушения микроорганизмами и повреждение насекомыми;

комбинированных — светопогоды, стирки, истирания с усталостью и др.

Значимость перечисленных воздействий при изнашивании полотен зависит от их назначения и условий эксплуатации изготовленных из них изделий.

Для полотен бытового назначения одним из основных видов износа является фрикционный износ, степень которого зависит как от волокнистого состава, так и от строения материала. Условно считается, что вклад каждого механического воздействия в общий износ составляет: фрикционный износ — 50 %, многократное растяжение — 22 %, многократный изгиб — 20 %, прочие факторы — 8 %.

Механизм разрушения полотен от истирания сложен и имеет в основном усталостный характер. Ухудшение показателей свойств происходит постепенно из-за необратимых изменений в структуре материала.

Разрушение условно может быть разделено на три периода. На рис. 4.48 дана зависимость массы материала от числа циклов исти-

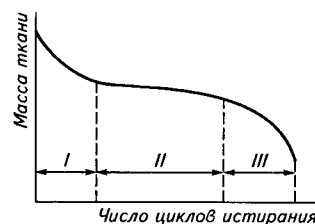


Рис. 4.48. Кривая изменения массы ткани при истирании

рающих воздействий. В период *I* на поверхности полотен появляются отдельные волокна, плохо закрепленные в их структуре. Эти волокна разрушаются в результате многократного растяжения, изгиба, кручения и смятия. Масса полотен в этот период изменяется незначительно.

В периоде *II* выход волокон на поверхность материала в основном прекращается, но происходит интенсивное «расшатывание» структуры материала.

Масса полотен практически не уменьшается.

В период *III* изменения в структуре полотен велики, разрушение идет очень быстро и характерной чертой его является удаление из полотен отдельных волокон и разрушенных участков нитей. Этот период сопровождается значительной потерей массы материала.

Стойкость ткани к истиранию зависит от вида волокон и степени их закрепления в ее структуре. Здесь в первую очередь играют роль геометрические и фрикционные свойства волокон, а также структура нитей и ткани. Наибольшей стойкостью к истиранию обладают ткани, которые состоят из волокон (лавсана, капрона), имеющих высокую стойкость к многократным деформациям растяжения, изгиба, кручения, смятия и т. п., в том числе высокую стойкость к истиранию. Далее идут натуральные волокна — шерсть, лен, хлопок. Наименее стойки к истиранию ткани из искусственных волокон (вискозного, ацетатного и т. п.). Ткани из тонких и длинных волокон более стойки к истиранию, чем из грубых и коротких. Большей стойкостью к истиранию, чем ткани из химических штапельных волокон, обладают ткани из комплексных химических нитей.

Стойкость тканей к истиранию возрастает с увеличением крутки пряжи.

Наиболее рациональной с точки зрения стойкости к истиранию является такая структура ткани, при которой ее опорная поверхность образуется обеими системами нитей (основной и уточной) или состоит из нитей, имеющих высокую стойкость к истиранию. С уменьшением длины перекрытий нитей в структуре ткани стойкость к истиранию возрастает. Однако если перекрытия в ткани образуют чрезмерно жесткую структуру, ее стойкость к истиранию не может быть высокой.

Методы и приборы, используемые для **определения стойкости тканей к истиранию**, подразделяются в зависимости от вида контакта между испытуемым материалом и абразивом и характером направления истирания.

На рис. 4.49, *a...в* показаны приборы для определения стойкости к ориентированному истиранию соответственно по плоскости, поверхности и сгибам. Здесь *1* — абразив, *2* — образец, *3* — груз натяжения.

Наиболее совершенными считаются приборы, на которых осуществляется неориентированное истирание ткани, так как оно соответствует характеру истирания материала в реальных условиях. Из многообразия абразивов, применяемых для истирания тканей, наиболее часто используют так называемые мягкие абразивы, например суконовые ткани или капроновые щетки. Они обеспечивают характер разрушения материала, близкий к тому, который наблюдается у тканей при носке.

**Неориентированное истирание по плоскости** осуществляется на приборе ДИТ-М. С помощью этого прибора определяют стойкость к истиранию всех тканей, кроме шерстяных.

Пробы в виде кружков диаметром  $27 \pm 1$  мм (рис. 4.49, *з*) заправляют в обоймы бегунков 4 лицевой стороной наружу. Из одного образца для испытания вырезают пять пробных кружков. Абразив (шинельное сукно) закрепляют в пальцах 5. После заправки проб ткани и абразива пальцы с помощью рычажно-грузовой системы 6 осторожно доводят до соприкосновения с бегунком. Благодаря вращению в одну сторону головки, на которой укреплены бегунки, и самих бегунков осуществляется истирание пробных кружков ткани во всех направлениях. Стойкость ткани к истиранию по плоскости характеризуется числом циклов вращения головки прибора, выдерживаемых тканью до образования дыры.

**Неориентированное истирание по поверхности** осуществляется на приборе ТИ-1. С помощью этого прибора определяют стойкость к истиранию чистошерстяных и полушерстяных тканей.

Для испытания из образца ткани вырезают три пробных кружка 9 (рис. 4.49, *д*) диаметром 80 мм, которые заправляют лицевой стороной наружу в головку 7. Абразив (шинельное сукно) закрепляют на диске 8. Внутри головок подается сжатый воздух, что обеспечивает прижатие пробных кружков ткани к абразиву по выпуклой поверхности. Благодаря вращению абразивного диска и головок в одну сторону истирание ткани происходит во всех направлениях (неориентированно).

**Неориентированное истирание по сгибам** осуществляется на приборе ИТИС. Необходимость определения стойкости тканей к истиранию по сгибам объясняется тем, что у многих изделий, например у мужских верхних сорочек, разрушение материала в процессе эксплуатации наблюдается в первую очередь в местах складок или перегибов.

Из образца ткани вдоль основы вырезают по шаблону восемь пробных полосок 10 (рис. 4.49, *е*) размером  $45 \times 160$  мм. С помо-

щью специального приспособления полоски заправляют в кассету 11 таким образом, что из нее выступают лишь согнутые участки ткани. Кассеты накладывают на абразивный диск 13, представляющий собой капроновую щетку. Степень прижатия согнутых участков ткани к абразиву регулируется грузом 12. Благодаря вращению абразивного диска и кассет осуществляется истирание ткани по сгибам во всех направлениях. При разрушении одной из пробных полосок прибор автоматически останавливается.

**Износ от действия светопогоды** проявляется в старении, т. е. ухудшении свойств текстильных материалов, вызванном в основ-

ном окислительными процессами, усиливающимися под действием тепла и влаги.

От воздействия света в текстильных материалах происходят сложные фотохимические реакции, следствием которых является разрушение материала, усиливающееся при повышении влажности и температуры окружающего воздуха, а также при наличии атмосферных осадков. При воздействии света могут происходить реакции окисления, разложения, синтеза и др. Стойкость полотен и изделий к фотохимической деструкции определяется не только химическим составом их вещества, но и толщиной, строением, способами отделки и окраски.

Наиболее стойкими к свету являются шерстяные, а наименее стойкими — джутовые и шелковые изделия, что соответствует стойкости составляющих их волокон и нитей. Из синтетических изделий меньшей светостойкостью обладают капроновые и лавсановые, несколько лучшей — хлориновые. Наиболее светостойкими нитроновые изделия. Меньшей светостойкостью, чем синтетические, обладают изделия вискозные и триацетатные.

Стойкость полотен и изделий к светопогоде определяют двумя способами: в естественных условиях и в аппаратах искусственной погоды.

Стендовые испытания в естественных условиях проводят путем выдерживания пробы на крыше или на специальной площадке, расположенной под углом  $45^\circ$  к горизонту и обращенной к югу. Однако продолжительность инсоляции не позволяет точно учитывать и сравнивать результаты фотохимической деструкции, так как доза облучения от солнечной радиации зависит от времени года, облачности, запыленности воздуха и т. п. Поэтому для учета суммарной дозы облучения используют фотоэлементные приборы и условные дозы облучения (УДО). Один безоблачный июльский день с 8 до 18 ч, в течение которого образцы получают дозу облучения  $2190 \text{ Дж/см}^2$ , принимают за 5000 УДО и считают эталоном.

Стойкость к фотоокислительной деструкции (светопогоде) хлопчатобумажных, вискозных и смешанных тканей определяют на приборе дневного света (ПДС) системы ЦНИХБИ (рис. 4.50). Элементарные пробы (полоски) 1 ткани кладут на лампы дневного света и перед облучением трижды смачивают раствором пероксида водорода и смачивателя ОП или некаля в дистиллированной воде. Раствор поступает из сосуда 2 и через отверстия в дождевых трубах 3 смачивает пробы 1. Затем пробы непрерывно облучают в течение 4 ч при систематическом смачивании через каждый час. Далее пробы промывают в воде, удаляют избыточную воду, сушат при комнатной температуре и выдерживают 24 ч в нормальных атмосферных условиях. Износ от фотоокислительной де-

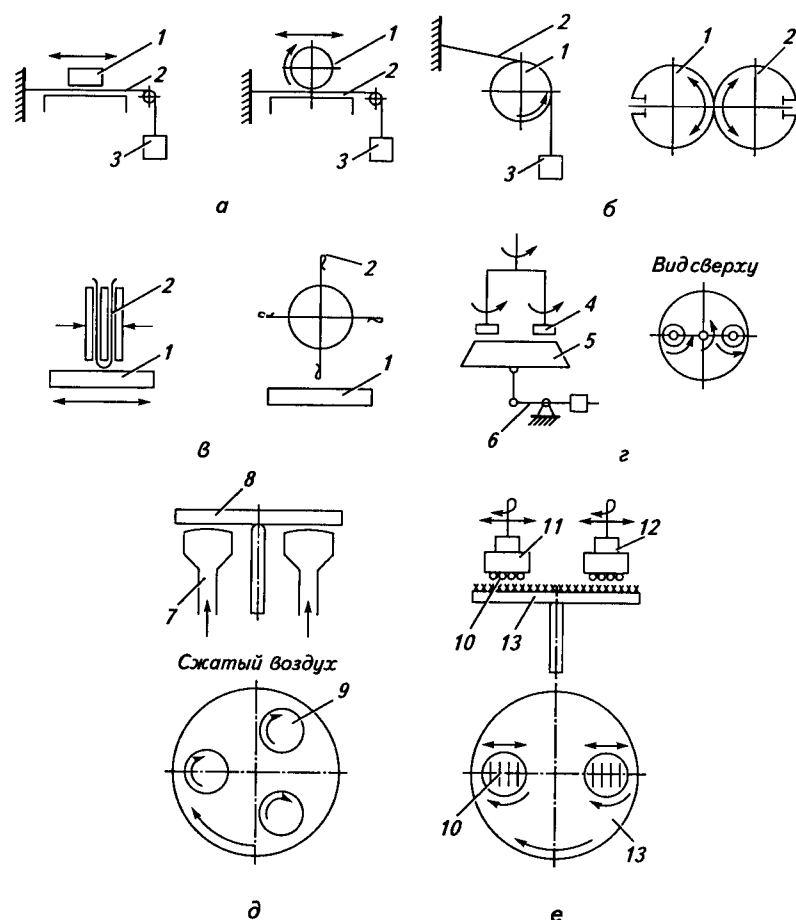


Рис. 4.49. Определение стойкости тканей к истиранию различными методами

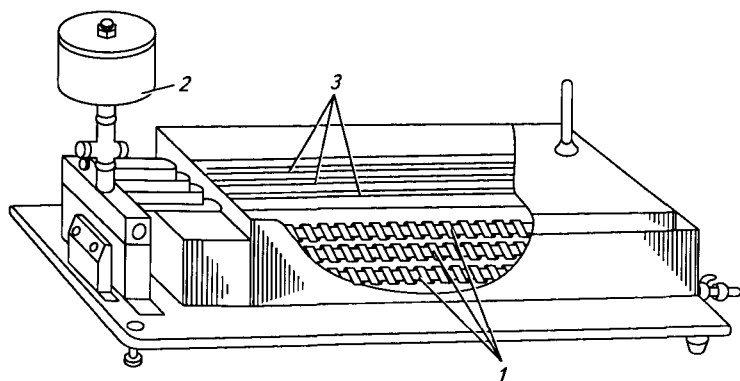


Рис. 4.50. Схема прибора дневного света для оценки стойкости проб к светопогоде

струкции оценивают изменением разрывной нагрузки, %, в пересчете на одну нить отдельно по основе и утку. Четырехчасовой цикл воздействия на хлопчатобумажные и вискозные ткани с увлажнением через каждый час соответствует примерно 75-суточному воздействию светопогоды.

**К биологическому износу** текстильных изделий относятся их разрушение различными микроорганизмами и повреждение насекомыми.

**Повреждение изделий микроорганизмами** происходит при транспортировании и хранении в неблагоприятных условиях, а также при эксплуатации в мокром виде. Однако изделия разрушаются лишь в том случае, если составляющее их вещество является питательной средой для микроорганизмов. Наличие влаги, питательных веществ, благоприятная температура и отсутствие антисептиков способствуют развитию в изделиях бактерий и грибов, которые могут не только вызывать уменьшение прочности изделий, но и портить их внешний вид в результате изменения окраски и уменьшения блеска.

Наименее устойчивы к действию микроорганизмов изделия из хлопка, лубяных, вискозных, медно-аммиачных волокон и нитей, более устойчивы шерстяные, а еще более — шелковые изделия. Наиболее биостойки ацетатные, синтетические, стеклянные и асбестовые текстильные изделия. Чтобы предупредить развитие вредных микроорганизмов в текстильных материалах, используют два метода. Во-первых, для предупреждения развития плесневых грибов при хранении материалов поддерживают пониженную относительную влажность воздуха. Максимальная влажность воздуха, при которой возможен рост плесневых грибов, составляет

75...95 %. Во-вторых, применяют антисептические пропитки на основе синтетических смол, обладающих бактерицидной активностью.

Наиболее эффективным методом защиты химических волокон и нитей является их антимикробная модификация. В смесях с натуральными такие волокна предупреждают микробиологическую коррозию.

**Повреждение шерстяных изделий молью** — довольно распространенная причина их местного износа. Личинки моли, развивающиеся из откладываемых бабочками яиц, питаются кератином шерсти и разрушают ее. Для защиты изделий от моли при домашнем хранении используют нафталин, запах которого отпугивает бабочек моли, но не действует на личинки. Недостатком нафталина является и его быстрое разложение. Имеются и некоторые другие реагенты, обладающие высокими молезащитными свойствами. Жизнедеятельности моли могут препятствовать различные пропитки, например молеядовитые препараты типа бесцветных красителей, взаимодействующие с шерстью в условиях крашения.

**Износ от носки и стирки** оценивают для бельевых тканей, трикотажа и изделий. Хотя изделия стирают после некоторого срока носки, износ происходит в результате совместного воздействия и носки, и стирки. Оценивать износ от носки и износ стирки по отдельности нельзя, так как они влияют друг на друга, а их комбинированное воздействие, как правило, превышает сумму отдельных воздействий.

Наиболее частым стиркам подвергают изделия из натуральных и искусственных целлюлозных волокон и нитей. Большинство таких изделий скорее состирывается, чем изнашивается, поэтому срок их службы определяется не только числом стирок, но и временем носки между стирками (табл. 4.9).

Таблица 4.9

| Число дней носки между стирками $m$ | Общее число стирок $x$ до износа рубашек | Число дней у носки до износа | Доля износа, % |            |
|-------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------|----------------|------------|
|                                     |                                          |                              | $\Delta_c$     | $\Delta_n$ |
| 0                                   | 180                                      | 0                            | 100            | 0          |
| 1                                   | 132                                      | 132                          | 73             | 27         |
| 2                                   | 112                                      | 224                          | 62             | 38         |
| 3                                   | 100                                      | 300                          | 56             | 44         |
| 4                                   | 97                                       | 388                          | 54             | 46         |
| 5                                   | 96                                       | 480                          | 53             | 47         |
| 6                                   | 96                                       | 576                          | 53             | 47         |

Износостойкость рубашек определялась общим числом стирок  $x$  до их полного износа (разрушения) при разном числе дней нос-

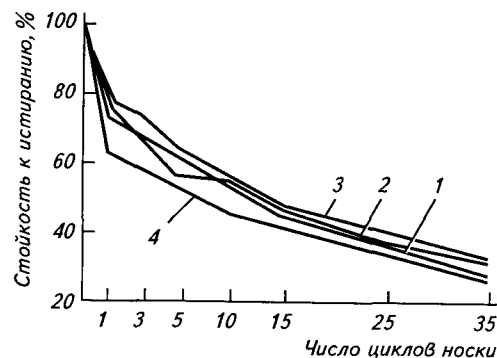


Рис. 4.51. Кинетика износа бельевых трикотажных изделий из кулирных хлопковискозных полотен:

1 — глиди; 2 — двуластика; 3 — покровного; 4 — начесного

ки между смежными стирками. При этом определялись число дней носки до износа  $y = mx$ , доля износа от стирки, %,  $\Delta_c = 100x/180$  и доля износа от носки, %,  $\Delta_n = 100 - \Delta_c$ .

Изменение относительной стойкости к истиранию кулирного хлопковискозного бельевого трикотажа при эксплуатации показывает (рис. 4.51), что ее наиболее интенсивное снижение происходит в течение первых пяти циклов (пять стирок и 15 дней носки), чему способствуют происходящие при стирке структурные изменения пряжи. После 35 стирок и 105 дней носки износ составляет 72...76 %.

При опытной носке исследуют износ изделий в процессе продолжительного использования и **устанавливают срок службы**. Однако время опытной носки весьма значительно и она требует больших затрат, поэтому опытную носку моделируют более быстрой лабораторной ноской (табл. 4.10).

Таблица 4.10

| Вид носки    | Белье из ткани | Трикотажное бельё | Спецодежда из ткани |
|--------------|----------------|-------------------|---------------------|
| Опытная      | 2...5 лет      | 1,5...2 года      | 1...2 года          |
| Лабораторная | 24 дня         | 3...4 дня         | 5...10 дней         |

Обычная носка изделий проводится в условиях их повседневного применения. Для опытной носки одежды, изготовленной из тканей, трикотажных и нетканых полотен, используют группу людей-носчиков, которые непрерывно носят изделия в определенные интервалы времени. При этом регламентируются условия эк-

сплуатации изделий, способы наблюдения за износом и методы его оценки. При органолептическом осмотре изделий оценивают внешние признаки и топографию износа, иногда определяют размеры изношенных участков, а в некоторых случаях часть изделий изымают у носчиков, вырезают из них пробы для лабораторных испытаний и измерения критериев износостойкости или износа.

Реальные воздействия, которые испытывают изделия в процессе использования, моделируют комплексом лабораторных воздействий с применением различных факторов износа. Их выбор определяется назначением изделий и оценивается сравнением кинетических характеристик, полученных при опытной носке и при лабораторном износе.

Износ материала от воздействия нескольких факторов позволяет использовать для разных изделий и условий их эксплуатации различные комбинации факторов износа и их последовательности для более полного соответствия результатов лабораторного износа и опытной носки.

Взаимосвязь результатов лабораторной и опытной носки позволяет объективно оценивать качество моделирования износа в лабораторных условиях и прогнозировать срок службы изделий.

#### Контрольные вопросы

1. По каким признакам классифицируются текстильные материалы?
2. Какова основная классификация тканей? Что такое раппорт переплетения?
3. Какие характеристики строения ткани и трикотажных полотен вы знаете?
4. В чем заключаются особенности получения нетканых полотен? Как эти полотна классифицируются?
5. Какие показатели используются для определения прочности ткани на разрыв?
6. Для каких текстильных материалов необходимо определять стойкость на раздир?
7. Что собой представляет упругая деформация и как она определяется?
8. Какие методы используются для определения жесткости ткани на изгиб?
9. Что такое несминаемость и каковы способы ее определения?
10. Чем характеризуется коэффициент тангенциального сопротивления текстильных полотен и каков метод его определения?
11. Чем трение отличается от цепкости?
12. В чем заключается суть пиллингуемости и для каких текстильных материалов необходимо ее определять?
13. Какие причины вызывают изменение линейных размеров текстильных полотен и как определить общую усадку?
14. Какие факторы влияют на воздухопроницаемость текстильных материалов?
15. Какие методы применяются для определения водоупорности текстильных материалов?
16. Каковы методы определения тепловых свойств текстильных материалов?
17. Как классифицируются текстильные материалы по огнестойкости?

18. Какие показатели характеризуют оптические свойства текстильных материалов?

19. Какие факторы влияют на износостойкость материалов?

20. В чем заключается разница между опытной и лабораторной ноской текстильных материалов?

### Задачи

1. Определить поверхностную плотность ткани, степень ее объемного заполнения, если известно, что линейная плотность нитей основы и утка 25 текс, плотность нитей по основе 280, по утку 220, толщина ткани 0,5 мм, объемная плотность нити 0,7 мг/мм<sup>3</sup>.

2. Определить степень поверхностного заполнения ткани, имеющей плотность нитей по основе 260, по утку 430. Линейная плотность нитей основы 25 текс, утка — 29 текс. Средняя плотность нитей 0,8 г/см<sup>3</sup>.

3. Определить поверхностную плотность трикотажного полотна, выработанного из нитей линейной плотности 25 текс и имеющего плотность по горизонтали  $P_t = 50$ , по вертикали  $P_v = 60$  на 100 мм. Длина нити в петле 2,5 мм.

4. Определить поверхностную усадку ткани, если образец размером 200 × 200 мм после стирки уменьшился и его размер по основе стал 180, а по утку 194 мм.

5. Определить общую усадку ткани после четырех стирок, если показатели усадки после каждой стирки, %, были соответственно равны 4; 1,6; 1,1; 0,7.

6. Определить объем воздуха, прошедшего через образец бельевой ткани площадью 10 см<sup>2</sup> за 50 с при перепаде давлений 5 мм вод. ст., что соответствует скорости движения воздуха 10 м/с, если коэффициент воздухопроницаемости этой ткани 120 дм<sup>3</sup>/ (м<sup>2</sup> · с).

7. Определить коэффициенты теплопроводности и теплопередачи шерстяного сукна толщиной 3 мм, если через образец площадью 0,1 м<sup>2</sup> за 2 ч прошло 250 кДж теплоты при разности температур нагретой и окружающей среды 50 °С.

8. При испытании тканей на жесткость при изгибе получены следующие величины абсолютной стрелы прогиба, мм: 10, 19, 14, 15. Длина свешивающихся частей образца и поверхностная плотность испытуемых тканей одинаковы. Какая из тканей имеет большую жесткость при изгибе?

9. При испытании тканей на несминаемость получены следующие углы восстановления: 30, 60, 45, 90°. Для какой ткани коэффициент несминаемости имеет наибольшее значение?

10. Рассчитать коэффициент драпируемости ткани и указать, в каком направлении она драпируется лучше, если площадь проекции недрапирующегося материала 150 см<sup>2</sup>, площадь проекции испытуемой ткани 100 см<sup>2</sup>, максимальный размер проекции ткани по основе 60 мм, а максимальный размер проекции ткани по утку 90 мм.

## Глава 5

## КАЧЕСТВО ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Качество текстильных материалов — это совокупность свойств, обуславливающих их пригодность удовлетворять определенным требованиям в соответствии с их назначением.

Из данного определения следует, что не все свойства являются составляющими качества, а только те из них, которые соответствуют требованиям, определяющим пригодность текстильных материалов к переработке и использованию по назначению.

Для текстильных волокон и нитей это преимущественно технологические показатели качества, так как основное назначение этих материалов — образовывать текстильные изделия с заданными свойствами при наименьших потерях в технологических процессах переработки.

Для текстильных изделий, область использования и назначение которых могут быть весьма разнообразны, совокупность свойств и показателей, составляющих качество, также может изменяться в широких пределах.

Так как набор свойств, показателей качества текстильных материалов и требования к ним могут изменяться в силу разных причин даже для одного и того же материала, качество последнего не является величиной постоянной. Оно может существенно изменяться, более того, оно не абсолютно, а всегда относительно.

Вопросами измерения и оценки качества занимается сравнительно новая научная область — квалиметрия.

### 5.1. КАВАЛИМЕТРИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Квалиметрия (от лат. *qualitas* — качество и гр. *metron* — измерить) дословно означает «измерение качества». Научно-технический термин «квалиметрия» был предложен в 1968 г. группой советских ученых и неоднократно уточнялся. Наибольшее распространение получило следующее определение: *квалиметрия* —

это научная область, объединяющая количественные методы измерения и оценки качества, используемые для обоснования решений, принимаемых при оценке, контроле, стандартизации качества продукции и управлении им.

К этому определению следует сделать два уточнения. Первое: квалиметрию иногда называют наукой о качестве. Это не так. Квалиметрия — лишь часть науки о качестве, возможно, одна из главных, потому что, как утверждал Д. И. Менделеев: «Наука начинается с тех пор, как начинают измерять». Второе: применение понятия «измерение качества» является до некоторой степени условным, так как отличается от принятого, например, в метрологии. Правильнее говорить не об измерении качества, а об измерении показателей качества и количественной оценке качества продукции. Измерение представляет собой процесс нахождения числового значения показателя в соответствующих единицах измерения. Так как качество продукции может включать в себя разнообразные показатели, измерения их будут иметь разные единицы. Оценка какого-либо показателя предполагает сравнение его абсолютного значения с соответствующей величиной, принятой за эталон. Поэтому оценка всегда является величиной относительной и безразмерной. Это и позволяет объединять результаты измерения показателей качества в одну количественную оценку качества. При этом под «количественной оценкой» качества понимают процесс, состоящий из последовательно выполняемых операций:

- формулирования целей и задач исследования, т. е. определения тех вопросов, на которые нужно получить ответ в результате оценки качества;

- выбор необходимых показателей качества в зависимости от цели и задач исследования;

- измерение и расчет выбранных показателей качества;

- анализ полученных результатов с учетом цели и задач оценки качества;

- уточнение (если потребуется) содержания указанных выше операций для получения обстоятельных ответов на вопросы оценки качества;

- обоснование рекомендаций и передача их для принятия решений, соответствующих цели и задачам исследования.

Различают теоретическую и прикладную квалиметрию.

Теоретическая квалиметрия абстрагируется от конкретных объектов и изучает только общие закономерности и математические модели, связанные с оценкой качества. Ее содержанием являются общие методологические проблемы количественной оценки качества, а также развитие математических методов, используемых при количественной оценке объектов разного вида и назначения.

Прикладная квалиметрия в основном решает практические задачи количественной оценки качества конкретных объектов. Квалиметрия текстильных материалов, безусловно, относится к числу прикладных наук, как и текстильное материаловедение, с которым она теснейшим образом связана.

Работы по теоретической и прикладной квалиметрии базируются на следующих основополагающих принципах.

*Принцип цели и условий* заключается в том, что оценка качества любого объекта зависит от цели и условий, для которых делается эта оценка.

Данный принцип следует из основного термина квалиметрии «качество продукции», согласно которому совокупность свойств, их измерение и оценка могут изменяться в зависимости от назначения продукции, а также цели и условий, для которых делается оценка качества.

Это легко проследить на примере тканей различного назначения, оценка качества которых делается для различных целей и условий (например, на художественно-технических советах при оценке эстетических показателей качества тканей или в условиях опытной носки при оценке показателей надежности текстильных изделий).

Из этого принципа следует, что один и тот же объект может иметь несколько оценок качества, выполненных для различных целей и разных условий. Это значит, что оценка качества не может быть абсолютной, она всегда относительна.

*Принцип иерархии* означает, что качество следует рассматривать как некоторую иерархическую совокупность свойств, оценка которых имеет различные уровни.

Если принять, что качество можно отнести к самому низкому (нулевому) уровню, то составляющие его свойства и показатели будут располагаться на наиболее высоком первом уровне. В свою очередь, каждое из этих свойств может рассматриваться состоящим из некоторого числа свойств и показателей, соответствующих следующему, более высокому второму уровню. Последние также могут быть разложены на составляющие и будут соответствовать следующему, т. е. третьему уровню, и т. д. Образуется иерархия свойств качества, число уровней которой может неограниченно возрастать по мере углубления знаний об объекте исследования.

Иногда такое построение называют «деревом качества».

Считается, что любое свойство любого уровня может быть оценено и выражено числовым коэффициентом  $K_i^m$ , где  $m$  — номер уровня иерархии, на котором находится свойство, а  $i$  — номер конкретного свойства из всего числа  $n$  свойств, составляющих качество на каждом уровне. Тогда оценка каждого свойства на лю-

бом уровне рассмотрения зависит от совокупности оценок связанных с ним свойств следующего по высоте уровня:

$$K_i^m = f(K_i^{m+1}).$$

Принцип иерархии используют для выполнения работ и принятия решений при стандартизации показателей качества текстильных материалов в том случае, если нормы устанавливают от «целого к частному» или наоборот. Например, нормы разрывной нагрузки пряжи могут быть рассчитаны и установлены лишь при условии, что существуют нормы прочности составляющих ее волокон. И наоборот, если известны механические свойства волокон, то можно прогнозировать эти же свойства у изготовленных из них текстильных нитей и т. п.

*Принцип базовых значений* означает, что оценка качества объекта зависит от фактических показателей его качества  $P_i$  и базовых значений этих показателей  $P_6$ , используемых при оценке.

Базовым называют такое значение показателей качества, которое принимают за основу при сравнительной оценке качества различных вариантов одноименной продукции.

Например, необходимо оценить качество ткани трех вариантов по показателю «стойкость к истиранию». Фактическое значение этого показателя для ткани 1-го варианта 20 тыс. циклов истирания, 2-го — 25 тыс. и 3-го — 40 тыс. циклов. Очевидно, что оценка качества будет зависеть от принятого значения базового показателя. Если за базовое принять наименьшее значение стойкости к истиранию, то оценка тканей будет одна, если наибольшее — другая, если среднее — третье и т. д.

Базовые значения показателей зависят от выбранного эталона. Оценка показателя представляет собой результат сопоставления абсолютного показателя  $P_i$  с соответствующим показателем  $P_{эт}$ , принятым за эталон. Это означает, что оценка любого свойства  $K_i^m$  на любом уровне представляет собой результат сравнения абсолютного значения показателя  $P_i$  с выбранной величиной — эталоном  $P_{эт} = P_6$  и  $K_i^m = \phi(P_i/P_6)$ . Вне выбранного эталона или вне базового значения показателя оценку качества произвести нельзя.

Этот принцип указывает на важность выбора базовых показателей (норм) при оценке качества продукции. Этим объясняется и та роль, которую играет стандартизация в обеспечении и улучшении качества продукции.

Квалиметрию рассматривают как научную основу стандартизации, в том числе текстильных материалов.

*Принцип значимости* означает, что каждое свойство из иерархической совокупности свойств, составляющих качество, характеризуется не только параметром  $K_i^m$ , но и некоторым коэффициентом

$Z_i^m$ , определяющим на каждом уровне  $m$  относительную значимость данного свойства или показателя в общей оценке качества.

Например, для большинства одежных тканей наиболее значимыми являются эстетические показатели, затем идут эргономические показатели, показатели надежности и т. д., т. е. не все свойства и показатели, составляющие качество, одинаково значимы. Есть более значимые и менее значимые свойства, причем эта значимость не остается постоянной и может изменяться в зависимости от различных причин и факторов. Так, для тканей, используемых в молодежной одежде, существует одна значимость показателей, а для тканей, предназначенных людям пожилого возраста, — другая. Значимость показателей текстильных изделий существенно зависит от социального уровня их потребителей. Все это необходимо учитывать при оценке качества текстильных материалов.

Обычно значимость (или весомость) показателя выражают в долях. При этом сумма коэффициентов весомостей  $Z_i$  показателей, используемых при оценке качества, всегда равна единице:

$$\sum Z_i = 1.$$

Принцип значимости используют при комплексной оценке качества, при которой в одном показателе объединяют комплекс свойств и показателей оцениваемой продукции. Использование одного обобщенного показателя качества продукции имеет ряд достоинств и широко используется при сравнительной оценке качества различных объектов исследования, а также для решения некоторых задач при стандартизации продукции и управлении ее качеством.

Выбор того или иного метода квалиметрии зависит от цели, задач и условий оценки качества, а также от особенностей оцениваемой продукции. Из общенаучных методов в прикладной квалиметрии чаще всего используются методы метрологии, математики и системного анализа. Широко применяются экономические и социологические исследования проблем качества продукции, в том числе текстильных материалов.

*Метрология*, т. е. наука об измерениях, теснейшим образом связана с квалиметрией, так как дает значительный исходный материал для оценки качества продукции. Между измерениями в метрологии и квалиметрии существуют принципиальные отличия. Во-первых, объектами измерения в метрологии являются различные физические предметы и объекты, а в квалиметрии наряду с ними — и различные процессы, документация, действия и т. п. Например, квалиметрический подход может быть применен к оценке технологических процессов текстильного производства,

стандартам и регламентам на текстильные материалы, к оценке качества труда исполнителей и т. п.

Во-вторых, если в метрологии измерение только фиксирует заданную величину, то в квалитметрии измерение и оценка качества служат для обоснования необходимости принятия управляющих решений. Метрология, являясь измерительной базой, на которую опирается квалитметрия при построении своих оценок, не входит в ее состав, так же как и квалитметрия не является частью метрологии.

*Математические методы* в квалитметрии используются очень широко. Это обусловлено тем, что результаты измерений, оценки, прогнозирования и контроля качества продукции могут быть систематизированы, проанализированы и обобщены преимущественно этими методами. Многие показатели качества текстильных материалов носят статистический характер и подвержены определенному рассеянию. Поэтому из математических методов в квалитметрии наибольшее распространение получили методы теории вероятностей и математической статистики, которые составляют достаточно большой и важный ее раздел.

*Системный анализ* — это совокупность методических средств, используемых для подготовки и обоснования решений по сложным проблемам и задачам, в основе которых лежит рассмотрение объектов исследования как систем, имеющих связи разнообразных типов.

Качество продукции — типичный пример такой системы. Взаимосвязи между элементами этой системы — показателями качества могут носить сложный комплексный характер.

Например, японские исследователи-материаловеды установили, что такой показатель качества тканей, как туше, т. е. ощущение материала на ощупь, зависит более чем от 40 объективно определяемых показателей, имеющих различные формы связей.

Использование системного подхода для изучения качества продукции является одним из направлений квалитметрии.

Важность *экономических и социологических методов* исследования проблем качества продукции обусловлена значимостью этих ее аспектов в общественной жизни общества.

Качество продукции — это прежде всего экономическая и социологическая категория. Это в полной мере относится и к качеству продукции текстильной промышленности.

Во всех промышленно развитых странах изготовление высококачественных текстильных материалов и изделий является высококорентабельным производством и приносит большую прибыль. В дореволюционной России фабриканты-текстильщики были крупнейшими меценатами. Многие исторически известные культурные и образовательные учреждения Москвы и Санкт-Петербурга были построены на их пожертвования.

Социальный характер качества текстильных изделий заключается в том, что они являются предметами широкого повседневного спроса населения. Качество и количество этой продукции существенно влияют на социальную обстановку общества.

Социологические опросы и экономический анализ находят все большее применение в квалитметрии текстильных материалов.

Квалитметрия имеет свою собственную терминологию. Основными терминами квалитметрии применительно к текстильным материалам являются качество, свойства, показатель качества и базовый показатель. Они были рассмотрены в гл. 1. Дополним их.

*Единичный показатель* — это показатель качества, характеризующий одно свойство. Например, абсолютная разрывная нагрузка нити характеризует ее механическое свойство — прочность.

*Комплексный показатель* характеризует несколько свойств. Он может быть размерным (например, относительная разрывная нагрузка нити измеряется сантиньютонами на текс) или безразмерным (если при комплексной оценке качества несколько показателей, имеющих различную размерность, объединяются в один безразмерный показатель). Методика такой оценки качества текстильных материалов рассматривается ниже.

*Определяющий показатель* — показатель, по которому принимают решение об оценке качества. Примеры определяющих показателей качества текстильных материалов и методы их измерения и оценки подробно рассмотрены в гл. 2...4.

*Интегральный показатель И* определяется как отношение суммарного полезного эффекта Э от эксплуатации или потребления материала или продукции к суммарным затратам на их создание  $Z_c$  и эксплуатацию  $Z_3$  (или потребление):

$$И = \frac{\mathcal{E}}{(Z_c + Z_3)}. \quad (5.1)$$

Этот показатель с определенной долей условности связывает качество и стоимость. Например, можно подсчитать, сколько циклов истирания ткани приходится на единицу ее стоимости. Такая информация может быть весьма полезной при сравнительной оценке качества нескольких вариантов одноименной продукции, новых образцов, заменяющих старые, и т. п.

*Позитивный показатель*, при увеличении которого качество улучшается. Например, при увеличении разрывной нагрузки, стойкости к истиранию, несминаемости, прочности окраски качество текстильных материалов улучшается.

*Негативный показатель*, при увеличении которого качество ухудшается. Это число дефектов и пороков, усадка, горючесть, пиллингуемость и т. п.

*Нейтральный показатель*, по которому нельзя однозначно судить о качестве. Например, ширина ткани. Говорить о том, что широкая ткань лучше узкой или наоборот однозначно не представляется возможным.

Для нейтральных показателей иногда используют термины признак — качественная или количественная характеристика свойств или показателей и параметр — признак, количественно характеризующий свойства или состояние материала или продукции.

Значения показателей качества могут быть следующими:

относительным, которое определяют как отношение между фактическим показателем качества  $\Pi$  и базовым  $\Pi_6$ . Для позитивного показателя  $\Pi_0 = \Pi(+)/\Pi_6$ , а для негативного  $\Pi_0 = \Pi_6/\Pi(-)$ ; регламентированным — значением, установленным в нормативно-технической документации;

номинальным — значением, от которого отсчитывается допустимое отклонение. Например, ширина ткани  $100 \pm 2$  см; величина 100 — номинальное значение ширины;

предельным — наибольшим или наименьшим регламентированным значением. Так, в приведенном выше примере нижним предельным значением ширины ткани будет 98 см, а верхним — 102 см;

оптимальным — таким значением показателя качества, при котором достигается либо наибольший эффект от эксплуатации или потребления продукции при заданных затратах на ее создание и эксплуатацию или потребление, либо заданный эффект при наименьших затратах, либо наибольшее отношение эффекта к затратам ( $\Pi_{\text{опт}}$ ).

Предпочтительным является такое значение  $\Pi_{\text{опт}}$ , при котором имеется наибольший разрыв между эффективностью от эксплуатации (потребления) продукции и затратами на достижение показателей ее качества. Это удобно проиллюстрировать графиком, где на оси абсцисс откладывают позитивные показатели качества, а на оси ординат — эффективность от эксплуатации данной продукции и затраты на ее создание и эксплуатацию (рис. 5.1).

Если позитивные показатели качества увеличиваются, то улучшается качество продукции и повышается эффективность ее эксплуатации. Для улучшения показателей качества необходимо увеличение затрат.

Из графика можно сделать ряд интересных и важных выводов.

1. При повышении показателей качества эффективность эксплуатации не растет беспредельно, а стремится к какому-то заданному уровню.

2. В зоне низких показателей качества однозначное приращение дает большее увеличение эффективности эксплуатации, чем точно такое же приращение в зоне высоких показателей качества.

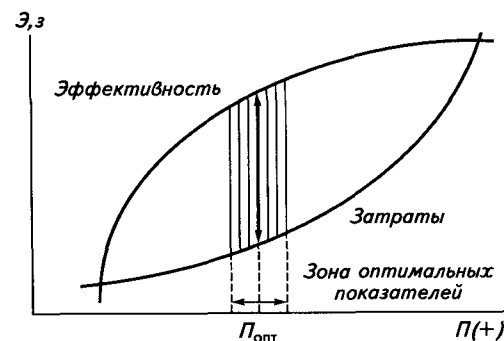


Рис. 5.1. Зависимость эффективности эксплуатации продукции от затрат на достижение требуемых показателей качества

3. Повышение качества продукции обязательно связано с дополнительными затратами.

4. Чем выше качество, тем больше затрат требуется на его дальнейшее улучшение.

5. Повышение стоимости — это естественный процесс при условии улучшения качества. Если стоимость продукции в течение продолжительного времени остается неизменной, то это неизбежно приводит к снижению ее качества.

6. Существует зона оптимальных показателей качества, в которой всегда следует двигаться в сторону их повышения.

Все это в полной мере относится к качеству текстильных материалов.

Проиллюстрируем эти выводы примерами в той последовательности, в которой они приведены.

1. Степень белизны ткани для постельного белья — позитивный показатель, увеличение которого улучшает качество и повышает эффективность эксплуатации этой продукции. Есть возможность существенно увеличить белизну, например с помощью оптических отбеливателей. Однако человеческий глаз имеет физиологические ограничения, из-за которых сколько бы показатель белизны ни увеличивался, восприниматься это уже не будет, и эффективность эксплуатации такой ткани перестанет вырастать. Еще пример. Износостойкость тканей, показатель надежности, можно значительно увеличивать, используя сырье более высокого качества, износостойкие химические волокна, рациональную структуру нитей и тканей, специальные виды отделок и т. п. Но если это ткани быстро обновляемого ассортимента, подверженного постоянно изменяющейся моде, то тот высокий ресурс износостойкости, который был в них заложен, не будет реализован. Низ-

кий ресурс — это плохо, но и избыточный ресурс тоже не всегда хорошо, так как это напрасно истраченное сырье, лишние энергетические и трудовые затраты. Выбор оптимального ресурса показателей качества текстильных материалов — одна из сложнейших задач текстильного материаловедения.

2. Если прочность нити или пряжи очень низкая, то эффект от ее использования может быть даже отрицательным. Такую пряжу не следует перерабатывать в изделие. Повысив прочность и улучшив другие показатели, например уменьшив неровноту, эффект от применения такой нити можно увеличить. Если начальные показатели очень низкие, то их даже незначительное увеличение, как правило, может сразу дать желаемый эффект, например снижение обрывности. Но чем выше эти показатели, тем большие изменения в лучшую сторону потребуются, чтобы получить тот же эффект.

3. Чтобы улучшить качество текстильного изделия, необходимо улучшить качество сырья и вспомогательных материалов, усовершенствовать оборудование, повысить квалификацию труда и т. д. Все это обязательно приведет к увеличению затрат.

4. Чем выше качество текстильных материалов, тем больше затрат требуется на его улучшение, если не произойдут какие-либо принципиальные изменения в технологии их получения и переработки.

5. Существует объективный экономический закон, не требующий комментариев. К текстильным изделиям он тоже относится.

6. Большинству людей свойственно окружать себя предметами, и в первую очередь покупать новую одежду, более высокого качества, чем та, что использовалась ранее. Поэтому текстильные материалы повышенного качества всегда будут пользоваться высоким спросом даже при условии возрастания их стоимости.

## 5.2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Оценка качества текстильных материалов включает в себя следующие последовательно выполняемые этапы:

выбор номенклатуры определяющих показателей, по которым следует оценивать качество;

определение числовых значений выбранных показателей качества;

выбор и установление базовых значений определяющих показателей;

сравнение фактических значений определяющих показателей с базовыми.

Относительную характеристику качества, основанную на сравнении фактических и базовых значений показателей, называют *уровнем качества*, поэтому совокупность операций нахождения последнего более правильно называть *оценкой уровня качества продукции*.

### 5.2.1. ВЫБОР НОМЕНКЛАТУРЫ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Содержание этого первого наиболее ответственного этапа оценки качества текстильных материалов обусловлено целями и условиями, для которых делается оценка. Например, если оценка качества проводится по стандартам, то в качестве определяющих могут быть выбраны показатели, к которым в действующей нормативно-технической документации установлены требования. Многие определяющие показатели качества волокон, нитей и текстильных изделий были подробно рассмотрены в гл. 2...4.

Если по каким-либо причинам номенклатура определяющих показателей качества текстильных материалов неизвестна или требует уточнения, например для комплексной оценки качества, то ее выбор может быть сделан специальными методами. Эти методы сводятся к *нахождению весоности отдельных показателей в общей оценке качества*. Охарактеризуем эти методы.

*Эвристический или экспертный метод*, при котором весомость показателей определяют на основе экспертного опроса специалистов.

*Стоимостной метод*, по которому весомость  $i$ -го показателя принимается пропорциональной затратам, необходимым для обеспечения этого показателя. Исходят из того, что чем больше стоит тот или иной показатель, тем он и более важен.

*Вероятностный метод*, при котором весомость принимается пропорциональной средней степени приближения оцениваемого показателя к эталонному значению. Считают, что чем большего соответствия того или иного показателя эталонному значению добивается проектировщик, тем важнее этот показатель в общей оценке качества данной продукции.

*Экспериментальный метод*, в котором весомость отдельных показателей определяют по результатам специальных экспериментов. Например, изучают влияние показателей качества нити на ее обрывность в технологических процессах. Считают, что тот показатель является наиболее весомым, оказывающим наибольшее влияние на обрывность, или создают математическую модель качества исследуемой продукции и определяют вклад каждого показателя качества в изменчивость изучаемой функции.

*Комбинированный метод* заключается в использовании некоторой комбинации разных методов.

Каждый из рассмотренных методов имеет свои достоинства и недостатки. На практике чаще всего используется экспертный метод определения коэффициентов весомости показателей качества, так как он является простым и экономичным.

Наиболее совершенной методикой опроса экспертов считают так называемый метод Делфи (от легенды о дельфийском оракуле). Этот метод был предложен в начале 50-х годов XX в. для решения военных проблем. Характерные черты метода Делфи заключаются в следующем:

ответы на поставленные перед экспертом вопросы должны содержать количественную характеристику;

опрос экспертов производится в несколько туров, и после каждого тура все эксперты знакомятся с ответами друг друга;

от экспертов получают обоснование их мнений, которое доводится до сведения всех участников опроса, что позволяет наиболее полно учесть различные факторы.

Статистическая обработка полученных ответов выполняется после каждого тура.

Все остальные методы экспертного опроса являются частными случаями или модификацией метода Делфи. *Экспертная оценка коэффициентов весомости показателей качества* включает в себя следующие основные последовательно выполняемые этапы работ: формирование группы экспертов; подготовка опроса экспертов; опрос экспертов; обработка экспертных оценок; анализ полученных результатов.

*Формирование группы экспертов* заключается в подборе специалистов, имеющих достаточно высокую квалификацию в области создания и функционирования оцениваемой продукции. Это могут быть исследователи, технологи, дизайнеры, товароведы и другие специалисты, имеющие то или иное отношение к рассматриваемой продукции. Для предупреждения необъективности оценки не рекомендуется включать в состав группы специалистов, принявших участие в создании (проектировании и изготовлении) данной конкретной продукции. Число экспертов зависит от требуемой точности средних оценок, допустимой трудоемкости оценочных процедур, возможностей организации группы экспертов и эффективности управления ею. Минимальное число экспертов при заочном опросе семь, верхний предел числа экспертов не устанавливается. При открытом экспертном опросе целесообразно включать в группу 6...15 экспертов, но не более 20.

*Подготовка опроса* заключается в составлении специальных опросников или анкет, в которых излагаются сущность обсуждаемого вопроса и метод подготовки и оформления ответов, а также

приводятся возможные варианты заключений. Иногда бывает целесообразным проиллюстрировать предлагаемый метод конкретным примером, а также указать, где можно получить консультацию в случае возникновения тех или иных проблем.

*Опрос экспертов* осуществляется или заочно путем рассылки им анкет и получения ответов, или непосредственно в одновременном присутствии всей группы экспертов. В последнем случае опрос производится следующим образом: сначала эксперты фиксируют в анкетах свои суждения, а затем после короткого обсуждения вновь заполняют анкеты, не показывая их друг другу.

*Обработка экспертных оценок* заключается в определении степени согласованности мнений экспертов и подсчете сводных характеристик, данных группой экспертов по каждому показателю.

*Анализ полученных результатов* включает в себя подсчет коэффициентов весомости оцениваемых показателей, выбор определяющих показателей, исследование возможности повышения степени согласованности мнений экспертов, раздельное определение оценок весомостей и степени согласованности мнений экспертов различных групп (например, изготовителей и потребителей продукции), определение степени согласованности мнений экспертов по отдельным показателям, отбрасывание «выскакивающих экспертов», оценку степени согласованности мнений отдельных экспертов или групп экспертов и т. п.

*Выбор из ограниченного числа показателей* производят в тех случаях, если число выбираемых показателей должно быть ограничено (например, при разработке стандарта на продукцию), или если эксперты имеют ограниченное представление о показателях качества продукции.

При опросе экспертам предлагается дать ранговую оценку определенного числа показателей качества. Эта оценка сводится к обозначению степени значимости каждого показателя тем или иным рангом. Наиболее значимый показатель обозначают рангом  $R = 1$ , а наименее значимый — рангом  $R = n$ , где  $n$  — число показателей. Если эксперт считает несколько показателей равноценными, то им присваиваются одинаковые ранги, но их сумма должна быть равна сумме мест при их последовательном расположении. Например, два показателя, по мнению эксперта, должны занимать по степени важности одинаковое 1-е место. Тогда сумма мест при их последовательном расположении будет равна  $1 + 2 = 3$ . Следовательно, ранговая оценка этих показателей одинакова и равна  $R = 3/2 = 1,5$ .

Результаты опроса экспертов сводят в таблицу и обрабатывают.

В табл. 5.1. приведены результаты ранговой оценки  $R$  значимости восьми ( $n = 8$ ) показателей качества  $X$  семью ( $m = 7$ ) экспертами.

Таблица 5.1

| $m_j$               | Ранги $R_{ji}$ показателей $X_i$ |        |        |        |       |       |       |       | $\Sigma$ | $T_j$ |
|---------------------|----------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|
|                     | $X_1$                            | $X_2$  | $X_3$  | $X_4$  | $X_5$ | $X_6$ | $X_7$ | $X_8$ |          |       |
| 1                   | 8                                | 5      | 2      | 1      | 6     | 7     | 4     | 3     | 36       | 0     |
| 2                   | 6                                | 4      | 1      | 2      | 7,5   | 7,5   | 5     | 3     | 36       | 0,5   |
| 3                   | 7                                | 6      | 1      | 3      | 5     | 8     | 2     | 4     | 36       | 0     |
| 4                   | 7                                | 7      | 2      | 1      | 5     | 7     | 3     | 4     | 36       | 2     |
| 5                   | 8                                | 7      | 1      | 2      | 4     | 6     | 3     | 5     | 36       | 0     |
| 6                   | 7                                | 8      | 1      | 3      | 5     | 6     | 2     | 4     | 36       | 0     |
| 7                   | 8                                | 6      | 1      | 2      | 4     | 7     | 3     | 5     | 36       | 0     |
| $S_i$               | 51                               | 43     | 9      | 14     | 36,5  | 48,5  | 22    | 28    | 252      | 2,5   |
| $S_i - \bar{S}$     | 19,5                             | 11,5   | -22,5  | -17,5  | 5     | 17    | -9,5  | -3,5  | —        | —     |
| $(S_i - \bar{S})^2$ | 380,25                           | 132,25 | 506,25 | 306,25 | 25    | 289   | 90,25 | 12,25 | 1741,5   | —     |
| $Z_i$               | 0,03                             | 0,07   | 0,24   | 0,21   | 0,1   | 0,04  | 0,17  | 0,14  | 1        | —     |
| $Z'_{0i}$           | —                                | —      | 0,32   | 0,28   | —     | —     | 0,22  | 0,18  | 1        | —     |
| $\bar{R}_i$         | 7,3                              | 6,14   | 1,3    | 2      | 5,2   | 6,9   | 3,1   | 4     | —        | —     |
| $\sigma_{Ri}$       | 0,76                             | 1,34   | 0,48   | 0,82   | 1,2   | 0,73  | 1,07  | 0,82  | —        | —     |
| $d = R_2 - \bar{R}$ | -1,3                             | -2,1   | -0,3   | 0      | 2,3   | 0,6   | 1,9   | -1    | —        | —     |
| $d^2$               | 1,69                             | 4,41   | 0,09   | 0      | 5,29  | 0,36  | 3,61  | 1     | 16,45    | —     |

Оценка степени согласованности мнений экспертов производится по коэффициенту конкордации:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m_j \sum_{i=1}^m T_j}, \quad (5.2)$$

где  $S_i$  — сумма ранговых оценок экспертов по каждому показателю;  $S_i = \sum_{j=1}^m R_{ji}$ ;  $\bar{S}$  — средняя сумма рангов для всех показателей.

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i = 0,5m(n+1); \quad (5.3)$$

$m$  — число экспертов;  $n$  — число оцениваемых показателей.

$$T_j = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^u (t_j^3 - t_j), \quad (5.4)$$

где  $u$  — число рангов с одинаковыми оценками у  $j$ -го эксперта;  $t_j$  — число оценок с одинаковым рангом у  $j$ -го эксперта.

Например, у эксперта  $m = 2$   $u = 1$ ,  $t = 2$  и  $T_2 = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = 0,5$ ;  
у эксперта  $m = 4$   $u = 1$  и  $T_4 = \frac{1}{12}(3^3 - 3) = 2$ .

Коэффициент конкордации  $W$  может принимать только положительные значения от 0 до 1. Чем ближе  $W$  к 1, тем выше степень согласованности оценок экспертов, и наоборот. Приемлемым считают  $W > 0,6 \dots 0,7$ . Если  $W < 0,6$ , степень согласованности оценок экспертов считают низкой, ее необходимо повысить. Для этого можно провести второй тур опроса или исключить из рассмотрения оценки «выскакивающих экспертов», существенно отличающиеся от остальных.

Количественная оценка «выскакивающих экспертов» может быть произведена по коэффициенту ранговой корреляции  $\rho$  оценки данного эксперта  $R_{ji}$  со средними оценками всех остальных экспертов  $\bar{R}$ :

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)}, \quad (5.5)$$

где  $d = R_{ji} - \bar{R}$ ;  $n$  — число показателей.

Если  $\rho \leq 0,5$ , то оценки проверяемого эксперта могут быть исключены из рассмотрения.

Достоверность  $W$  оценивают по критерию  $\chi^2_T = Wm(n-1)$ . Если  $\chi^2 \geq \chi^2_T$ , то  $W$  достоверен с вероятностью  $P \geq 0,95$ . Значения  $\chi^2_T$  даны ниже.

| $n-1$      | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
|------------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| $\chi^2_T$ | 7,8 | 9,5 | 11,1 | 12,6 | 14,1 | 15,5 | 16,9 | 18,3 |

Если достоверность  $P < 0,95$ , то необходимо увеличить или  $m$  — число экспертов, или  $W$ .

При  $W > 0,6$  и  $P \geq 0,95$  подсчитывают коэффициенты весомости показателей:

$$Z_i = \frac{mn - S_i}{0,5mn(n-1)}. \quad (5.6)$$

Значащими считают показатели, у которых  $Z_i > \frac{1}{n}$ , где  $n$  — число оцениваемых показателей.

Их и выбирают как определяющие показатели качества продукции.

В разбираемом примере имеем

$$\begin{aligned}\bar{S} &= 252/8 = 0,5 \cdot 7(8+1) = 31,5; \\ \sum_{i=1}^8 (S_i - \bar{S})^2 &= 1741,5; \quad m = 7; \quad n = 8; \quad (1/12) 7^2(8^3 - 8) = 2058; \\ m \Sigma T_j &= 7 \cdot 2,5 = 17,5 \text{ и } W = 1741,5/(2058 - 17) = 0,85; \quad \chi^2 = \\ &= 0,85 \cdot 7(8 - 1) = 41,6 > \chi_{\tau}^2 = 12,6,\end{aligned}$$

т. е. степень согласованности оценок экспертов достаточно высокая и достоверна с вероятностью  $P > 0,95$ .

Значащими, т. е. имеющими  $Z_i > 1/8 = 0,125$ , оказались показатели  $X_3 - Z_3 = 0,24$ ;  $X_4 - Z_4 = 0,21$ ;  $X_7 - Z_7 = 0,17$ ;  $X_8 - Z_8 = 0,14$ . Эти показатели будут определяющими. Чтобы сумма коэффициентов весомости этих показателей была равна 1, производятся корректировки  $Z_i$  по формуле

$$Z'_{0i} = \frac{Z_{0i}}{\sum^2 Z_{0i}}, \quad (5.7)$$

где  $Z_{0i}$  — коэффициенты весомости только значащих показателей.

Для определения степени согласованности оценок экспертов по отдельным показателям можно использовать среднее квадратическое отклонение

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{\sum (R_j - \bar{R})^2}{m-1}},$$

где  $R_j$  — оценка  $j$ -го эксперта;  $\bar{R}$  — средняя ранговая оценка  $i$ -го показателя;  $m$  — число экспертов.

Наибольшая степень согласованности будет у показателя, имеющего  $\sigma_{\min}$ , а наименьшая — у показателя с  $\sigma_{\max}$ . Наивысшая степень согласованности оценок экспертов получилась для показателя  $X_3$ , а наименьшая — у  $X_2$ .

Степень согласованности оценок отдельного эксперта с общими можно определить по коэффициенту ранговой корреляции  $r$  по формуле (5.5). В табл. 5.1 это сделано для эксперта  $m_2$ .

Имеем

$$\rho = 1 - \frac{6 \cdot 16,45}{8(64 - 1)} = 0,77,$$

т. е. степень согласованности достаточно высокая и эксперта  $m_2$  нельзя считать «выскакивающим».

**Выбор из неограниченного числа показателей** заключается в том, что каждый эксперт по своему усмотрению может добавить к предложенному ему перечню любое число показателей или дать свой

перечень показателей и оценить их соответствующими рангами. В этом случае у разных экспертов число показателей  $n$  может быть неодинаковым. Результаты ранговой оценки значимости показателей качества при таком опросе обрабатывают следующим образом. Строят общую таблицу, подобную табл. 5.1, в которую записывают ранговые оценки каждого эксперта для всех перечисленных ими показателей  $n$ . При этом у некоторых экспертов будут отсутствовать оценки не учтенных ими показателей. Считают, что эти показатели эксперт счел незначимыми, поэтому им присваивают наихудший ранг. При одной недостающей оценке ей присваивают ранг  $R = n$ , при двух —  $R = n - 0,5$ , при трех —  $R = n - 1$  и т. д. Таким образом получают заполненную таблицу, данные которой обрабатывают и анализируют рассмотренными выше методами.

Пример такой оценки при неограниченном числе выбираемых показателей дан в табл. 5.2.

Таблица 5.2

| Эксперты                             | Показатели качества $X_i$ |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                      | $X_1$                     | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | $X_6$ | $X_7$ | $X_8$ |
| Ранги показателей                    |                           |       |       |       |       |       |       |       |
| 1                                    | —                         | 3     | 1,5   | 1,5   | 4,5   | 4,5   | 6     | —     |
| 2                                    | —                         | 3     | 1     | 2     | 4     | 5     | —     | —     |
| 3                                    | 8                         | 4     | 2     | 1     | 3     | 5,5   | 5,5   | 7     |
| 4                                    | —                         | 4     | 1     | 2     | 3     | —     | —     | —     |
| 5                                    | —                         | 3     | 1     | 2     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| 6                                    | —                         | 2     | 2     | 2     | 4,5   | 4,5   | —     | —     |
| 7                                    | 6                         | 3     | 1     | 2     | 4     | 5     | —     | —     |
| Ранговые оценки с учетом недостающих |                           |       |       |       |       |       |       |       |
| 1                                    | 7,5                       | 3     | 1,5   | 1,5   | 4,5   | 4,5   | 6     | 7,5   |
| 2                                    | 7                         | 3     | 1     | 2     | 4     | 5     | 7     | 7     |
| 3                                    | 8                         | 4     | 2     | 1     | 3     | 5,5   | 5,5   | 7     |
| 4                                    | 6,5                       | 4     | 1     | 2     | 3     | 6,5   | 6,5   | 6,5   |
| 5                                    | 8                         | 3     | 1     | 2     | 4     | 5     | 6     | 7     |
| 6                                    | 7                         | 2     | 2     | 2     | 4,5   | 4,5   | 7     | 7     |
| 7                                    | 6                         | 3     | 1     | 2     | 4     | 5     | 7,5   | 7,5   |

Такой метод выбора определяющих показателей качества целесообразно применять, если эксперты имеют высокую квалификацию и нет необходимости ограничивать число рассматриваемых показателей.

**Выбор определяющих показателей качества** методом медиан основан на общей экспертной оценке качества продукции и эксперментальном определением показателей ее качества, т. е. этот метод относится к комбинированному. В основе метода лежат принципы так называемого случайного баланса, используемого на предварительных стадиях планирования эксперимента. Экспертам

предлагается оценить в условных единицах, например по пятибалльной шкале, одноименную продукцию нескольких вариантов. Затем для этой продукции экспериментально определяют фактические значения оцениваемых показателей качества.

В табл. 5.3 приведены экспертные оценки  $Y_i$  и фактические значения  $X_i$  показателей качества шерстяных костюмных тканей восьми вариантов.

Таблица 5.3

| Ткань<br>варианта | Эксперт-<br>ная<br>оценка<br>качества<br>ткани | Показатели качества X                                |                                    |                                                           |                                        |                                           |                                                  |
|-------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                   |                                                | Воздухо-<br>проница-<br>емость,<br>дм <sup>3</sup> / | Разрыв-<br>ная<br>нагрузка,<br>даН | Поверх-<br>ностная<br>плот-<br>ность,<br>г/м <sup>2</sup> | Усадка<br>после<br>замачива-<br>ния, % | Коэффи-<br>циент<br>несминае-<br>мости, % | Стойкость<br>к исти-<br>ранию,<br>тыс.<br>циклов |
|                   |                                                | (м <sup>2</sup> · ч)                                 |                                    |                                                           |                                        |                                           |                                                  |
|                   | $Y_i$                                          | $X_1$                                                | $X_2$                              | $X_3$                                                     | $X_4$                                  | $X_5$                                     | $X_6$                                            |

Значения показателей

|       |     |     |     |      |     |     |     |
|-------|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| 1     | 5   | 75  | 45  | 225  | 1,5 | 74  | 6   |
| 2     | 4,5 | 65  | 36  | 210  | 1,6 | 75  | 5,8 |
| 3     | 4   | 77  | 44  | 215  | 4   | 75  | 6,1 |
| 4     | 3,5 | 63  | 47  | 230  | 1,5 | 80  | 2,3 |
| 5     | 3   | 74  | 35  | 212  | 1,7 | 66  | 2   |
| 6     | 2,5 | 66  | 33  | 228  | 5,2 | 65  | 5   |
| 7     | 2   | 75  | 30  | 225  | 4,5 | 60  | 1,9 |
| 8     | 1   | 65  | 50  | 215  | 4   | 65  | 2,9 |
| Сум.  | —   | 560 | 320 | 1760 | 24  | 560 | 32  |
| Сред. | —   | 70  | 40  | 220  | 3   | 70  | 4   |

Кодированная матрица показателей

|           |     |      |      |      |      |      |      |
|-----------|-----|------|------|------|------|------|------|
| 1         | 5   | +    | +    | +    | —    | +    | +    |
| 2         | 5,5 | —    | —    | —    | —    | +    | +    |
| 3         | 4   | +    | +    | —    | +    | +    | +    |
| 4         | 3,5 | —    | +    | +    | —    | +    | —    |
| 5         | 3   | +    | —    | —    | —    | —    | —    |
| 6         | 2,5 | —    | —    | +    | +    | —    | +    |
| 7         | 2   | +    | —    | +    | +    | —    | —    |
| 8         | 1   | —    | +    | —    | +    | —    | —    |
| $M_i$ «+» | —   | 3,5  | 3,75 | 3    | 2,25 | 4,25 | 4,25 |
| $M_i$ «—» | —   | 3    | 2,75 | 3,5  | 4    | 2,25 | 2,5  |
| $D_i$     | —   | —0,5 | 1    | 0,5  | 1,75 | 2    | 1,75 |
| $Z_i$     | —   | 0,07 | 0,13 | 0,07 | 0,23 | 0,27 | 0,23 |
| $Z'_i$    | —   | —    | —    | —    | 0,32 | 0,36 | 0,32 |

Подсчитывают средние значения показателей качества. Обозначают результат выше среднего знаком «+», а ниже среднего —

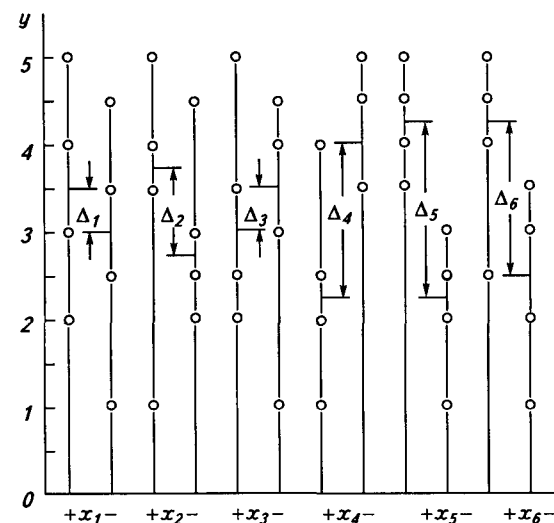


Рис. 5.2. Диаграмма рассеяния для показателей кодированной матрицы (по табл. 5.3)

знаком «—». Представляют все результаты в виде кодированной матрицы и строят по отдельным показателям диаграмму рассеяния (рис. 5.2). На диаграмме для каждого показателя на оси абсцисс откладывают значения уровней «+» и «—» и против каждого из них точками отмечают соответствующие величины оценок  $y_i$ . Находят разницу  $\Delta_i$  между значениями медиан точек на уровнях «+» и «—». Коэффициенты весомости  $Z'_i$  оцениваемых показателей определяют по формуле

$$Z'_i = \frac{\Delta_i}{\sum \Delta_i}, \quad (5.8)$$

где  $\Delta_i$  — разность медиан для показателя  $X_i$ ;  $\sum \Delta_i$  — сумма разностей медиан по всем показателям.

Существенно значимыми считают те показатели, для которых имеет место соотношение  $Z_i > 1/n$ , где  $n$  — число показателей. Их величину корректируют по формуле (5.7). В рассматриваемом примере такими показателями являются коэффициент несминаемости  $Z'_5 = 0,36$ , усадка после замачивания  $Z'_4 = 0,32$  и стойкость к истиранию  $Z'_6 = 0,32$ .

Выбрав определяющие показатели, переходят к следующему этапу оценки качества.

### 5.2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛОВЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Это второй, основной этап оценки качества. Он включает в себя разработку методов количественного измерения показателей качества и непосредственное определение с помощью этих методов числовых значений показателей качества оцениваемой продукции. Для большинства показателей качества текстильных материалов существуют стандартные методы измерений (испытаний). Многие из них были рассмотрены в гл. 2...4. В то же время следует отметить, что применительно к некоторым видам текстильных изделий, особенно бытового назначения, реализация этого этапа вызывает определенные трудности, так как количественное измерение отдельных показателей, например эстетических, является весьма затруднительным.

Методы определения числовых значений показателей качества подразделяются на две группы: первая в соответствии со способом получения информации включает в себя измерительный, регистрационный, органолептический и расчетный методы; вторая, согласно источнику получения информации, — традиционный, экспертный и социологический методы.

**Измерительный метод** основан на получении информации с использованием технических измерительных средств.

Различают следующие виды измерений.

**Прямое измерение**, при котором искомую физическую величину находят непосредственно из опытных данных. Примером такого измерения является экспериментальное определение разрывной нагрузки волокон, нитей и текстильных изделий. Значение нагрузки берут по шкале или индикатору нагрузки разрывных машин.

**Косвенное измерение**, при котором одну физическую величину определяют на основании результатов прямых измерений других физических величин, функционально связанных с искомой величиной. Например, линейную плотность пряжи, характеризующую ее толщину, определяют на основании прямых измерений другой величины — массы отрезков нити определенной длины.

**Совместные измерения** — это проводимые одновременно измерения двух или нескольких неоднородных величин для определения зависимости между ними. Например, одновременное измерение нагрузки и деформации позволяет определить характеристики прочности текстильных материалов при растяжении, изгибе и т. п. По сути, совместные измерения ничем не отличаются от косвенных измерений.

**Абсолютные измерения** основаны на прямых измерениях одной или нескольких основных величин или на использовании физи-

ческих констант. Это понятие следует рассматривать как измерение величины в ее единицах. Оно противоположно понятию *относительное измерение* — измерению отношения величины, играющей роль единицы, или измерению отношения какой-то величины к одноименной величине, принимаемой за исходную. Например, определение белизны тканей — это измерение отношения коэффициента отражения света от поверхности ткани к коэффициенту отражения света от бериллиевой пластинки, принятой за эталон.

При **статических измерениях** измеряемая величина остается постоянной во времени; при **динамических измерениях** измеряемая величина изменяется, является непостоянной во времени. Примером статического измерения может быть определение геометрических свойств текстильных материалов, а динамических — измерение натяжения нити в технологических процессах ее переработки.

**Однократное измерение** выполняется один раз, результат **многократного** получен из нескольких следующих друг за другом измерений, т. е. многократное состоит из ряда однократных измерений. Большинство измерений свойств текстильных материалов является многократными. Например, длину волокон определяют путем многократных измерений отдельных волокон. За результат многократного измерения принимают среднее арифметическое отдельных измерений.

**Технические измерения** производят с помощью рабочих средств измерений, метрологические — с помощью эталонов и образцовых средств измерений с целью воспроизведения единиц физических величин для передачи их размера рабочим средствам измерений.

При определении числовых значений показателей качества текстильных материалов обычно выполняются технические измерения с использованием различных рабочих средств измерений (см. гл. 1).

Измерительный метод определения показателей качества текстильных материалов является наиболее распространенным и во всех случаях предпочтительным. Он позволяет получить количественную характеристику исследуемого свойства с известной точностью, дает возможность определить разброс и неровноту показателя качества, оценить ошибку выборки и доверительный интервал измеряемого показателя в генеральной совокупности.

**Регистрационный метод** определения показателей качества продукции осуществляется на основе наблюдения и подсчета числа определенных событий.

Этот метод широко используется при оценке качества текстильных материалов, например при регистрации числа и вида дефектов волокон, нитей и текстильных изделий, при подсчете дефектных изделий продукции в партии, при контроле обрывности нитей в технологических процессах ее переработки и т. п.

*Дефект* — каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям.

Для текстильных материалов за дефекты принимают неволокнистые включения и пороки внешнего вида. Для волокон это «голая» тонина шерсти, склейки химических волокон, роговидные (перезрелые) хлопковые волокна, шишковатость волокон льна и т. п., для нитей — резкие утолщения и утонения по длине, для тканей — отсутствие основных и уточных нитей, нарушения переплетения, пороки печати и отделки и т. п.

Для большинства текстильных материалов дефекты принято называть пороками.

*Дефектное изделие* — это изделие, которое имеет хотя бы один дефект.

Для текстильных изделий, например тканей, дефектными считают изделия, которые по тем или иным критериям отнесены к браку.

*Брак* — продукция, передача которой потребителю из-за наличия дефектов не допускается.

Различают следующие виды дефектов.

*Явный дефект*, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, предусмотрены соответствующие правила, методы и средства. К явным дефектам относятся пороки текстильных материалов, которые учитывают при оценке их качества. Номенклатура этих пороков может изменяться в зависимости от вида и назначения материала.

*Скрытый дефект*, для выявления которого в нормативной документации, обязательной для данного вида контроля, не предусмотрены соответствующие правила, методы и средства. К скрытым дефектам текстильных материалов могут быть отнесены пороки, проявляющиеся при переработке этих материалов и эксплуатации изготовленных из них изделий (например, дефекты намотки нитей на бобины, вызывающие повышенную обрывность, «пережог» ткани при отделке, приводящий к ее преждевременному разрушению при эксплуатации, и т. п.).

*Критический дефект*, при наличии которого использование продукции по назначению практически невозможно или недопустимо. К таким дефектам относятся, например, недопустимые пороки внешнего вида ткани: дыры, масляные пятна, отсутствие уточных и основных нитей на протяженном участке, отсутствие рисунка на печатных тканях и т. п.

*Значительный дефект*, который существенно влияет на возможность использования продукции и (или) на ее долговечность, но не является критическим. Например, для ткани значительным дефектом являются распространенные пороки внешнего вида, из-за которых она переводится в пониженный сорт:

полосатость по основе и утку, разнооттеночность, зебристость, муаровый эффект и т. п.

*Малозначительный дефект*, который существенно не влияет на использование продукции по назначению и ее долговечность. Это пороки текстильных материалов, допускаемые с ограничениями (например, содержание растительных или минеральных засорений в волокнистой массе в пределах, предусмотренных нормативной документацией, незначительное утолщение нитей, допустимые пороки внешнего вида тканей и т. п.).

*Устранимый дефект*, устранение которого технически возможно или экономически целесообразно.

*Неустранимый дефект*, устранение которого технически невозможно или экономически невыгодно.

Некоторые пороки внешнего вида тканей, например местные недопустимые, устраняют путем вырезания или отмечают условным вырезом. Возможно устранение отдельных пороков путем штопки, например в шерстяных тканях. К неустранимым порокам внешнего вида относятся пороки, распространенные по всему куску, особенно сырьевые: засоренность частицами коробочек и семян для хлопчатобумажных тканей, кострой — для льняных, пилкой (репьем) — для шерстяных и т. п. Эти пороки внешнего вида практически невозможно устранить в готовых тканях.

*Расчетный метод* определения показателей качества продукции осуществляется на основе использования теоретических и (или) эмпирических зависимостей показателей качества продукции от ее параметров. Этот метод применяют главным образом при проектировании продукции, пока она еще не может быть объектом экспериментального исследования. Например, прочность проектируемой ткани, соответствующая разрывной нагрузке полосы шириной 50 мм, может быть рассчитана по ее параметрам:

$$Q_p = 0,5 \bar{P}_p n K_1 K_2,$$

где  $\bar{P}_p$  — средняя разрывная нагрузка нити;  $n$  — число нитей на 100 мм;  $K_1$  и  $K_2$  — коэффициенты, учитывающие вид переплетения ткани и прочность нити.

Расчетный метод может являться разновидностью измерительного метода определения показателей качества для реально существующей продукции. Например, относительную разрывную нагрузку нити рассчитывают как  $P_o = P_p / T$ , сН/текс, где  $P_p$  — абсолютная разрывная нагрузка, а  $T$  — линейная плотность нити, определяемая измерительным методом.

Для текстильных материалов существует большое число теоретических и эмпирических формул и методов расчета многих пока-

зателей качества в зависимости от параметров и показателей качества волокон, нитей и изделий.

Расчетный метод определения показателей качества является основным при оценке качества продукции на стадии разработки, проектирования и прогнозирования ее качества.

**Органолептический метод** определения показателей качества продукции осуществляется на основе анализа восприятий органов чувств: зрения, слуха, обоняния, осязания и вкуса. Этот метод не исключает возможности использования некоторых технических, но не измерительных и не регистрирующих средств, повышающих восприимчивость и разрешающие способности органов чувств человека (например, луп, микроскопов, микрофонов с усилителем и т. п.).

Органолептический метод широко применяют при оценке и контроле показателей качества текстильных материалов, например цвета и оттенков хлопковых волокон, отсутствия посторонних запахов у волокон шерсти и льна, колористики окрашенных нитей и тканей, особенностей художественно-колористического оформления последних, ощущения на ощупь поверхности текстильных изделий и т. п.

Органолептический метод может сочетаться с измерительным. Например, при определении прочности окраски текстильных материалов различные воздействия на них производят с помощью различных технических средств — приборов, а степень изменения первоначальной окраски после того или иного воздействия оценивают визуально.

Органолептический метод определения показателей качества неизбежен и часто является единственным для продукции, оказывающей эмоциональное воздействие на потребителя. Для текстиля, относящегося именно к такой продукции, эстетические требования при оценке ее качества являются решающими.

В органолептическом методе значения показателей качества находятся путем анализа ощущений человека, полученных на основе имеющегося у него опыта, поэтому точность и достоверность таких значений зависят от квалификации, навыков и способностей лиц, определяющих их.

Показатели качества, определяемые органолептическим методом, обычно выражаются в каких-либо условных понятиях — единицах или баллах. Хорошо известна пятибалльная шкала: отлично — 5; хорошо — 4; удовлетворительно — 3; плохо — 2 и очень плохо — 1. Могут быть семи-, девятибалльные и другие шкалы. Например, при оценке качества органолептическим методом возможны следующие градации и шкалы: очень высокое — 7; высокое — 6; выше среднего — 5; среднее — 4; ниже среднего — 3; низкое — 2; очень низкое — 1. При оценке внешнего вида ткани:

очень красивый — 9; красивый — 8; хороший — 7; хороший, но недостаточно — 6; средний — 5; несколько нежелательный — 4; нежелательный — 3; плохой — 2 и очень плохой — 1.

Возможно и другое построение шкал: для оцениваемого показателя устанавливают определенное число баллов и их допустимое снижение для различных качественных градаций. Так построены шкалы оценки эстетических показателей качества в стандартах на текстильные ткани и изделия.

Органолептический метод определения показателей качества продукции всегда субъективен, поэтому во всех случаях желателен переход от него к измерительному методу.

**Традиционный метод** предполагает традиционный (или штатный) источник информации в существующей системе определения показателей качества текстильных материалов. Это могут быть лаборатории, производственные, научно-исследовательские, сертификационные, испытательные станции, сертификационные центры и т. п.

**Экспертный метод** определения показателей качества продукции осуществляется на основе решения, принимаемого экспертами. Эксперт (от лат. expertus — опытный) — сведущее лицо, приглашаемое в спорных случаях или затруднительных ситуациях для экспертизы — исследования и разрешения какого-либо вопроса, требующего специальных знаний.

Экспертные методы широко используются для оценки показателей качества продукции в тех случаях, когда невозможно или затруднительно применить объективные методы, например измерительный, регистрационный или расчетный.

Общие принципы экспертных оценок при определении показателей качества остаются такими же, как и при определении их весомостей, однако предпочтение здесь следует отдавать очным оценкам, проводимым группой экспертов. Эти оценки должны иметь количественное выражение, желательно в единицах оцениваемого показателя. В то же время экспертные методы, как правило, применяют при органолептической оценке показателей качества продукции, поэтому при их реализации широко используют различные оценочные шкалы, например в баллах. По способам определения балльные оценки делятся на непосредственно назначаемые экспертами и получаемые в результате формализации процесса оценки. Последние, как правило, применяют для «измеряемых» показателей качества.

Обработка данных экспертной оценки заключается в подсчете сводных характеристик: среднего, среднего квадратического отклонения, коэффициента вариации.

Степень согласованности оценок экспертов может быть определена по коэффициенту вариации  $C$ . Считают, что при  $C < 10\%$

степень согласованности высокая, при  $C = 11...15\%$  — выше средней, при  $16...25\%$  — средняя, при  $26...35\%$  — ниже средней и при  $> 35\%$  — низкая.

Окончательное решение принимают при высокой или выше средней степени согласованности экспертных оценок. Повышение степени согласованности экспертного определения показателей качества может быть получено путем проведения повторных туров или исключением оценок «выскакивающих экспертов».

Для того чтобы присвоить эксперту название «выскакивающего», поступают следующим образом. Отбросив «подозреваемую» оценку  $X'$ , находят  $\bar{X}$  — среднее и  $\sigma$  — среднее квадратическое отклонение. Подсчитывают величину

$$t = \frac{|X' - \bar{X}|}{\sigma} \sqrt{\frac{m-1}{m}}, \quad (5.9)$$

где  $m$  — число экспертных оценок.

Если  $t > t_r$ , то оценку эксперта считают «выскакивающей» с вероятностью  $p \geq 0,95$  и исключают ее из расчетов. Значения  $t_r$  берут из таблицы:

|       |   |   |     |     |     |     |     |    |
|-------|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| $m$   | 3 | 5 | 7   | 10  | 12  | 15  | 30  | 60 |
| $t_r$ | 5 | 3 | 2,6 | 2,4 | 2,3 | 2,2 | 2,1 | 2  |

Если окончательное решение по определяемому показателю принимается путем голосования, то для получения достаточно высокой вероятности принятия правильного решения минимальное число голосов, при котором принимается решение большинства, выбирается в зависимости от числа экспертов следующим образом:

|                                                            |   |   |   |    |    |    |
|------------------------------------------------------------|---|---|---|----|----|----|
| Число экспертов в группе                                   | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Минимальное число голосов, при котором принимается решение | 5 | 6 | 6 | 7  | 8  | 8  |

Если число экспертов в группе больше 12, то решение принимают, пользуясь правилом: если «за» были 2/3 присутствующих.

**Социологический метод** определения показателей качества осуществляется на основе сбора и анализа мнений ее фактических или возможных потребителей. Сбор мнений может осуществляться

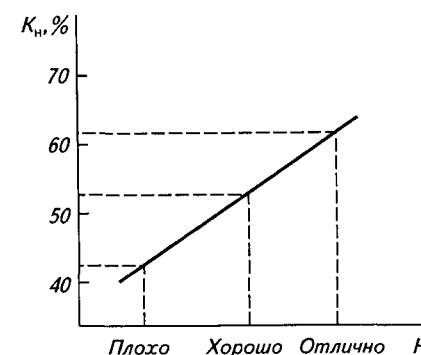


Рис. 5.3. Взаимосвязь социологических оценок несминаемости ткани  $H$  с коэффициентом несминаемости  $K_n$

ся устным опросом или с помощью анкет, путем проведения конференций, совещаний, выставок и т. п.

Социологический метод предполагает массовый опрос потребителей и поэтому, как правило, применяется для продукции широкого потребления. К такой продукции относятся текстильные изделия. Для оценки их качества социологические методы используются нередко.

Обычный потребитель при оценке показателей качества продукции чаще всего использует такие критерии, как «нравится», «не нравится», «отлично» и т. п. Такие оценки можно формализовать и перевести в количественные, используя для измерения условные единицы (баллы, ранги и т. п.), или в физические единицы. В последнем случае строят график зависимости количественного измерения оцениваемого показателя от его вербальной характеристики. Например, на рис. 5.3 показан такой график для социологической оценки несминаемости тканей.

При его построении использованы две социологические оценки несминаемости ткани, для которых измерительным методом определены коэффициенты несминаемости  $K_n$ . Приняв связь между социологическими и измерительными оценками за линейную, можно количественно измерить любую их них. Так, оценке «хорошо» будет соответствовать  $K_n = 52\%$ .

Обработку результатов социологических опросов можно производить теми же методами, что и при экспертном опросе. Зная фактические значения определяющих показателей, качество можно оценить только при известных базовых значениях этих показателей.

### 5.2.3. ВЫБОР И УСТАНОВЛЕНИЕ БАЗОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА

Это третий обязательный этап оценки качества. От выбора базовых показателей во многом зависит результат всей оценки, так как в ее основе лежит сравнение фактических показателей качества продукции с соответствующей совокупностью показателей качества базового образца (совокупностью базовых показателей).

Базовым образцом называется реально достижимая совокупность показателей качества продукции, принятых для сравнения.

На стадии разработки базовыми образцами может служить продукция, отвечающая реально достижимым перспективным требованиям (перспективный образец), или планируемая к освоению продукция, показатели качества которой заложены в техническом задании на ее разработку.

Не допускается использование в роли базового образца гипотетической (воображаемой) продукции, не прошедшей научной или инженерной проработки. В то же время базовый образец должен быть перспективным в тех случаях, если на освоение новых видов продукции может затрачиваться длительное время.

На стадии изготовления за базовые образцы принимают: выпускаемую в стране или за рубежом продукцию, показатели качества которой в момент оценки отвечают самым высоким требованиям и которая наиболее эффективна в эксплуатации или потреблении; отечественные, зарубежные и международные стандарты, регламентирующие оптимальные показатели качества продукции.

Базовый образец следует выбирать из группы, в которую должна входить продукция, представляющая значительную часть общего объема ее выпуска и реализации как у нас в стране, так и за рубежом. Эта продукция должна пользоваться устойчивым спросом на внутреннем рынке и быть конкурентоспособной на международном рынке.

Основными условиями использования требований стандартов в качестве базового образца являются:

наличие информации, позволяющей сделать вывод, что основная часть выпускаемой в стране или за рубежом продукции данного назначения соответствует принятым за базовый образец стандартам;

стандарты должны содержать показатели, не уступающие показателям качества аналогичной продукции.

Во всех случаях совокупность базовых показателей базового образца должна характеризовать оптимальный уровень качества продукции на заданный период времени.

Нахождение оптимальных показателей качества продукции обязательно связано с анализом затрат на ее создание и на эксплуатацию или потребление.

Возможны два подхода к решению этого вопроса.

Первый заключается в том, что при заданных затратах на единицу продукции определяют наилучшие показатели ее качества, обеспечивающие наибольший эффект от эксплуатации или потребления этой продукции. Такие показатели считают оптимальными. За критерий оптимизации принимают эффект от эксплуатации, а затраты при оптимизации ограничиваются.

При втором минимизируются затраты на единицу продукции, которые принимают за критерий оптимизации при заданных показателях качества, которые считаются оптимальными. Эти же показатели качества играют роль ограничения при оптимизации.

Критерий оптимизации иногда называют целевой функцией. При первом подходе стремятся к максимальному значению целевой функции, а при втором — к минимальному.

Определение оптимальных показателей качества имеет смысл только в том случае, если установлен критерий оптимизации и указаны ограничения. Вне этих условий понятие оптимальных показателей качества продукции лишено смысла. Из этого следует, что улучшение показателей качества продукции должно осуществляться таким образом, чтобы их совместный эффект был бы наилучшим при заданных затратах.

Возможны случаи, когда принятый критерий оптимизации слабо реагирует на изменения показателей качества. В таких случаях определение оптимальных показателей качества не представляет практического интереса. Поэтому работе по оптимизации показателей качества должен предшествовать тщательный анализ и выбор критериев оптимизации.

В общем виде для определения оптимальных показателей качества необходимо выполнить следующие работы:

установить обобщенный показатель качества для оценки эффекта от эксплуатации или потребления данной продукции;

выбрать единичные показатели качества, которые будут являться аргументами функции обобщенного показателя;

найти зависимость эффекта, получаемого от эксплуатации или потребления данной продукции, от затрат на изменение единичных показателей качества;

установить ограничения на затраты или на эффект;

решить задачу определения оптимальных показателей качества.

Алгоритм оптимизации показателей качества может включать в себя следующие блоки:

1 — получение исходной информации, необходимой для составления уравнений зависимости эффекта от показателей качества и различного рода ограничений;

2 — составление исходных зависимостей;

3 — прогнозирование исходных зависимостей;

4 — составление математических выражений для целевых функций;

5 — составление алгоритма оптимизации для вычисления оптимальных показателей качества и временных параметров по срокам их действия;

6 — оценка модели оптимизации;

7 — прогнозирование отдельных показателей качества;

8 — принятие решений о необходимости корректировки задачи;

9 — принятие решения об уровне показателей качества исследуемой продукции.

Целевая функция, представляющая собой зависимость эффекта, получаемого от затрат на изменение показателей качества и ограничения на затраты, или эффект, определяемый на основе теоретического анализа опыта производства и эксплуатации или потребления данной продукции.

Оптимальные показатели качества продукции при наличии целевой функции и ограничений на затраты или эффект определяются методами линейного и нелинейного программирования, динамического программирования, теории игр и статистических решений, теории оптимального управления и другими математическими методами.

Теоретическое решение, позволяющее выбрать или установить оптимальные базовые показатели качества, на практике редко реализуется. При решении реальных практических задач оценки качества пользуются более простыми методами. Так, наиболее часто за базовые показатели принимают нормы стандарта или другой технической документации. При отсутствии норм базовый показатель может быть выбран экспертным методом или рассчитан по результатам определения оцениваемых показателей. Если сравниваются оценки качества одноименной продукции нескольких вариантов, то за базовые показатели качества принимают их среднее фактическое значение, минимальный позитивный показатель сравниваемых вариантов или максимальный негативный показатель.

Собственно, в сравнении фактических определяющих показателей качества с базовыми и заключается оценка уровня качества продукции.

#### 5.2.4. СРАВНЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА С БАЗОВЫМИ

Это заключительный этап оценки качества. В зависимости от методов сравнения фактических показателей с базовыми оценка качества может быть дифференциальной, комплексной, смешанной, может носить формальный или вероятностный характер.

Выбор метода оценки качества продукции определяется целями и условиями, для которых она делается.

*Дифференциальная оценка* качества заключается в сопоставлении единичных показателей качества оцениваемой продукции с единичными базовыми показателями, установленными для продукции данного вида. Сопоставление удобно производить путем подсчета относительных показателей качества продукции. Если все они окажутся больше единицы, то оцениваемая продукция соответствует базовому образцу, например требованиям стандарта. Если хотя бы один из относительных показателей будет меньше единицы, то можно сделать заключение, что продукция не соответствует базовому образцу.

В табл. 5.4 приведены фактические, базовые и относительные значения показателей качества чистошерстяной ткани (ГОСТ 18208).

Таблица 5.4

| Показатель                                       | Базовый показатель (требования ГОСТ 18208) | Данные лабораторных испытаний ткани | Относительный показатель качества |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Ширина, см                                       | 140                                        | 140                                 | 1                                 |
| Разрывная нагрузка, даН, не менее                | 14                                         | 18                                  | 1,3                               |
| Разрывное удлинение, %, не менее                 | 8                                          | 10                                  | 1,2                               |
| Усадка после глаженья, %, не более:              |                                            |                                     |                                   |
| по основе                                        | 3,5                                        | 4,2                                 | 0,8                               |
| по утку                                          | 2                                          | 1,5                                 | 1,3                               |
| Содержание остаточного жира, %, не более         | 1,5                                        | 1                                   | 1,5                               |
| Устойчивость окраски к глаженью, баллы, не менее | 4                                          | 5                                   | 1,2                               |

Как видно из табл. 5.4, большинство относительных показателей качества ткани имеет положительную оценку, т. е. соответствует нормам ГОСТ 18208, а усадка после глаженья по основе — отрицательную. Поэтому в целом ткань оценивают не соответствующей требованиям стандарта (ведь при дифференциальном методе оценки качества действует принцип «оценка по наихудшему показателю»).

При дифференциальном методе оценки уровня качества все показатели одинаково значимы в общей оценке качества продукции. Но это не всегда оправдано, особенно если возникает вопрос о браковке продукции из-за малозначашего показателя, не оказывающего влияния на поведение продукции при эксплуатации (например, недостаточной плотности ткани по утку или по основе, незначительного снижения поверхностной плотности и т. п.).

При этом основные эксплуатационные показатели ткани, например прочность, стойкость к истиранию, несминаемость и т.п., могут значительно превышать требования норм.

Этого недостатка не имеет *комплексный метод* оценки качества, основанный на использовании обобщенного показателя, в котором объединен комплекс показателей, выбранных для оценки качества продукции. Определяющие показатели качества пересчитывают в безразмерные и с учетом коэффициентов их весомости вычисляют обобщенный показатель.

Пересчет размерных показателей качества в безразмерные может быть осуществлен с помощью рангов, баллов, относительных показателей качества или показателей желательности.

*Безразмерные ранговые оценки* могут быть дискретными и непрерывными. Они не требуют наличия норм, их можно использовать в виде оценочных показателей и для пересчета размерных показателей в безразмерные.

Как оценочные они используются следующим образом: лучшему по какому-либо показателю материалу присваивают ранг  $R = 1$ , худшему  $R = m$ , где  $m$  — число сравниваемых вариантов. Чем выше ранг, тем хуже материал по этому показателю, и наоборот. Следовательно, ранги являются негативными показателями.

При пересчете размерных показателей в безразмерные с помощью рангов тоже придерживаются этого правила. Например, имеем относительные разрывные нагрузки пяти видов нитей:  $\bar{P} 4; 8; 16; 9; 30$  сН/текс. При пересчете в безразмерные ранги получаем:  $R 5; 4; 2; 3; 1$ .

В случае негативных показателей — усадки четырех образцов ткани  $U 7; 6,9; 2,2; 2$  % имеем ранги  $R 4; 3; 2; 1$ .

Недостаток дискретных ранговых оценок заключается в том, что близкие по числовому значению показатели могут получить существенно отличающиеся друг от друга ранги. Например, значения усадки 7 и 6,9 % очень близки, а разница между рангами 4 и 3 составляет более чем 30 %. Этого можно избежать, пересчитав дискретные ранговые оценки в непрерывные.

Для позитивных показателей качества для перерасчета используется формула

$$R_{\text{н}} = R_{\text{max}} - (R_{\text{max}} - R_{\text{min}}) \left( \frac{x_i - x_{\text{min}}}{x_{\text{max}} - x_{\text{min}}} \right), \quad (5.10)$$

где  $R_{\text{max}}$  и  $R_{\text{min}}$  — максимальные и минимальные ранговые оценки худшего и лучшего показателя;  $x_i$  — показатель качества, для которого определяют непрерывный ранг;  $x_{\text{max}}$  и  $x_{\text{min}}$  — максимальный и минимальный показатели качества, оцениваемые рангами.

Например, для приведенных выше значений относительной прочности пряжи имеем

$$R_{\text{н}_2} = 5 - (5 - 1) \left( \frac{8 - 4}{30 - 4} \right) = 4,4.$$

Для негативных показателей качества перерасчет проводят по формуле

$$R_{\text{н}_i} = R_{\text{min}} - (R_{\text{max}} - R_{\text{min}}) \left( \frac{x_i - x_{\text{min}}}{x_{\text{max}} - x_{\text{min}}} \right). \quad (5.11)$$

Так, для показателей усадки ткани получим

$$R_{\text{н}_2} = 1 + (4 - 1) \left( \frac{6,9 - 2}{7 - 2} \right) = 3,94.$$

Достоинства ранговых оценок заключаются в простоте определения, возможности использования при экспертной оценке, а также в том, что для них не требуется норм. Недостатками являются отсутствие нулевой и отрицательных оценок, что может привести к положительной оценке плохого материала.

Для применения балльных оценок разработаны различные балльные шкалы.

*Балльные оценки* применяют в обратном порядке: лучшему показателю присваивают высший балл, а худшему — низший, т.е. балльные оценки являются позитивными.

Для текстильных материалов можно использовать следующую шкалу оценок (табл. 5.5).

Таблица 5.5

| Оценка            | Сорт   | Число баллов | Нормы      |            |
|-------------------|--------|--------------|------------|------------|
|                   |        |              | $\Pi(+)$   | $\Pi(-)$   |
| Отлично           | Высший | 5            | $\geq H_b$ | $\leq H_b$ |
| Хорошо            | Первый | 4            | $\geq H_1$ | $< H_1$    |
| Удовлетворительно | Второй | 3            | $\geq H_2$ | $< H_2$    |
| Плохо             | Брак   | 0            | $< H_2$    | $> H_2$    |

Первичные экспертные балльные оценки дискретны. При перерасчете размерных показателей в баллы оценки могут быть дискретными или непрерывными.

Для позитивных показателей качества дискретные баллы пересчитывают в непрерывные по формуле

$$B_{\text{н}_i}^{(+)} = B_{\text{min}} - I,$$

а для негативных — по формуле

$$B_{ni}^{(-)} = B_{\max} - I,$$

где  $I = (B_{\max} - B_{\min}) \left( \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \right)$ ;  $B_{\max}$  и  $B_{\min}$  — максимальная и минимальная оценки в баллах;  $X_{\max}$  и  $X_{\min}$  — максимальное и минимальное значения оцениваемых показателей.

Балльные оценки имеют те же достоинства и недостатки, что и ранговые.

Относительные показатели удобно использовать для перерасчета размерных показателей в безразмерные. Последние могут быть подсчитаны как при наличии норм, принимаемых за базовые значения показателей, так и при их отсутствии.

При наличии норм  $H_x$  относительные показатели подсчитывают по формуле  $P_o = X/H_x$  для позитивных показателей и  $P_o = H_x/X$  для негативных, где  $X$  — фактическое значение показателя.

При отсутствии норм для сравнительной оценки продукции нескольких вариантов за базовый показатель может быть принято среднее  $X$ ,  $X_{\max}$ ,  $X_{\min}$  или любое значение  $X$  определяющих показателей качества.

Показатель желательности — безразмерная непрерывная характеристика показателя качества, изменяющаяся от 0 до 1 и определяемая по формуле

$$d = \exp[-\exp(-y)] = e^{-e^{-y}} \text{ при } -\infty < y < \infty. \quad (5.12)$$

Для определения показателя желательности размерные показатели качества  $X$  переводят в безразмерные, используя зависимость

$$y = a_0 + a_1 x, \quad (5.13)$$

и по формуле (5.12) подсчитывают  $d$ . Коэффициенты  $a_0$ ,  $a_1$  находят с помощью данных табл. 5.6.

Таблица 5.6

| Градация качества (сорт) | $d$        | $y$         |
|--------------------------|------------|-------------|
| Отлично (высший)         | $\geq 0,8$ | $\geq 1,5$  |
| Хорошо (1-й)             | $\geq 0,6$ | $\geq 0,7$  |
| Удовлетворительно (2-й)  | $> 0$      | $> -2,0$    |
| Плохо (брак)             | 0          | $\geq -2,0$ |

Имея значения показателей качества  $X$  для двух или трех качественных градаций, по табл. 5.6 находят соответствующие им величины  $y$  и составляют систему линейных уравнений, по которым находят значения  $a_0$ ,  $a_1$ , и далее, пользуясь найденной линейной зависимостью, любое значение  $X$  переводят в  $y$ , а затем по формуле (5.12) находят  $d$ .

Например, усадка после замачивания трех тканей равна: 1-й — 1,5; 2-й — 4; 3-й — 1,7 %. Пусть усадке 0,5 % присваивается градация отлично, а 5 % — плохо. Используя формулу (5.13) и подставив в нее значения  $y$  из табл. 5.4, получают два линейных уравнения:

$$1,5 = a_0 + 0,5a_1; \quad -2 = a_0 + 5a_1.$$

Находят  $a_0 = 1,9$  и  $a_1 = -0,8$ . Переводят размерные показатели усадки ткани в безразмерные:  $y_1 = 1,9 - 0,8 \cdot 1,5 = 0,7$ ;  $y_2 = 1,9 - 0,8 \cdot 4 = -1,3$ ;  $y_3 = 1,9 - 0,8 \cdot 1,7 = 0,54$ .

Далее по формуле (5.12) находят:

$$d_1 = e^{-e^{-0,7}} = \frac{1}{1,65} = 0,61; \quad d_2 = e^{-e^{-1,3}} = 0,02; \quad d_3 = e^{-e^{-0,54}} = 0,56.$$

Подсчеты могут быть значительно упрощены, если построить трехосную номограмму (рис 5.4).

Сначала по формуле (5.12) строят график зависимости  $d = f(y)$ . На оси абсцисс  $y$  отмечают зоны четырех качественных градаций в соответствии с данными табл. 5.6. Нижняя ось служит для размерных показателей качества. Отметив в нижней части номограммы количественные показатели и соответствующие им величины  $y$ , находят две точки, через которые проводят прямую. На нижней оси рисунка даны значения усадки ткани после замачивания. Координаты точки  $A$ : усадка 0,5 %;  $y = 1,5$ ; координаты точки  $B$ : усадка 5 %;  $y = -2$ .

Для перерасчета размерного показателя усадки в безразмерный показатель желательности достаточно провести горизонталь из соответствующей точки оси размерных показателей до пересечения с прямой  $AB$ , восставить перпендикуляр из этой точки до пересечения с кривой  $d = f(y)$  и по оси  $d$  найти соответствующий показатель желательности. На рисунке это сделано для усадки 1,5 % и  $d \approx 0,61$ .

Безразмерные показатели могут использоваться для подсчета обобщенного комплексного показателя по следующим формулам.

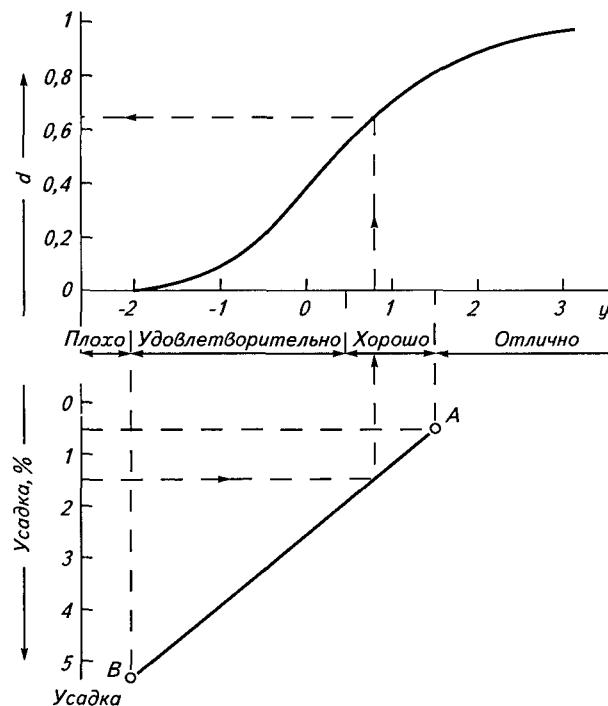


Рис. 5.4. Номограмма для нахождения значений функции желательности  $d$  для усадки ткани

Среднее арифметическое

$$K_m = P_{01}Z_1 + P_{02}Z_2 + \dots + P_{0n}Z_n = \sum_{i=1}^n P_{0i}Z_i, \quad (5.14)$$

где  $P_{0i}$  — безразмерное значение  $i$ -го показателя;  $n$  — число определяющих показателей;  $Z_i$  — коэффициент весомости  $\sum_{i=1}^n Z_i = 1$ .

Среднее геометрическое

$$G_m = P_{01}^{Z_1} P_{02}^{Z_2} \dots P_{0n}^{Z_n} = \prod_{i=1}^n P_{0i}^{Z_i}. \quad (5.15)$$

Среднее гармоническое

$$H_m = \frac{1}{\frac{Z_1}{P_{01}} + \frac{Z_2}{P_{02}} + \dots + \frac{Z_n}{P_{0n}}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{Z_i}{P_{0i}}}. \quad (5.16)$$

Средняя арифметическая оценка имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что при наличии отдельных плохих оценок, близких к нулю, общая оценка качества может оказаться достаточно высокой из-за высоких оценок остальных показателей. Поэтому при наличии отдельных дифференциальных безразмерных оценок  $P_{0i} \approx 0$  комплексные оценки по формуле (5.14) не подсчитывают, а принимают равными нулю. Средняя геометрическая и средняя гармоническая комплексные оценки не имеют этого недостатка. Для них если  $P_{0i} \approx 0$ , то  $G \approx 0$  и  $H \approx 0$ .

Рассмотрим примеры подсчета комплексных оценок для некоторых вариантов шерстяных тканей, определяющие показатели которых даны в табл. 5.3. Примем в качестве базовой усадки после замачивания  $P_{б.у} = 1,5\%$ ,  $Z'_y = 0,32$ ; коэффициент несминаемости  $P_{бн} = 60\%$ ,  $Z_n = 0,36$  и стойкость к истиранию  $P_{би} = 4$  тыс. циклов и  $Z_{и} = 0,32$ . В табл. 5.7 приведены фактические значения данных показателей для ткани вариантов 1, 3 и 5 и безразмерные относительные значения этих показателей. Средняя арифметическая комплексная оценка для ткани варианта 1, подсчитанная по формуле (5.14),  $K_1 = 1 \cdot 0,32 + 1,2 \cdot 0,36 + 1,5 \cdot 0,32 = 1,23$ . Средняя геометрическая комплексная оценка для варианта 3, подсчитанная по формуле (5.15),  $G_3 = 0,4^{0,32} \cdot 1,2^{0,36} \cdot 1,5^{0,32} \approx 0,9$ . Средняя гармоническая комплексная оценка для ткани варианта 5, рассчитанная по формуле (5.16),

$$H_5 = \frac{1}{\frac{0,32}{0,9} + \frac{0,36}{1,1} + \frac{0,32}{0,5}} = 0,75.$$

Таблица 5.7

| Костюмная шерстяная ткань варианта | Фактическая |                  |                                    | Относительный показатель |          |          | Комплексный показатель |      |      |
|------------------------------------|-------------|------------------|------------------------------------|--------------------------|----------|----------|------------------------|------|------|
|                                    | усадка, %   | несминаемость, % | стойкость к истиранию, тыс. циклов | $P_{oy}$                 | $P_{он}$ | $P_{ои}$ | $K$                    | $G$  | $H$  |
| 1                                  | 1,5         | 74               | 6                                  | 1                        | 1,2      | 1,5      | 1,23                   | 1,22 | 1,2  |
| 3                                  | 4           | 75               | 6,1                                | 0,4                      | 1,2      | 1,5      | 1,04                   | 0,9  | 0,76 |
| 5                                  | 1,7         | 66               | 2                                  | 0,9                      | 1,1      | 0,5      | 0,84                   | 0,79 | 0,75 |

Можно видеть, что по всем комплексным оценкам лучшей является ткань варианта 1, далее идет ткань варианта 3 и затем варианта 5.

Комплексные показатели используются при сравнительной оценке качества одноименной продукции нескольких вариантов в целях выборки наилучшего образца. В то же время при оценке и контроле качества по стандартам или какой-либо другой технической документации комплексные оценки применять нецелесо-

образно. Примером нецелесообразного применения комплексных оценок является показатель качества хлопчатобумажной пряжи

$$P_k = P_0 / C_p,$$

где  $P_0$  — средняя относительная разрывная нагрузка пряжи, сН/текс;  $C_p$  — коэффициент вариации по абсолютной разрывной нагрузке.

Казалось бы, комплексный показатель качества построен логично: чем больше  $P_0$  и чем меньше  $C_p$ , тем выше качество пряжи, и наоборот. Однако здесь нарушен принцип значимости квалитетрии, так как оба показателя, составляющие комплексную оценку, считаются одинаково значимыми. А это не так!  $C_p$  является гораздо более значимым для качества хлопчатобумажной пряжи, чем  $P_0$ .

*Смешанный (комбинированный) метод* оценки качества основан на использовании его единичных и комплексных показателей. Этот метод применяют, если совокупность показателей велика и один комплексный показатель недостаточно полно характеризует все особенности продукции. Например, смешанный метод оценки качества используют при определении сорта тканей и штучных изделий по стандартам, причем по большинству физико-механических показателей осуществляется дифференциальная оценка, а по порокам внешнего вида, разрывной нагрузке, поверхностной плотности, ширине и плотности — комплексная оценка в условных баллах.

*Формальная и вероятностная оценки качества* применяются, если по результатам испытания выборки нужно оценить показатель качества в генеральной совокупности (партии).

*Формальная оценка качества* заключается в сравнении сводных характеристик выборки с установленными нормами. Так как сводные характеристики выборки, например среднее арифметическое, могут отличаться от соответствующих характеристик генеральной совокупности (партии), при такой оценке качества фактически оценивается не вся партия, а лишь ее небольшая часть — выборка. Формальный перенос результатов оценки качества выборки на всю партию может привести к существенным ошибкам.

*Вероятностная оценка качества* заключается в первоначальном определении по результатам испытания выборки сводных характеристик генеральной совокупности, а затем в их сравнении с установленными нормами. В этом случае оценивается качество уже не выборки, а партии.

Вероятностная оценка качества позволяет с определенной вероятностью оценить по результатам испытания выборки показате-

ль в генеральной совокупности или вероятность приближения оцениваемого показателя к заданному базовому, например к установленной норме стандарта.

### 5.3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Контроль качества — это проверка степени соответствия текстильных материалов установленным требованиям. Современное производство невозможно представить без четкой системы контрольных операций поступающего сырья, параметров технологического процесса, полуфабрикатов и готовой продукции. Сам по себе контроль не создает качество, но оказывает на него решающее влияние. Контроль качества перерабатываемого сырья и полуфабрикатов гарантирует нормальное протекание технологического процесса и высокое качество изготовленной из них продукции. Контроль готовой продукции обеспечивает поставку потребителю продукции, качество которой соответствует его требованиям и действующей нормативно-технической документации.

Выполнение контрольных операций является неотъемлемой частью любого производства, любого технологического процесса. Нарушение установленных правил контроля может привести к тем же последствиям, что и нарушение параметров технологического процесса. Поэтому считают, что совершенствованию методов контроля должно уделяться такое же, если не большее, внимание, как и совершенствованию технологии выработки продукции. Многие фирмы довели долю расходов на приобретение контрольно-измерительного и испытательного оборудования до 35 % общих ежегодных затрат на покупку производственного оборудования. Стоимость контрольных операций для отдельных видов продукции может достигать 30 % их себестоимости.

Контроль — обязательное условие обеспечения качества продукции и управления им. Участок контроля дает информационное обеспечение системы управления качеством продукции. От объективности и оперативности информации о качестве продукции зависят правильность и своевременность решений, принимаемых по управлению качеством.

Качество и контроль качества неразрывно связаны между собой, поэтому решение задач по улучшению качества продукции предусматривает работы по совершенствованию контроля. Весь комплекс работ на предприятии по контролю факторов, определяющих качество выпускаемой продукции, выполняется в рамках технического контроля.

*Технический контроль (ТК)* — проверка степени соответствия продукции или процесса, от которых зависит качество продукции, установленным техническим требованиям.

На предприятиях текстильной и легкой промышленности наибольшее распространение получили следующие виды ТК.

По характеру воздействия на объект контроля ТК делят на пассивный и активный.

*Пассивный ТК* не предполагает активных воздействий на объект контроля. Такой ТК может применяться, если за определенный период времени нужно собрать статистическую информацию об объекте контроля, на основе анализа которой предполагается сделать те или иные выводы, принять решение и т. п. (например, контроль показателей качества волокон, нитей, полуфабрикатов прядения, готовых изделий с целью выявления влияния на них каких-либо факторов). Обычно пассивный ТК имеет место при исследовательских работах на производстве.

*Активный ТК* — основной вид контроля на предприятии. По его результатам сразу же принимаются решения об управлении технологическим процессом и обеспечении качества вырабатываемой продукции. Важно, чтобы активный ТК был максимально оперативен и не отставал от изменяющейся ситуации на производстве.

По полноте охвата ТК делится на сплошной и выборочный.

*Сплошной ТК* предполагает контроль каждой единицы продукции в партии. Примером сплошного ТК является контрольная разбраковка текстильных полотен, например тканей, по порокам внешнего вида. Не следует думать, что сплошной ТК обеспечивает 100%-ную отбраковку дефектных изделий в контролируемой партии, особенно в условиях массового производства с применением труда контролеров. Большой объем и монотонность контрольных операций неизбежно приводят к утомляемости контролеров и пропуску ими брака или неправильной оценке контролируемых показателей. Поэтому во всех случаях при сплошном ТК представляется целесообразным переход на автоматическую систему контроля, функционирующую без участия человека.

*Выборочный ТК*, при котором решение о контролируемых партии или процессе принимают по результатам проверки одной или нескольких выборок. Выборочный контроль неизбежен, если объем контролируемой партии достаточно велик или если контроль связан с разрушением продукции, образца или пробы. И то и другое характерно для большинства основных видов текстильных материалов и показателей их качества, поэтому выборочный ТК является основным и наиболее широко распространенным видом контроля в текстильной промышленности.

По периодичности проведения контроля ТК бывает непрерывным, периодическим и летучим.

При *непрерывном ТК* поступление информации о контролируемых параметрах происходит непрерывно. В текстильной промыш-

ленности такой ТК чаще всего применяют для контроля параметров технологических процессов, например скорости рабочих органов машин, температуры растворов при крашении и отделке текстильных материалов, атмосферных условий (температуры и влажности) в цехах и т. п. Осуществление непрерывного ТК требует, как правило, автоматизированных или автоматических средств измерений контролируемых параметров, встроенных в технологический процесс изготовления продукции. Для большинства показателей качества текстильных материалов такие средства измерения отсутствуют, особенно в технологических процессах их переработки, хотя работы в этом направлении являются весьма перспективными, проводятся в течение продолжительного времени и уже дали определенные результаты. Например, непрерывно контролируются линейная плотность полупродуктов прядения, поверхностная плотность ткани и т. п. Непрерывный ТК всегда является предпочтительным, так как позволяет оперативно и гибко управлять технологическим процессом и качеством вырабатываемой продукции на стадии производства.

При *периодическом ТК* поступление информации о контролируемых параметрах происходит через установленные интервалы времени. Чаще всего такие интервалы бывают равными. Этот вид ТК является основным в текстильной промышленности. Интервалы периодического ТК могут задаваться по-разному. Например, при контроле поступающего сырья это может быть время поставки отдельных партий; при контроле параметров технологического процесса — время от начала и до конца смены; для показателей качества — один раз в смену, для каждой партии, при перезаправках оборудования, его ремонте и т. п. Время и интервалы периодичности определяются значимостью контролируемого показателя и его стабильностью. Для наиболее ответственных параметров и показателей, особенно при их нестабильности, контроль должен осуществляться чаще, т. е. иметь малые интервалы периодичности. Для стабильных показателей и параметров периодичность контроля может быть увеличена.

*Летучий ТК* проводится в случайные периоды времени. Причин для такого контроля может быть несколько. Во-первых, это изменившаяся ситуация на производстве, при которой требуется дополнительная информация о контролируемом показателе или технологическом процессе для изменения принятого плана контроля. Во-вторых, летучий контроль часто имеет характер *инспекционного ТК* и осуществляется специально уполномоченными лицами с целью проверки эффективности ранее выполненного контроля.

По влиянию на объект контроля ТК может быть *разрушающим*. Пригодность объекта контроля к дальнейшему применению по

назначению при нем нарушается. Это нарушение неизбежно, ведь при разрушающем ТК используются разрушающие методы испытаний, но он всегда должен быть экономически оправдан, т. е. потери от такого контроля должны компенсироваться прибылью, получаемой благодаря снижению вероятности изготовления и поставки потребителю недоброкачественной продукции.

При *неразрушающем ТК* пригодность объекта к дальнейшему применению по назначению не должна быть нарушена. Такой вид ТК является предпочтительным практически во всех случаях, особенно при контроле продукции в технологических процессах. Применение неразрушающего ТК в этом случае позволяет сохранять непрерывность технологии изготовления продукции. Большинство текстильных технологий являются непрерывными, поэтому неразрушающий ТК широко применяется в настоящее время и имеет большие перспективы развития в будущем.

В зависимости от применяемых средств контроля ТК может быть измерительным, регистрационным и органолептическим.

*Измерительный ТК* осуществляется с использованием различных средств измерений. Этот вид ТК применяют для показателей качества продукции и параметров технологического процесса, которые можно измерить.

*Регистрационный ТК* осуществляется на основе результатов подсчета и регистрации определенных изделий и событий или качественных признаков контролируемой продукции. Такой контроль широко применяют в текстильной промышленности, например при разбраковке текстильных изделий по альтернативному признаку, контроле обрывности в прядильном и ткацком производствах, определении пороков внешнего вида нитей и чистоты волокон и т. п. При регистрационном ТК могут использоваться различные технические средства, облегчающие его проведение или повышающие его объективность.

*Органолептический ТК* применяется, если первичная информация об объекте контроля воспринимается органами чувств. Частным случаем такого ТК является *визуальный контроль*, осуществляемый органами зрения. Основным недостатком органолептического вида ТК является его неизбежная субъективность, поэтому использование органолептического ТК всегда желательно ограничивать, хотя для отдельных показателей качества текстильной продукции, например эстетических показателей, художественно-колористического оформления изделий и т. п., исключить его практически невозможно. Для повышения объективности и эффективности органолептического ТК необходима специальная профессиональная подготовка контролеров, а также использование дополнительных технических средств: образцов-эталонов, контрольных образцов, специального освещения, лупы и т. п.

Все перечисленные выше основные виды ТК реализуются на предприятиях в рамках определенной *системы ТК*. Система ТК — совокупность средств и методов контроля, исполнителей и объектов контроля, взаимодействующих по определенным правилам, установленным соответствующей нормативной документацией. Обычно система ТК на предприятии включает в себя следующие основные подсистемы:

регистрирующую, фиксирующую качество поступающего сырья и вспомогательных материалов, качество полуфабрикатов и параметры работы оборудования по переходам технологического процесса, качество готовой продукции;

аналитическую, предусматривающую анализ причин снижения качества продукции и нарушений технологического процесса;

профилактическую, отбраковывающую дефектные изделия и реализующую мероприятия по предотвращению их появления;

регулирующую, поддерживающую определенный уровень технологического процесса и качество вырабатываемой продукции.

Все эти подсистемы действуют в тесной взаимосвязи. Базовой из них является регистрирующая. Эта подсистема обеспечивает основной объем информации, необходимой для функционирования всей системы ТК.

Действующая на предприятии регистрирующая подсистема ТК имеет вид схемы или плана ТК — таблицы, включающей в себя следующие основные сведения: место контроля, объект контроля, параметры контроля, метод контроля, периодичность контроля, ответственного за контроль, объект, которому предназначены результаты контроля.

Место и вид контроля иногда указывают в заголовке таблицы. Объектами контроля могут быть вид сырья, полупродукты, готовая продукция, единица оборудования, технологический процесс или технологическая операция. Параметрами контроля (контролируемыми признаками) являются количественная или качественная характеристики свойств объекта, подвергаемого контролю. Метод контроля описывается в соответствующей графе таблицы, дается в виде приложения или ссылки на определенный документ: стандарт, методику, инструкцию и т. п.

Ответственным за контроль может быть работник данного производства, цеха или контролер ОТК.

Регистрация результатов контроля осуществляется в журнале, путем устной информации конкретного должностного лица, в виде служебной записки, докладной и т. п.

Могут существовать планы контроля в целом по предприятию, планы контроля по производствам и цехам, планы входного контроля, производственного контроля, в том числе контроля отдельных единиц оборудования и переходов, приемочного контроля.

План ТК разрабатывают на каждом предприятии одновременно с разработкой технологического процесса, неотъемлемой частью которого он является. Утверждает план ТК главный инженер предприятия по согласованию с отделом технического контроля и начальником того производства, на котором он будет использоваться.

В основных отраслях текстильной промышленности существуют инструкции, методики, рекомендации и т. п., регламентирующие содержание планов ТК.

В качестве основного документа для ТК на текстильных предприятиях целесообразно использовать стандарты предприятия (СТП), имеющие установленные форму, порядок разработки, согласования и утверждения.

Аналитическая, профилактическая и регулирующая подсистемы ТК также могут быть оформлены в виде специальных СТП по реализации основных функций ТК или управления качеством продукции (УКП) на каждом конкретном предприятии.

Координацию основных работ по техническому контролю на предприятии осуществляет *отдел технического контроля (ОТК)*, являющийся, как правило, самостоятельным структурным подразделением промышленного предприятия. Все работники цехов и других подразделений предприятия, занятые только техническим контролем, входят в состав ОТК.

*Главными задачами ОТК* являются предотвращение выпуска (поставки) продукции, не соответствующей требованиям стандартов и технических условий, утвержденным образцам (эталонам), проектно-конструкторской и технологической документации, условиям поставки и договоров, и некомплектной продукции, а также укрепление производственной дисциплины и повышение ответственности всех звеньев производства за качество выпускаемой продукции.

Предприятие может реализовывать лишь продукцию, принятую ОТК или изготовленную лицами, работающими в условиях самоконтроля. На продукцию должен быть оформлен сертификат, паспорт, формуляр или другой документ, удостоверяющий соответствие этой продукции установленным требованиям.

На предприятиях текстильной промышленности для партии готовой продукции оформляют паспорт о качестве, который содержит следующие основные реквизиты: наименование продукции, ее сорт, номер накладной, массу партий, обозначение НТД на данную продукцию, результаты определения отдельных показателей качества продукции и т. д.

Система технического контроля (техническое оснащение, режимы, методы, средства механизации и автоматизации контрольных операций) является неотъемлемой частью производ-

ственного процесса, создается одновременно с разработкой технологического производства службой главного технолога или другим подразделением, находящимся в подчинении главного инженера, или соответствующими проектно-технологическими организациями при участии ОТК либо по согласованию с ним и в обязательном порядке фиксируется в утверждаемых технологических процессах.

В процессе работы ОТК осуществляет следующие *основные функции*.

1. Обеспечивает развитие и совершенствование системы технического контроля как одного из важнейших элементов управления качеством продукции на предприятии, для чего систематически анализирует эффективность системы технического контроля и причины выпуска продукции низкого качества, предлагает способы исключения возможности поставки такой продукции потребителю, а также пути повышения производительности труда работников ОТК; организует и осуществляет внедрение прогрессивных методов самоконтроля, контроля и оценки качества продукции, в том числе активного контроля, неразрушающих, автоматических и статистических методов контроля, а также статистических методов регулирования технологических процессов, анализа и оценки качества продукции, средств механизации и автоматизации контрольных операций.

2. Осуществляет входной контроль сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий и инструмента, предназначенных для основного производства, контроль их соответствия установленным требованиям при передаче со склада на производство и из цеха в цех, операционный контроль, приемочный контроль готовой продукции с обеспечением правильности ее маркировки и другие контрольные операции, которые предусмотрены утвержденным технологическим процессом.

3. Назначает и производит непредусмотренные утвержденным технологическим процессом выборочные проверки качества готовой продукции, сырья, материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий, качества работы и состояния технологического оборудования и инструмента, условий производства, упаковки, хранения, загрузки и транспортирования продукции, сырья и материалов внутри предприятия, а также другие проверки, необходимые для обеспечения выпуска продукции в соответствии с установленными требованиями.

4. Осуществляет выборочный контроль соблюдения технологической дисциплины — соответствия производственных операций требованиям утвержденной технологической документации.

5. Оформляет документы, удостоверяющие соответствие принятой готовой продукции установленным требованиям, а также

документы, содержащие техническое обоснование для предъявления претензий поставщикам сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий и инструмента, забракованных при осуществлении входного контроля.

6. Совместно с работниками других подразделений предприятия предъявляет готовую продукцию представителю заказчика в случаях, предусмотренных условиями ее поставки.

7. Участвует в испытаниях новых и модернизированных образцов продукции, их запуске в производство, а также в согласовании технической документации на эту продукцию с целью обеспечения условий эффективного контроля ее качества.

8. Принимает участие в организации сбора, проведении анализа и обобщении статистических и других данных об эксплуатационных и потребительских свойствах выпущенной продукции, в анализе причин возникновения дефектов продукции в процессе ее производства, а также в разработке мероприятий по устранению выявленных недостатков и предупреждению брака, осуществляет контроль за реализацией и эффективностью этих мероприятий.

9. Ведет учет претензий на несоответствие поставленной предприятием продукции установленным требованиям и подготавливает для предоставления в установленном порядке отчеты о качестве продукции по утвержденной форме.

10. Участвует в работах по присвоению продукции категории «продукция улучшенного качества».

11. Контролирует выполнение работ по изолированию забракованной продукции и соответствующей ее маркировке.

12. Осуществляет периодический выборочный контроль качества продукции, выпускаемой цехами, участками, бригадами и отдельными работниками, переведенными на самоконтроль.

13. Принимает участие в подготовке договоров на поставку предприятию предназначенных для основного производства сырья, материалов, полуфабрикатов, комплектующих изделий и инструмента в части согласования их приемки по качеству.

14. Разрабатывает предложения о повышении требований к качеству изготавливаемой и потребляемой продукции; о совершенствовании нормативно-технической документации, устанавливающей эти требования; о совершенствовании организации и стимулирования выпуска продукции высокого качества и борьбы с выпуском недоброкачественной продукции.

Перечисленные выше основные функции ОТК могут быть дополнены или скорректированы на каждом конкретном предприятии с учетом специфики его работы.

На предприятиях текстильной промышленности функции ОТК регламентируются в специально утверждаемом положении об ОТК, стандартах предприятия по техническому контролю каче-

ства продукции или управлению им. Перечень этих функций целесообразно оформлять в виде организационно-функциональной структуры ОТК — таблицы, диаграммы или какого-либо другого графического изображения, в котором указываются наименование функции, периодичность ее выполнения, ответственный за реализацию данной функции, ссылка на документ, где дается подробное описание методики работ по данной функции, и т. п.

На промышленных предприятиях, в том числе на предприятиях текстильной промышленности, в системе ТК и организации работы ОТК выделяют входной, приемочный и производственный ТК.

### 5.3.1. ВХОДНОЙ ТК

Входной ТК — контроль продукции поставщика, поступившей к потребителю или заказчику и предназначенной для использования при изготовлении, ремонте или эксплуатации продукции.

На предприятиях текстильной промышленности объектами входного ТК могут быть волокна и обороты производства, текстильно-вспомогательные материалы, продукты чесания, ровница, нити, суровые ткани и т. п., причем готовая продукция одного предприятия, например пряжа прядильной фабрики, может быть сырьем для другого предприятия — ткацко-отделочной фабрики.

Каждая партия поступающего на предприятие сырья имеет соответствующий документ (паспорт, сертификат и т. п.) о качестве, оформленный поставщиком. При входном ТК проверяют соответствие фактических показателей качества поступившего сырья данным, указанным в сопроводительном документе о качестве, т. е., по существу, входной ТК контролирует данные поставщика, дублируя тем самым все необходимые при этом испытания показателей качества поступившего сырья. В этом заключается элемент недоверия к поставщику, чего не должно быть между предприятиями-партнерами (заказчиком и поставщиком), поэтому входной ТК следует рассматривать как вынужденную меру, необходимую для установления связей и формирования взаимоотношений с поставщиками сырья и комплектующих изделий. Если прочные и долговременные связи с поставщиком, которому предприятие-потребитель полностью доверяет, установлены, то входной контроль может быть исключен или произведен не в полном объеме, т. е. контролироваться может не каждая поступающая партия сырья и не по всему комплексу показателей. При долговременном партнерстве с поставщиком необходимость во входном контроле сводится к минимуму или полностью отпадает. Такого положения

можно добиться только одним путем — путем четкой организации и высокой эффективности входного контроля.

Входной ТК на предприятиях текстильной промышленности осуществляется специальным подразделением, входящим в состав ОТК. Методы входного контроля зависят от вида поступающих материалов и распространяющихся на них требований нормативно-технической документации.

Входной ТК для большинства волокон предусматривает контроль следующих показателей:

- толщины и длины волокон;
- разрывной нагрузки и удлинения при разрыве;
- фактической влажности;

внешних признаков — наличия пороков волокон и неволоконистых включений, жира (для шерсти) и замасливателя (для химических волокон).

В качестве дополнительных показателей при оценке качества отдельных видов волокон используют общую неровноту по прочности и гибкости ( $H_p$ ,  $H_r$ ) у чесаного льна, среднее квадратическое отклонение по толщине у волокон шерсти, долю длинных волокон в их общем количестве и т. п.

В зависимости от показателей качества установлены градации качества и сорта текстильных волокон.

Качество партии натуральных волокон оценивается путем их сравнения со стандартными образцами (эталоны), утвержденными в установленном порядке, и на основе лабораторного определения показателей качества. В спорных случаях оценка осуществляется только на основе лабораторных исследований. Качество химических волокон всегда оценивается только в лаборатории.

Входной ТК большинства текстильных нитей предусматривает контроль следующих определяющих показателей качества: линейной плотности, коэффициента крутки, крутки (для шелковых и химических нитей), относительной разрывной нагрузки, удлинения при разрыве (для шелковых и химических нитей), пороков внешнего вида и дефектов намотки, неровноты по линейной плотности и разрывной нагрузке.

Контролируемые дополнительные показатели качества для пряжи и нитей различного волокнистого состава — качественный состав сырья (для шерстяной пряжи); содержание различных волокон (в смешанной пряже); структура нитей и пряжи (ГОСТ 16736); вид отделки, интенсивность и прочность окраски; размеры и масса паковок пряжи и нитей; относительная разрывная нагрузка и удлинение в мокром состоянии (для вискозных нитей); жесткость при кручении (для вискозных нитей) по ГОСТ 9706 и ГОСТ 8871, белизна и степень мерсеризации (для хлопчатобумажных, штапельных и химических волокон, смешанных нитей и пряжи,

вырабатываемых хлопчатобумажным способом прядения для трикотажного и текстильно-галантерейного производства); содержание серы (для вискозных нитей); усадка (для капроновой нити, ГОСТ 15897) и др.

Для некоторых нитей нормированы специальные показатели, например характеристика диэлектрических свойств полистирольных нитей (ГОСТ 12851), применяемых для изоляции кабелей.

Для номинальных показателей качества пряжи и нитей в стандартах установлены допустимые отклонения, например по линейной плотности, крутке и т. п.

Для большинства текстильных нитей в стандартах установлено два или три сорта: высший, I и II; высший, I, II и III. Льняная и оческовая пряжа делится на группы (специальная, высокая, средняя, обыкновенная), а внутри групп — на два сорта: I и II.

При организации входного ТК основное внимание должно быть уделено получению объективной информации о качестве поступающего сырья. Это требование удовлетворяется путем отбора репрезентативной выборки для контрольных испытаний, применением современных методов измерений и статистических методов контроля. При входном ТК инструментальные методы измерения контролируемого показателя всегда должны быть предпочтительнее органолептических.

Для контроля качества отдельных волокон успешно используются испытательные комплексы, позволяющие быстро и объективно измерить несколько параметров контролируемого сырья, (например, Spinlab для волокон хлопка, Atlas для немытой шерсти и др.).

Полностью исключить или значительно упростить входной ТК на предприятии могут центры сертификации текстильных материалов, расположенные в районах с развитой текстильной и легкой промышленностью.

Входной ТК большинства текстильных материалов является выборочным, поэтому для интерпретации его результатов используют статистические методы.

Если при входном ТК результаты испытаний выборки сравнивают с установленными нормами или требованиями для контролируемого показателя, то такой контроль считается формальным. При этом оценивается лишь небольшая часть партии, из которой составлена выборка. При таком контроле возможна неправильная оценка каждой второй партии.

Статистический контроль основан на методах математической статистики и в отличие от формального контроля позволяет с заданной достоверностью принимать решение о качестве всей контролируемой партии, а не только выборки. Такой контроль еще называют вероятностным, или выборочным. Сущность его заключа-

ется в том, что по результатам испытания выборки оценивают контролируемый показатель в генеральной совокупности — партии и сравнивают его с нормативным показателем.

Наиболее простым является статистический контроль по среднему арифметическому измеряемого показателя. Для позитивного показателя  $X$  определяют выборочное значение  $\bar{X}_b$ , по его величине с помощью доверительного интервала оценивают в партии  $\bar{X}_r$  и сравнивают с нормой  $H_{\bar{X}}$ . Если  $\bar{X}_r \geq H_{\bar{X}}$ , то партию оценивают положительно. При  $\bar{X}_r < H_{\bar{X}}$ , ее бракуют.

При  $\bar{X}_b > H_{\bar{X}}$  для расчетов используют формулу

$$\frac{\bar{X}_b - H_{\bar{X}}}{\sigma_b} \sqrt{n} = U_{P=1-\alpha}, \quad (5.17)$$

где  $\sigma_b$  — среднее квадратическое отклонение выборки объемом  $n$ ;  $U$  — квантиль нормального закона (берется по специальным таблицам);  $P$  — вероятность приемки партии по контролируемому показателю;  $\alpha$  — риск поставщика — наибольшая вероятность браковки партии, соответствующей по контролируемому показателю установленной норме.

Например, при контроле прочности партии нитей было проведено  $n = 100$  испытаний и получены выборочные значения  $\bar{P}_p = 102$  сН и  $\sigma_p = 10$  сН. Для нити из этой партии установлена норма

прочности  $\bar{H}_p = 100$  сН. Находим  $U_{P=1-\alpha} = \frac{102-100}{\sqrt{100}} = 2$  и для

данного значения  $U$  имеем вероятность приемки  $P \approx 0,98$ . С такой вероятностью можно утверждать, что в контролируемой партии

средняя разрывная нагрузка нити  $\bar{P}_r$  будет равна установленной норме  $\bar{H}_p = 100$  сН или больше нее. Вероятность, что это не так, или риск поставщика, будет  $\alpha = 1 - 0,98 = 0,02$ .

Если  $\bar{X}_b < H_{\bar{X}}$ , то определяют вероятность браковки  $q$ :

$$\frac{H_{\bar{X}} - \bar{X}_b}{\sigma_b} \sqrt{n} = U_{q=1-\beta}, \quad (5.18)$$

где  $\beta$  — риск потребителя, или наибольшая вероятность приемки (положительной оценки) партии, не соответствующей по контролируемому показателю норме.

Между  $P$  и  $q$  существует соотношение  $P = 1 - q$ .

Для негативного показателя приведенные выше формулы оценки вероятности приемки  $p$  и вероятности браковки  $q$  следует записать как

$$\frac{H_{\bar{X}} - \bar{X}_b}{\sigma_b} \sqrt{n} = U_{p=1-\alpha} \quad \text{и} \quad \frac{H_{\bar{X}} - \bar{X}_b}{\sigma_b} \sqrt{n} = U_{q=1-\beta}. \quad (5.19)$$

Например, при контроле усадки синтетического волокна имеем:  $n = 9$ ;  $\bar{X}_b = 2,3\%$ ,  $\sigma_b = 0,7$ ,  $H_{\bar{X}} = 2,0\%$ . Так как  $\bar{X}_b > H_{\bar{X}}$ , для негативного показателя находим вероятность браковки

$$U_q = \frac{2,3-2}{0,7} \sqrt{9} > 1,3 \quad \text{и} \quad q > 0,9; \quad \text{риск потребителя } \beta = 0,1, \text{ т. е. данная}$$

партия волокон должна быть забракована из-за усадки волокон.

При известных  $H_{\bar{X}}$ ,  $H_\sigma$  и  $n$  можно по приведенным выше формулам построить график для определения  $P$  и  $q$ . Такой график называют кривой вероятности приемки (КВП), или оперативной характеристикой плана контроля. Например, для удлинения химической нити при разрыве:  $H_{\bar{X}} = 5\%$ ;  $H_\sigma = 0,6\%$  и  $n = 25$ .

Задаемся величинами  $p$  0,99; 0,95; 0,9; ...; 0,1; 0,05 и 0,01. Находим соответствующие  $U_p$ : 2,32; 1,64; 1,28. Решаем уравнение (5.18)

относительно  $\bar{X}_b = \frac{U_p \sigma_b}{\sqrt{n}} + H_{\bar{X}}$  для каждого значения  $P$ . Так, для

$$P = 0,99 \quad U_p = 2,32 \quad \text{и} \quad \bar{X}_b = \frac{2,32 \cdot 0,6}{\sqrt{25}} + 5 = 5,28. \quad \text{Результаты расчетов}$$

даны в табл. 5.8.

Таблица 5.8

| $P$         | 0,99  | 0,95  | 0,9   | 0,8   | 0,7   | 0,6   | 0,5 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| $U_p$       | 2,32  | 1,64  | 1,28  | 0,84  | 0,52  | 0,25  | 0   |
| $\bar{X}_b$ | 5,28  | 5,2   | 5,15  | 5,1   | 5,06  | 5,03  | 5   |
| $P$         | 0,4   | 0,3   | 0,2   | 0,1   | 0,05  | 0,01  | —   |
| $U_p$       | -0,25 | -0,52 | -0,84 | -1,28 | -1,64 | -2,32 | —   |
| $\bar{X}_b$ | 4,97  | 4,94  | 4,9   | 4,85  | 4,8   | 4,72  | —   |

График КВП показан на рис. 5.5. Там же даны пример нахождения  $P$  в зависимости от  $\bar{X}_b$  и его значения для  $\alpha$  и  $\beta$ , обычно применяемых при статистическом контроле.

Статистический контроль по качественному признаку заключается в делении единиц продукции, взятых в выборку, на несколько групп качества. Такой контроль чаще всего выполняют на альтернативной основе, т. е. «годная продукция» или «дефектная продукция» (например, нормальная по намотке паковка пряжи или дефектная).

От партии, состоящей из  $N$  изделий, отбирают выборку  $n$  изделий, забраковывают ее и подсчитывают  $m$  — число дефектных изделий в ней. По  $m$  или  $C = m/n$  — доле дефектных единиц в выбор-

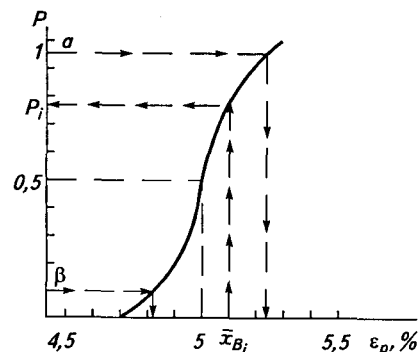


Рис. 5.5. Кривые вероятности приемки по удлинению при разрыве нити  $X_6$

ке оценивают  $M$  — число дефектных изделий в партии или  $q = M/N$  — уровень входной дефектности, т. е. долю дефектных единиц в партии, поступившей на контроль. Этот уровень сравнивают с установленными требованиями. Оценка по выборочному числу или выборочной доле дефектных единиц продукции в партии производится с помощью верхней границы доверительных интервалов при известном законе распределения  $m$ . Чаще всего используют три основных закона распределения случайных дискретных величин: гипергеометрический, при котором объем выборки соизмерим с объемом партии; биномиальный, если  $n \leq 0,1N$ , и (наиболее часто) — закон распределения Пуассона, если выполняются условия  $n \leq 0,1N$  и  $q \leq 0,1$ .

Для закона распределения Пуассона число дефектных единиц продукции в партии будет определяться как

$$M_H = \frac{mN}{nr_1} \text{ и } M_B = \frac{mN}{nr_3},$$

где  $r_1$  и  $r_3$  — коэффициенты, зависящие от  $m$  и принятой доверительной вероятности  $\gamma$  (даны в табл. 5.9 для  $\gamma = 0,95$ ).

Таблица 5.9

| $m$   | 1    | 2    | 3    | 5    | 10   | 20   |
|-------|------|------|------|------|------|------|
| $r_1$ | 19,5 | 5,63 | 3,66 | 2,54 | 1,83 | 1,51 |
| $r_3$ | 0,21 | 0,32 | 0,39 | 0,48 | 0,59 | 0,69 |

Для бездефектной выборки при  $m = 0$   $M_H = 0$ , а  $M_B = \frac{r_0 N}{n}$ , где  $r_0$  для вероятности 0,95 равно 3.

Например, из партии пряжи, состоящей из  $10^4$  початков, отобрали 50, среди которых было три дефектных. Требуется определить возможное число дефектных паковок в партии при вероятности 0,95 для распределения Пуассона. Имеем  $r_1 = 3,66$  и  $r_3 = 0,39$ , находим

$$M_H = \frac{3 \cdot 10^4}{50 \cdot 3,66} = 163,9 \approx 164 \text{ початка}; M_B = \frac{3 \cdot 10^4}{50 \cdot 0,39} = 1538,5 \approx 1539 \text{ па-}$$

ковок. Для контроля принимаем  $M = 1539$ .

Если используется  $C$  — доля дефектных изделий в выборке, то нижняя и верхняя доверительные границы входной дефектности

определяют как  $q_H = \frac{C}{r_1} = \frac{C}{r_3}$ . Для приведенного выше примера имеем  $q_H = \frac{0,06}{0,39} = 0,15385$ . Для контроля принимаем  $q = 0,16$ .

На практике статистический контроль по альтернативному признаку обычно осуществляют следующим образом. Для заданного объема партии  $N$  устанавливают приемочный  $q_n$  и  $q_6$  — браковочный уровни  $q$ . Исходя из этих величин для выборки объемом  $n$  рассчитывают предельные значения  $C$  — числа дефектных изделий в выборке, при изменении которых в большую или меньшую сторону партия будет браковаться или приниматься с заданной вероятностью.

КВП статистического контроля по альтернативному признаку в случае распределения числа дефектных единиц продукции в выборке по закону Пуассона строится следующим образом.

Задаются объемом выборки  $n$  и приемочным числом  $C$  так, чтобы наиболее вероятное число дефектных изделий в выборке  $a = nq \leq 10$ , где  $q$  — уровень входной дефектности контролируемых партий.

Например, при  $C = 1$  и  $n = 50$  для вероятности приемки

$$P_\alpha = 0,84 \quad q = 100 \frac{0,7}{50} = 1,4 \%$$

Используя значения вероятности приемки (табл. 5.10), строят

КВП для заданных  $n$  и  $C$ , определив  $q = 100 \frac{a}{n}$ .

В табл. 5.11 приведены результаты таких расчетов для произвольно выбранных  $P_\alpha$  при  $n = 50$  и  $C = 1$ , а на рис. 5.6 показана построенная по ним КВП, на которой отмечают взаимосвязанные значения риска поставщика  $\alpha = 1 - P_\alpha$  и приемлемого уровня входной дефектности  $q_a$ .

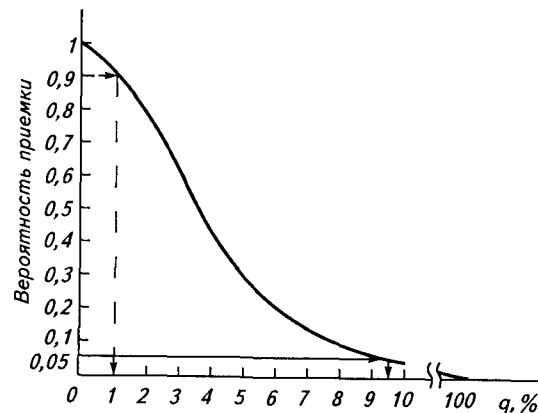
Таблица 5.10

| $a$  | Вероятность приемки $P_a$ при $C$ , равном |      |      |      |      |      |
|------|--------------------------------------------|------|------|------|------|------|
|      | 0                                          | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
| 0    | 1                                          | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| 0,05 | 0,95                                       | 1    | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    |
| 0,1  | 0,90                                       | 0,99 | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    |
| 0,2  | 0,82                                       | 0,98 | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    |
| 0,3  | 0,74                                       | 0,96 | ↓    | ↓    | ↓    | ↓    |
| 0,5  | 0,61                                       | 0,91 | 0,99 | ↓    | ↓    | ↓    |
| 0,7  | 0,5                                        | 0,84 | 0,97 | 0,99 | ↓    | ↓    |
| 1    | 0,37                                       | 0,74 | 0,92 | 0,98 | ↓    | ↓    |
| 2    | 0,14                                       | 0,41 | 0,68 | 0,86 | 0,95 | 0,98 |
| 3    | 0,05                                       | 0,2  | 0,42 | 0,65 | 0,82 | 0,92 |
| 4    | 0,02                                       | 0,09 | 0,24 | 0,43 | 0,63 | 0,78 |
| 5    | 0,01                                       | 0,04 | 0,12 | 0,26 | 0,44 | 0,62 |
| 8    | 0                                          | 0    | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,19 |

Таблица 5.11

| $P_a$   | $\approx 1$ | 0,96 | 0,74 | 0,41 | 0,2 | 0,09 | 0,04 |
|---------|-------------|------|------|------|-----|------|------|
| $a$     | 0           | 0,3  | 1    | 2    | 3   | 4    | 5    |
| $q, \%$ | 0           | 0,6  | 2    | 4    | 6   | 8    | 10   |

В этом случае  $\alpha = 0,1$  — наибольшая вероятность забраковки партии с приемлемым уровнем  $q_a \approx 1 \%$ . Риск потребителя  $\beta$  определяет наибольшую вероятность принятия контролируемой партии, имеющей неприемлемый (бракуемый) уровень входной дефектности.

Рис. 5.6. Кривая приемки по альтернативному признаку при  $c = 1$  и  $n = 50$ 

## 5.3.2. ПРИЕМОЧНЫЙ ТК

Приемочный ТК — контроль продукции, по результатам которого принимается решение о ее пригодности к поставкам и (или) использованию.

На предприятиях текстильной промышленности объектами приемочного ТК могут быть самые разные виды продукции. Для предприятий первичной обработки это волокна, для чесальных и прядильных — чесанные материалы, лента, ровница, пряжа, для ткацких — суровые ткани; для других предприятий текстильной промышленности — различные виды готовой продукции: ткани, трикотажные полотна и изделия, нетканые материалы, текстильно-галантерейные и валяльно-войлочные изделия, крученые и плетеные изделия различного назначения и т. п.

Параметры приемочного ТК определяются видом продукции и требованиями стандартов, в соответствии с которыми эта продукция выпускается.

Приемочный ТК предусматривает определение сорта изготовленной или поступившей на контроль партии и отбраковку нестандартной продукции.

Сорт — это градация продукции определенного вида по одному или нескольким показателям качества, установленная в нормативно-технической документации.

Для основных видов продукции текстильного производства (тканей, трикотажных и нетканых полотен) устанавливают два (I, II) или три (I, II, III) сорта, которые присваивают ей в зависимости от художественно-эстетических и физико-механических показателей, а также пороков внешнего вида.

Для тканей, трикотажных и нетканых полотен независимо от назначения в стандартах нормируют: состав сырья, линейную плотность нитей, плотность (число нитей в 10 см ткани или число петель в 10 см трикотажа), геометрические размеры (ширину для мерных полотен), поверхностную плотность, разрывную нагрузку, устойчивость окраски, художественно-эстетические показатели, ограничения по порокам внешнего вида. Кроме того, в зависимости от назначения изделий дается номенклатура показателей, многие из которых были рассмотрены в гл. 4.

По художественно-эстетическим показателям каждая единица продукции оценивается органолептически и сравнивается с образцом (эталон). Оценка носит альтернативный характер: продукция соответствует или не соответствует образцу (эталону).

Требования к большинству физико-механических показателей, заданных в виде предельных значений, установлены в стандартах едиными для всех сортов.

Определение сорта в зависимости от физико-механических показателей производится путем сравнения фактических данных, полученных при испытании, с нормами стандарта.

При *оценке сорта по порокам внешнего вида* учитывают распространенные и местные пороки, недопустимые и допускаемые с ограничением.

Распространенными пороками называют пороки внешнего вида, встречающиеся на всей площади изделия. В тканях встречаются следующие пороки внешнего вида.

*Засоренность* хлопчатобумажных, льняных и полульняных (смешанных) тканей, выражающаяся в наличии на поверхности растительных частичек, закрепленных в пряже. Для хлопчатобумажных тканей это частички коробочек, листьев и стеблей хлопчатника, для льняных — древесные частички стебля льна. Причина засоренности — плохая очистка сырья при подготовке к прядению.

*Присутствие мертвого волокна (волоса)* в хлопчатобумажных и шерстяных тканях — наличие на поверхности огрубленных волокон, резко отличающихся от основной массы. Причина — плохая сортировка сырья.

*Релье* на шерстяных тканях. Причина — плохая очистка сырья при карбонизации и чесании.

*Мушковатость* — порок тканей различного волокнистого состава, особенно вырабатываемых с использованием химических волокон. При мушковатости спутанные маленькие комочки волокон — «мушки» — прочно удерживаются на поверхности ткани. Основная причина — низкое качество прочеса при подготовке волокон к прядению. Возможно образование «мушек» при подготовке нитей к ткачеству, а также в процессе ткачества при обрыве и перепутывании отдельных волокон в нитях.

*Шишковатость* — наличие небольших утолщений пряжи, распространенных по всей площади ткани. Этот порок может встречаться у тканей различного волокнистого состава. Причина — использование недоброкачественной, «шишковатой» пряжи, получающейся из-за различных нарушений технологии прядения.

*Зебристость и переслежистость* наблюдается у тканей различного волокнистого состава и выражается в наличии на поверхности, как правило, по утку, участков нитей, толщина которых отличается от толщины нитей основного фона ткани. Из-за этого ткань имеет мелкие полосы, хаотично расположенные на поверхности. Причина — низкое качество пряжи, заключающееся в периодической неровноте, вызванной разладкой прядильного оборудования.

*Полосатость по основе и утку* — наличие вдоль основы или утка участков, отличающихся по тону от основного фона ткани. Граница полос четко выражена. Полосатость может наблюдаться как у окрашенных, так и у неокрашенных тканей различного волокни-

того состава. Причин полосатости может быть несколько. Это, например, заработка вдоль основы или утка нитей, отличающихся по толщине или крутке от нитей основного фона. Полосатость по утку может быть обусловлена использованием уточной пряжи, имеющей длинноволновую периодическую неровноту. Неравномерное натяжение основных и уточных нитей в процессах подготовки к ткачеству и непосредственно в ткачестве часто является причиной полосатости, особенно тканей из синтетических волокон. Нарушения в работе отделочного оборудования или в технологии отделки также могут быть причиной полосатости.

*Разнооттеночность* (неровнота крашения) выражается в наличии участков ткани, тон которых отличается от тона ткани. При этом имеет место сравнительно плавный переход от тона одного участка к тону другого. Основная причина — нарушение технологии заключительной отделки тканей.

*Гофристость* — образование небольших волн (гофр) на поверхности ткани. Может встречаться у тканей различного волокнистого состава из-за нарушения технологии операции заключительной отделки, например каландрирования.

*Перекося ткацкого рисунка*. Основная причина — нарушение технологии ткачества и заключительной отделки.

*Растраф* — основной распространенный порок отделки (печати), при котором отдельные цветные части печатного рисунка ткани попадают не на свои места, в результате этого между отдельными контурами остаются просветы. Причина — разладка отделочного (печатного) оборудования.

К распространенным порокам относятся и другие пороки отделки, встречающиеся на всем куске ткани. Эти же пороки могут быть и местными.

В тканях I сорта распространенные резко выраженные пороки внешнего вида, как правило, не допускаются. В тканях II сорта допускается не более одного распространенного порока.

Местные пороки встречаются на ограниченной площади изделия. В зависимости от причин возникновения они могут быть сырьевыми и технологическими. Наиболее частыми являются местные пороки тканей, рассмотренные ниже.

*Утолщенные нити основы и утка*, отличающиеся от нитей основного фона ткани. Причина — заработка в ткань нитей большей, чем нужно, толщины или наличие протяженных утолщений в нитях из-за различных разладок оборудования при прядении.

*Местные утолщения нитей* — непропряды, жгуты, шишки, слеты, спуски, сукрутины и т. п. Непропряды, жгуты и шишки — это утолщения пряжи на коротких участках, вызванные низким качеством прочеса, плохой работой вытяжных приборов, попаданием в пряжу пуха, неправильным присучиванием и т. п. Слеты, спус-

ки, сукрутины — уточные петельки на поверхности ткани, получающиеся при сходе лишних витков с уточной шпули. Причина — низкое качество утка или его неправильная подготовка к ткачеству (перекрученный уток, слабая или тугая намотка утка на шпулю, отсутствие запаривания утка и т. п.).

**Близны** — просветы в ткани по основе. Близны особенно заметны на тканях с открытым переплетением и являются основным и наиболее часто встречающимся пороком ткачества. Причины — обрыв нитей основы из-за их низкого качества или из-за высокого натяжения и неправильная работа основонаблюдательного (ламельного) механизма.

**Пролеты** — просветы ткани по утку. Причина — обрыв уточной нити при сматывании ее со шпули.

**Недосека** — резко выраженные сравнительно узкие уточные полосы по всей ширине ткани из-за пониженной плотности по утку. Причина — разладка ткацкого станка.

**Забойны** — резко выраженные сравнительно узкие уточные полосы по всей ширине ткани из-за повышенной плотности по утку. Причина — разладка ткацкого станка.

**Глянсуусы** — уточные стяжки. Появляются из-за неравномерного натяжения уточных нитей.

**Обрыв основы** — одновременный обрыв нескольких основных нитей, при ликвидации которого на поверхности ткани остается заметный след.

**Парочки** — резко выступающие нити основы. Причина — неправильное расположение нитей при проборке основы или дефекты берда.

**Подплетины** — обрыв, перепутывание и неправильное переплетение нескольких основных нитей. Причина — разладка ткацкого станка.

**Поднырки (скобочки)** — неправильное переплетение нитей основы и утка на небольших участках. Причина — провисание нитей основы из-за слабого натяжения, нарушение зевобразования.

Кроме перечисленных выше пороков в процессе ткачества на ткани могут появляться масляные и ржавые пятна, пробоины, просечки, дыры, проколы, рваная кромка и т. п. Причина — небрежное и неправильное обслуживание ткацкого станка.

Некоторые пороки внешнего вида тканей, вызванные низким качеством нитей, а также возникающие в процессе ткачества, могут быть устранены при отделке. Но нарушения в работе отделочного оборудования приводят к появлению других пороков, которые можно разделить на несколько групп.

**Пороки опаливания:** неполное опаливание, из-за которого на ткани остаются участки с торчащими волокнами и пухом; пережог — желтые пятна, понижающие прочность ткани.

**Пороки отбеливания:** непобеление — желтоватые пятна или оттенки на ткани; перебеливание, выражающееся в уменьшении прочности ткани из-за применения белильных растворов высокой концентрации, более длительного, чем нужно, отбеливания, несоблюдения температурного режима и т. п.

**Пороки валки:** завалы — полосы на поверхности ткани из выпуклостей и впадин; протиры — ослабленные тонкие участки ткани.

**Пороки стрижки и ворсования:** ворсованные и выстриженные плешины, плохое ворсование — неровный по длине ворс; проворсовывание — глубокое ворсование, ослабляющее ткань; ворсованные и выстриженные дорожки и т. п.

**Пороки гладкого крашения:** непрокрас — непрокрашенные участки ткани; разноцвет — темные и светлые полосы по утку; слабая и темная середина — полосы по основе из-за неправильной установки отжимных валов.

**Пороки печати:** затаски — пятна из краски из-за попадания лишнего красителя на печатный вал; пятна из краски из-за дефектов печатного вала; затек краски по грунту; печатные засечки — непрокрашенные участки ткани; полосы от останова красильных и печатных машин; подмачивание, належки, засечки, замины, плохая вытравка и т. п.

Как при ткачестве, так и при отделке из-за небрежного и неправильного обслуживания оборудования на ткани могут появиться масляные и грязные пятна, дыры и протиры, рваная и загнутая кромка и т. п.

Пороки внешнего вида ткани оценивают визуально, путем ее просмотра с лицевой стороны, как правило, в отраженном свете, а в некоторых случаях — в проходящем свете, на браковочном столе или на мерильно-браковочной машине. Для объективного определения распространенных пороков внешнего вида используют специальные эталоны, которые согласовываются между поставщиком и потребителем и утверждаются в установленном порядке.

Ниже описаны недопустимые грубые пороки внешнего вида тканей, подлежащие вырезанию на предприятии-изготовителе или (по согласованию с потребителем) отмечаемые условным разрезом или вырезом.

В хлопчатобумажных тканях (ГОСТ 161): дыры, подплетины, оторванная основа на длине более 1 см, одиночные пятна диаметром более 2 см, масляный уток длиной более 1 см, недосеки более 5 нитей на 1 см, швы, полосы от останова красильной или печатной машины; красильные и печатные засечки, участки без ворса и начеса длиной более 5 см; нарушение ткацкого рисунка на участке длиной более 5 см.

В льняных тканях (ГОСТ 357): утолщенные участки нити (более пятикратной толщины), местные утолщения (более пятикратной толщины длиной более 8 см), слеты более 5 нитей, узлы и за-сечки, нарушающие целостность ткани, дыры, проколы, протиры, пробоины, близны в три нити и более, недосеки с разрежением плотности ткани более 20 % на 1 см, подплетины длиной более 1 см, масляные пятна диаметром более 2 см, полосы из-за разной толщины и разного цвета нитей, поперечная оголенность и редкий набор петель в махровой ткани на участке длиной более 5 см; оторванная кромка, полосы из-за останова красильных и печатных машин, пятна и брызги от красителя, загрязненность изнанки, непробел, подмочки, належки, непрокрас, пятна диаметром более 2 см (известковые, силикатные, приварочные и т. п.), пере-жог ткани при опаливании, затек краски на грунт.

В шерстяных тканях (ГОСТ 358): пробоины, просечки, дыры диаметром более 0,3 см, подплетины, заметная штокка и протиры на участке длиной более 1 см, пятна диаметром более 2 см, ворсо-вальные и стригальные плешины диаметром более 1 см, обрыв ос-новы, резко выраженные недосеки, полосы из-за разной толщины и цвета утка, морщины.

В шелковых тканях (ГОСТ 187): дыры и просечки, подплетины длиной более 1 см, надирь на расстоянии более 1 см от кромки, отрыв основы, дефектные участки основы шириной более 1 см и длиной более 50 см, полосы по ширине из-за смешивания сырья и заработки в креповую ткань нитей инородной крутки, включения посторонних предметов, полосы из-за останова печатной или кра-сильной машины, красильный оттиск, красильные и печатные за-сечки, затаски шириной более 0,5 и длиной более 4 см, затек крас-ки на расстоянии более 4 см от кромки ткани, места с отсутствием ворса по всей ширине (в ворсовой ткани).

Некоторые местные пороки тканей, не допускаемые в продук-ции I сорта, допускаются с ограничением в тканях II сорта.

Допускаемые местные пороки ограничиваются по номенклату-ре и числу на условную длину (площадь) ткани.

Число пороков  $n_{\phi}$ , обнаруженных на куске ткани фактической длины  $L$ , пересчитывают на условную длину  $L_y$  по формуле

$$n_y = n_{\phi} \frac{L_y}{L}. \quad (5.20)$$

Полученную величину  $n_y$  сравнивают с нормами стандарта, ус-тановленными для каждого сорта.

Окончательная оценка сорта ткани дается по наихудшему из контролируемых показателей.

Объемы приемочного контроля, как и вообще контроля на предприятии, целесообразно постоянно сокращать путем внедре-

ния выборочного статистического контроля и уменьшения числа контролируемых показателей. Иногда считают, что партия про-дукции, принимаемая ОТК, должна контролироваться по всем по-казателям, предусмотренным в нормативно-технической доку-ментации на данную продукцию. Это абсолютно ошибочное мне-ние. Контролируемые показатели, периодичность контроля и даже его методы — все это может устанавливать предприятие при организации собственной системы контроля. Если применяемая на предприятии технология гарантирует выпуск продукции с за-данными показателями качества, то контроль может носить лишь эпизодический характер. Если имеются опасения, что требования по отдельным показателям не будут выполнены, то эти показатели должны контролироваться постоянно или с небольшой периодич-ностью. Если изменяется ситуация с сырьем, технологией или ка-кими-либо другими факторами, влияющими на качество, то дол-жен изменяться и приемочный контроль, т. е. во всех случаях сис-тема технического контроля должна быть гибкой. Следует помнить, что контроль должен помогать производству и быть эконо-мически выгодным. В спорных случаях, при разборе reclama-ций следует применять только стандартные показатели и методы их измерения и оценки.

**Статистические методы приемочного ТК** регламентированы несколькими стандартами, из которых основополагающими явля-ются ГОСТ 20736 и ГОСТ 16493.

ГОСТ 20736 распространяется на все виды штучной продукции, поступающей на контроль поодиночке или в виде последовательнос-ти партий, и устанавливает планы и порядок статистического при-емочного контроля качества продукции по количественному призна-ку при нормальном распределении контролируемого параметра.

Сущностью контроля являются: выбор плана контроля, состав-ление выборки, измерение контролируемого параметра у единиц продукции в выборке, вычисление выборочного среднего и срав-нение его с заданным контрольным нормативом.

Для выбора плана контроля должны быть установлены объем партии, контролируемые параметры, приемочный уровень дефект-ности, среднее квадратическое отклонение, уровень и вид контро-ля, способ контроля.

**Объем партии**, поступающей на контроль, стандартом не огра-ничивается.

**Контролируемые параметры** должны быть количественно изме-ряемыми величинами, заданными в виде верхней или нижней предельной нормы или одновременно двух этих границ. Измере-ние параметров следует осуществлять на приборах с ценой деле-ния не более среднего квадратического отклонения контролируе-мого параметра.

Приемочный уровень дефектности задается в процентах и может иметь следующие значения: 0,04; 0,065; 0,1; 0,15; 0,25; 0,4; 0,65; 1; 1,5; 2,5; 4; 6,5; 10 и 15 %.

Среднее квадратическое отклонение определяет три типа плана:  $\sigma$ -план, принимаемый в том случае, если среднее квадратическое отклонение контролируемой партии известно;  $S$ -план, если это отклонение оценивается через среднее квадратическое выборки, и  $R$ -план, применяемый при оценке через размах выборки.

Уровень и вид контроля определяют его достоверность и жесткость. В стандарте установлено пять уровней контроля: три общих (I, II и III) и два специальных. Уровни контроля отличаются друг от друга объемами выборок, что влияет на достоверность получаемых результатов. Обычно применяют II уровень контроля. III уровень применяют, если стоимость контроля незначительна или если приемка нестандартной партии может привести к большим потерям. I уровень применяют, если требования к контролю не являются высокими, т. е. если они ниже, чем требования ко II уровню. Специальные уровни контроля применяют в тех случаях, если требуется контроль небольших выборок.

Контроль может быть *нормальным*, *усиленным* или *ослабленным*. Нормальный контроль является основным и применяется во всех случаях, если не оговорен другой вид контроля. От нормального контроля переходят к усиленному в том случае, если две из пяти последовательных партий при нормальном контроле были забракованы при первом предъявлении. Обратный переход осуществляют в тех случаях, если при усиленном контроле пять последовательных партий принимаются с первого предъявления. Если это правило не выполняется для десяти последовательных партий, то выборочный контроль прекращается до выяснения причин ухудшения качества контролируемой продукции.

Переход от нормального контроля к ослабленному может быть осуществлен, если одновременно соблюдаются следующие условия:

при нормальном контроле десять последних партий были приняты с первого предъявления;

технологический процесс является стабильным, а выпуск продукции — ритмичным;

применение ослабленного контроля разрешено для данной продукции.

Переход к ослабленному контролю означает, что средний входной уровень дефектности контролируемых партий меньше установленного приемочного уровня дефектности.

Переход от ослабленного контроля к нормальному следует осуществлять, если выполняется хотя бы одно из следующих условий:

очередная партия была забракована при первом предъявлении; нарушены стабильность технологического процесса или ритмичный выпуск продукции;

оговорены другие условия перехода на нормальный контроль.

Способы контроля по ГОСТ 20736 могут быть разными.

**Способ 1.** По объему партии и выбранному виду контроля по специальной таблице определяют код и объем выборки  $n$ . Для принятого метода оценки среднего квадратического отклонения по объему выборки  $n$  и приемочному уровню дефектности для выбранного вида контроля по специальным таблицам находят контрольный норматив  $K$ . Вычисляют  $Q$  — отношение отклонения выборочного среднего арифметического от заданной границы нормы к среднему квадратическому отклонению для  $\sigma$  и  $S$ -планов или размаху  $R$  для  $R$ -плана. Если  $Q \geq K$ , то партию принимают, а если  $Q < K$ , то бракуют.

Данный способ следует применять в тех случаях, если не требуется оценка входного уровня дефектности каждой партии, потому что случайные отклонения этого уровня не сопровождаются серьезными последствиями.

**Способ 2.** По объему партии и выбранному уровню контроля определяют код и объем выборки. Для принятого метода оценки  $\sigma$  по величине  $n$  и приемочному уровню дефектности для выбранного вида контроля по специальным таблицам находят допустимый уровень дефектности  $M$ , при котором партии будут приниматься. Вычисляют величину  $Q$  как в 1-м способе и по специальным таблицам в зависимости от  $Q$  и  $n$  находят оценочное значение входного уровня дефектности  $P$ . Если  $P \leq M$ , партию принимают, если  $P > M$  — бракуют.

Данный способ следует применять в тех случаях, если для каждой контролируемой партии продукции необходимо знать входной уровень дефектности.

**Графический способ.** По верхней  $H_v$  и нижней  $H_n$  границам контролируемого показателя, среднему арифметическому значению  $\bar{X}$  и среднему квадратическому отклонению  $\sigma$  (или его оценке) определяют величины  $\sigma/(H_v - H_n)$  и  $(\bar{X} - H_v)/(H_v - H_n)$ , которые затем наносят на имеющуюся в приложении к стандарту номограмму, где обозначены зоны приемки и браковки. В зависимости от того, в какую зону попадает точка с найденными координатами, принимают то или иное решение.

Кроме таблиц и номограмм в стандарте даны графики оперативных характеристик — кривых вероятности приемки (КВП) для выборок различного кода, которому соответствует их объем. КВП определяют вероятность приемки партии в зависимости от входного уровня ее дефектности. По ним оценивается приемлемость выбранного плана контроля. Приемлемым считают такой план,

при котором для установленного браковочного уровня дефектности риск потребителя при нормальном контроле будет не более заданного. Оперативные характеристики следует использовать в тех случаях, если требуется выбрать план контроля одиночной партии при заданных приемочных и браковочных уровнях дефектности и рисках поставщика и потребителя. Для практического применения чаще используют два первых способа контроля.

ГОСТ 16493 «Статистический приемочный контроль по альтернативному признаку. Случай недопустимости дефектных изделий в выборке» распространяется на все виды промышленной продукции, поступающей на контроль партиями, и устанавливает планы контроля в зависимости от объема партии, принятого риска потребителя и браковочного уровня дефектности.

Объем партии стандартом практически не ограничивается, риск потребителя  $\beta$  принимается равным 0,1 или 0,05, браковочный уровень качества  $q$  может изменяться в пределах 0,01...10 %.

Сущность контроля по ГОСТ 16493 заключается в следующем. Для заданных  $\beta$  и  $q$  в зависимости от объема партии выбирают объемы выборки. Методом случайного отбора составляют выборку, разбраковывают ее и принимают одно из следующих решений: партия принимается, если в выборке нет дефектных изделий, или бракуется, если в выборке имеется хотя бы одно дефектное изделие.

При браковке партии, контролируемой по альтернативному признаку, ГОСТ 16493 рекомендует следующие варианты: В — партия возвращается поставщику, К — выполняется сплошной контроль всех изделий в партии с возвращением всех дефектных изделий поставщику и КЗ — производится сплошной контроль всех изделий в партии с заменой всех дефектных изделий годными.

После выбора плана контроля по стандарту рекомендуется построить его оперативную характеристику, которая позволит оценить вероятность приемки партии при любой доле дефектных изделий в ней. Построение оперативной характеристики производится с помощью специальных таблиц, данных в ГОСТ 16493 для различных объемов выборок.

На основе ГОСТ 20736 и ГОСТ 16493 для текстильной продукции был разработан ГОСТ 21768 «Ткани и штучные изделия военного ассортимента. Правила приемки». Согласно этому стандарту продукцию подразделяют на две группы. К первой относят ткани и шерстяные и полушерстяные штучные изделия, льняные и полулльняные ткани технического назначения; ко второй — хлопчатобумажные, шелковые и смешанные ткани и штучные изделия, а также льняные и полулльняные ткани бытового назначения. Объем выборки (число кусков ткани или штучных изделий) определяют в зависимости от объема партии по табл. 5.12.

Таблица 5.12

| Объем партии  | До 500 | 501...800 | 801...1300 | 1301...3200 | 3201...22000 | Более 22000 |
|---------------|--------|-----------|------------|-------------|--------------|-------------|
| Объем выборки | 3      | 4         | 5          | 7           | 10           | 15          |

Результат испытаний для каждого куска (рулона) ткани или штучного изделия представляют как средние арифметические результатов испытаний  $\bar{X}$ , выполненных для каждого образца. Находят размах  $R = \bar{X}_{\max} - \bar{X}_{\min}$ , где  $\bar{X}_{\max}$  — максимальный средний арифметический результат контролируемого показателя одного куска (рулона) ткани или одного штучного изделия, а  $\bar{X}_{\min}$  — минимальный. Если в выборке десять и более единиц продукции, их разбивают на подгруппы по пять единиц и находят средний раз-

мах  $\bar{R} = \frac{\sum R_i}{m}$ , где  $R_i$  — размах в каждой группе, а  $m$  — число групп.

Далее находят общее среднее в выборке и подсчитывают нормированное отклонение:  $\Delta = \frac{vH\bar{X} - \bar{X}}{R}$ , если задана верхняя граница

контролируемого показателя, или  $\Delta = \frac{\bar{X} - nH\bar{X}}{R}$ , если задана ниж-

няя граница. Сравнивают  $\Delta$  с контрольным нормативом  $\Delta_k$ , который берут из табл. 5.13.

Таблица 5.13

| Группа тканей и штучных изделий | Контрольный норматив $\Delta_k$ при объеме выборки, шт. |      |      |      |      |      |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
|                                 | 3                                                       | 4    | 5    | 7    | 10   | 15   |
| 1                               | 0,36                                                    | 0,33 | 0,32 | 0,31 | 0,39 | 0,42 |
| 2                               | 0,18                                                    | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,25 | 0,28 |

Если  $\Delta \geq \Delta_k$ , то партию оценивают тем сортом, норматив для которого был взят. Например, для результатов определения прочности хлопчатобумажной ткани по основе имели:  $P_1 = 30$  даН;  $P_2 = 32,7$  даН;  $P_3 = 30,3$  даН. Пусть для данной ткани установлена норма прочности  ${}_nH^P = 30$  даН. Находим  $R = 32,7 - 30,0 = 2,7$  даН.

$\bar{P} = 31$  даН,  $\Delta = \frac{31 - 30}{2,7} = 0,37 > \Delta_k = 0,18$ . Следовательно, партия

данной ткани принимается тем сортом, для которого установлена норма 30 даН.

Для оценки сорта партии тканей и штучных текстильных изделий по порокам внешнего вида в ГОСТ 21768 даны планы контроля по ГОСТ 16493 для условий: браковочный уровень качества 5 % (шерстяные ткани и штучные изделия, льняные и полульняные ткани технического назначения) и 10 % (хлопчатобумажные, шелковые и смешанные ткани, льняные и полульняные ткани и штучные изделия бытового назначения); риск потребителя  $\beta = 0,1$ . Соответствующие этим условиям объемы выборок в зависимости от объема партии приведены в табл. 5.14.

Таблица 5.14

| Группа тканей и штучных изделий | Объем партии | Объем выборки |
|---------------------------------|--------------|---------------|
| 1-я                             | 1...99       | Все           |
|                                 | 100...164    | 50            |
|                                 | 165 и более  | 60            |
| 2-я                             | 1...49       | Все           |
|                                 | 50...108     | 25            |
|                                 | 109 и более  | 30            |

При объеме партии более 100 (в 1-й группе) или более 50 (во 2-й группе) кусков тканей или штучных изделий сорт можно оценивать путем контроля 50 % и менее единиц продукции всей партии. Это позволяет сократить трудозатраты и число работников, занятых разбраковкой тканей и штучных изделий по порокам внешнего вида. Особенно это важно для потребителей, которые практически не имеют возможность провести 100%-ный контроль партий тканей и штучных изделий. ГОСТ 21768 делает возможным переход от сплошной разбраковки к выборочному методу оценки сорта партии тканей и штучных текстильных изделий.

ГОСТ 20736 может быть использован для статистического приемочного контроля нитей и волокон. Для нитей план контроля может быть выбран в зависимости от того, на что установлен приемочный уровень качества: на паковки или на отдельные отрезки, испытания которых производятся. Если ограничить число паковок в партии, средняя разрывная нагрузка которых меньше установленной нормы, то партию можно оценивать по методике, описанной выше, т. е. сначала определить объем выборки (число паковок), произвести испытания, подсчитать среднее для каждой паковки, найти размах, общее среднее нормированное отклонение и сравнить его с контрольным нормативом. Недостатки этого метода заключаются в том, что при нем существенно увеличивается объем испытаний и в контролируемой партии часть нитей не будет соответствовать стандарту. Этих недостатков можно избежать, если установить приемочный уровень качества для отдельных от-

резков нитей. Число испытаний при этом даже несколько сократится. Норматив прочности для отдельных отрезков можно рассчитать, исходя из норм прочности для среднего по формуле

$$H_X = H_{\bar{X}} - \frac{2,33H_{\sigma}}{\sqrt{n}},$$

где  $H_X$  — норматив для отдельных результатов;  $H_{\bar{X}}$  — норматив для среднего  $\bar{X}$ ;  $H_{\sigma}$  — норматив для среднего квадратического отклонения;

$$H_{\sigma} = 0,01H_C H_{\bar{X}},$$

где  $H_C$  — норматив для коэффициента вариации по контролируемому показателю;  $n$  — объем выборки.

Например, при  $H_{\bar{P}} = 120$  сН,  $H_C = 15$  % и  $n = 100$  находим:

$$H_{\sigma} = 0,01 \cdot 15,12 = 18 \text{ сН}$$

$$\text{и } H_P = 120 - \frac{2,33 \cdot 18}{\sqrt{100}} = 120 - 4,2 = 115,8 \approx 116 \text{ сН.}$$

Дальнейший расчет и оценка партии производятся по описанной выше методике с использованием ГОСТ 20736.

Для статистического приемочного контроля партии волокон ГОСТ 20736 также может быть использован, если приемочный уровень дефектности установить по прочности отдельных волокон, а норматив прочности отдельных волокон рассчитывать по приведенной выше формуле.

### 5.3.3. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ТК

Производственный ТК — контроль производственного процесса и его результатов на стадии изготовления продукции. Контроль режимов, характеристик и параметров технологического процесса называют ТК технологического процесса, а контроль показателей и параметров полупродуктов по отдельным переходам технологического процесса — операционным ТК.

Производственный ТК является основным и должен занимать наибольший удельный вес на предприятии, в том числе по затратам на ТК. Это требование объясняется тем, что первичная информация, получаемая при производственном ТК, позволяет оперативно принимать решения по управлению технологическим процессом и качеством вырабатываемой продукции. Очень важно иметь гибкую систему производственного ТК, своевременно адаптирующуюся к изменяющейся ситуации на производстве.

Технологический процесс текстильного производства включает в себя до 800 параметров и факторов, которые могут прямо или косвенно влиять на эффективность его протекания и на качество вырабатываемой продукции. Очевидно, контроль всех параметров и факторов — совершенно нереальная задача, поэтому при построении планов производственного ТК необходимо выбрать параметры и факторы, оказывающие наиболее существенное влияние на эффективность технологического процесса и качество вырабатываемой продукции. Для этого следует выполнить специальную работу с использованием методов системного анализа и математической статистики. Так как ситуация на производстве может быть подвержена изменениям, такой анализ должен производиться периодически. В зависимости от результатов анализа технологического процесса и следует разрабатывать и корректировать планы производственного ТК. Такой ТК можно назвать адаптивно изменяющимся в отличие от постоянных планов производственного ТК, рекомендованных в различных отраслевых методиках, инструкциях и т. п. По существу, такой производственный ТК является методом управления качеством на стадии производства.

Из многообразия объектов и параметров производственного ТК на текстильных предприятиях выделяют два, наиболее важных для инженеров-технологов прядильного и ткацкого производства. Это неровнота по линейной плотности и обрывность нитей в технологических процессах ее переработки.

**Неровнота** — это изменение свойств продуктов прядения по длине. Неровнота может быть по толщине, линейной плотности, крутке, разрывной нагрузке, структуре, строению и т. п.

Неровнота по толщине является одним из основных показателей, определяющих качество пряжи. Она во многих случаях обуславливает неравномерность и других свойств пряжи, например крутки, удлинения, разрывной нагрузки и т. п. Из-за повышенной неровноты продуктов прядения увеличивается обрывность, снижается производительность оборудования и труда, ухудшаются свойства и особенно внешний вид текстильных изделий. Ткани и трикотаж, выработанные из неровной по толщине пряжи, имеют плохую фактуру, нарушающую четкость переплетения и строения поверхности изделий. Неровнота пряжи часто является причиной появления таких пороков внешнего вида, как полосатость, разнооттеночность, зебрность, муаровый эффект и т. п., поэтому изучение и анализ причин и закономерностей возникновения неровноты в продуктах прядения является важной задачей, решение которой позволяет улучшить качество пряжи, а следовательно, и повысить качество вырабатываемых из нее тканей и трикотажа.

В зависимости от характера изменения толщины продукта различают следующие виды неровноты.

**Случайная неровнота** характеризуется случайными колебаниями линейной плотности пряжи и является следствием воздействия различных случайных факторов, например неравномерности свойств волокон, случайных колебаний технологических процессов, условий выработки продуктов прядения (влажности и температуры окружающей среды) и т. п. Полностью исключить случайную неровноту нельзя, но можно снизить ее уровень.

**Периодическая неровнота** — это периодические изменения линейной плотности пряжи, которые возникают из-за нарушений в работе рабочих органов машин, например из-за биения валиков вытяжного прибора. Периодическая неровнота является следствием разладки оборудования и может быть устранена.

**Местная неровнота** — это резкие утончения или утолщения пряжи на коротких участках из-за временного нарушения технологического процесса, например из-за обрыва ленты, ровницы или пряжи.

**Систематическая неровнота** характеризуется односторонним изменением толщины продукта в ту или иную сторону и является следствием разладки машины.

**Комбинированная неровнота** может включать в себя все перечисленные виды неровноты и наиболее часто встречается в продуктах прядения.

Методы измерения и контроля неровноты по линейной плотности можно разделить на три группы: органолептические, непосредственного измерения и приборные.

**Органолептические методы** основаны на визуальном осмотре и ощупывании нитей. Эти методы очень субъективны, требуют высокой квалификации контролера и практически не применяются.

**Методы непосредственного измерения** заключаются в получении статистических данных, характеризующих толщину или линейную плотность продуктов прядения на отдельных участках, и их последующей обработки методами математической статистики. Чаще всего для этого нарезке образцы матеями, ленты или ровницы определенной длины и взвешивают их.

**Приборные методы** определения неровноты по линейной плотности осуществляются на приборах с различными датчиками (электрическими, оптическими, пневматическими, радиационными и др.). Наибольшее распространение получили приборы для определения неровноты продуктов прядения с электроемкостными датчиками.

Для количественной оценки неровноты наиболее часто используют *коэффициент вариации* — основной показатель неровноты, числовое значение которого нормируют в стандартах.

Коэффициент вариации дает возможность оценить уровень неровноты, но не раскрывает ее характера. Если местную и систематическую неровноту легко определить визуально, то нахождение периодической составляющей в комбинированной неровноте требует применения специальных приборов и методов.

Для анализа характера неровноты наиболее часто используют спектральный анализ, метод коррелограмм и градиент неровноты.

Сущность *спектрального анализа* заключается в разложении сложных колебаний толщины продукта на простейшие составляющие (гармоники) с последующим построением спектра длин волн различной амплитуды. Разложение осуществляется методом гармонического связанного с трудоемкими математическими расчетами анализа с помощью рядов Фурье. При выполнении этого анализа используются также специальные приборы — гармонические анализаторы-спектрографы. Электроемкостные приборы для непрерывного измерения неровноты продуктов прядения имеют устройства, позволяющие производить гармонический анализ и получать спектр волн неровноты исследуемого продукта, где по оси ординат откладывается средняя амплитуда волны, а по оси абсцисс — логарифм ее длины. Продукт, в котором колебания толщины носят случайный характер, имеет тип спектрограммы, показанной на рис. 5.7, а. Если же в неровноте присутствует периодическая составляющая, то на спектрограмме у соответствующих длин волн образуются «пики» (например, в продукте, спектрограмма которого показана на рис. 5.7, б). Имеются периодические колебания толщины. Зная длину волны, можно найти ее источник. Например, бьющий цилиндр дает длину волны  $\lambda = \pi d$ , где  $d$  — диаметр цилиндра, или  $\lambda = B\pi d$ , где  $B$  — вытяжка.

Кроме того, по спектрограмме можно определить наличие в продукте вытяжных волн (волн преобладающей длины), которые характеризуются специфическими «горбами» спектра, а также оценить степень совершенства технологических процессов прядения путем сравнения спектрограмм действительного и идеального продукта.

*Метод коррелограмм* заключается в том, что при анализе характера неровноты находят взаимосвязь между участками изменения толщины продукта, расположенными на определенном расстоянии друг от друга. Затем строят коррелограмму, которая представляет собой график, где на оси абсцисс откладывают расстояния между участками, а на оси ординат — значения коэффициента корреляции. Если колебания толщины носят случайный характер, то коррелограмма имеет вид кривой с затухающими колебаниями по фазе и амплитуде. При периодическом изменении толщины продукта с длиной волны  $\lambda$  коррелограмма имеет вид периодической функции с той же длиной волны.

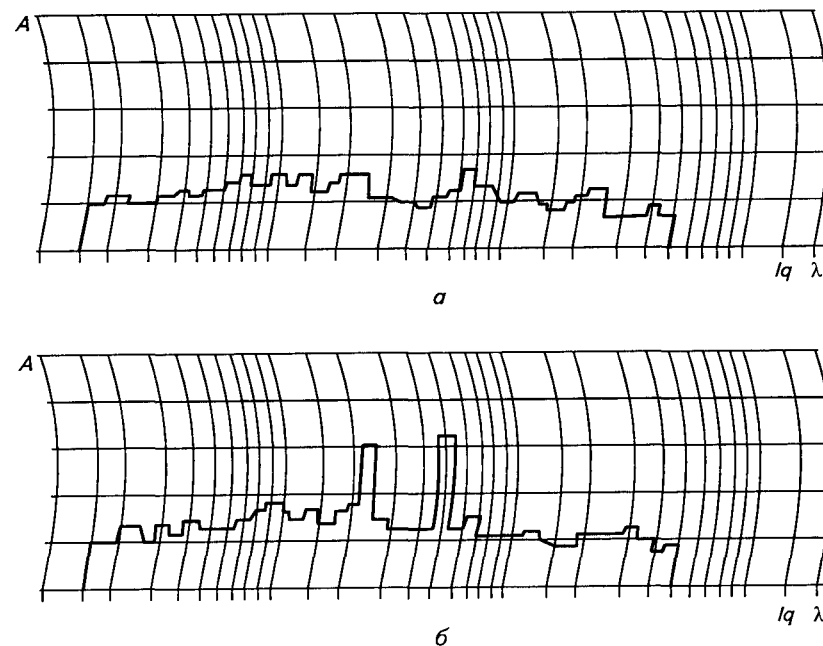


Рис. 5.7. Спектрограммы неровноты:  
а — случайной; б — периодической

Для продуктов, имеющих комбинированную неровноту, включающую в себя периодический компонент, коррелограмма начиная с определенного участка будет иметь вид периодической функции с длиной волны, равной длине волны периодической составляющей. Таким образом, по виду коррелограммы можно судить о характере неровноты, определить длину волны периодической составляющей, а также найти преобладающую длину волн в продукте:

$$\lambda_{\text{пр}} = 2x_{\text{min}} + x_{\text{max}},$$

где  $x_{\text{min}}$  — первый минимум;  $x_{\text{max}}$  — первый максимум коррелограммы.

*Градиентом неровноты* называют функцию или график, характеризующие изменение коэффициента вариации линейной плотности нити в зависимости от длины отрезков, по которым он определяется. Различают градиент внешней и внутренней неровноты. Градиент внешней неровноты  $C_b(L)$  показывает изменение коэффициента вариации средних значений толщины отрезков

продукта длиной  $L$  в зависимости от длины этих отрезков. Градиент внутренней неровноты  $C_V(L)$  характеризует изменение среднего значения коэффициента вариации по толщине внутри отрезка длиной  $L$  в зависимости от этой длины.

Для продукта, имеющего случайные колебания толщины, характер кривых  $C_B(L)$  и  $C_V(L)$  имеет вид, показанный на рис. 5.8, а, т. е. коэффициент вариации внешней неровноты убывает с увеличением длины отрезков, по которым он определяется, а коэффициент вариации внутренней неровноты увеличивается. По виду кривых  $C_B(L)$  и  $C_V(L)$  можно судить о характере неровноты.

Градиент внешней неровноты колебаний толщины, включающих в себя периодическую составляющую, имеет вид кривой, показанной на рис. 5.8, б, т. е. длина отрезков, на которых имеет место наименьшее значение  $C_B(L)$ , соответствует длине волны периодической составляющей. В практических исследованиях, как правило, определяют только градиент внешней неровноты. Для этого исследуемый продукт нарезают на отрезки различной длины, например 1; 3; 5; 10; 50; 100; 1000 см и т. д. Число отрезков берут таким, чтобы определяемые коэффициенты вариации были достоверно различимы. Зная длину отрезков и коэффициенты вариации по ним, строят кривую градиента внешней неровноты.

Градиент внешней неровноты может быть получен при испытании продуктов прядения на приборах с емкостным датчиком, позволяющих применять нормальный и инертный способы испытания. При инертном испытании автоматически увеличивается длина отрезков, по которым определяется неровнота. Задаваясь различными интервалами инертности, можно получать коэффициенты вариации, необходимые для построения градиента неровноты. Прибор в автоматическом режиме вычерчивает график градиента неровноты.

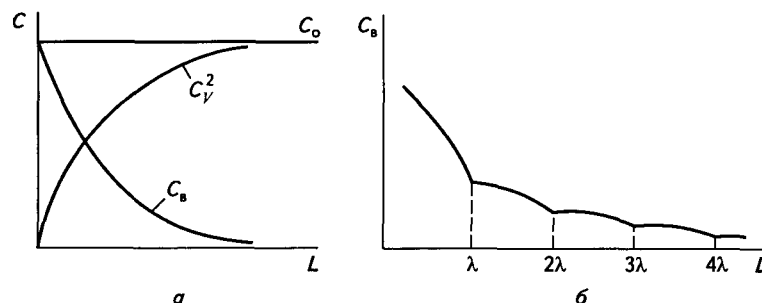


Рис. 5.8. Градиент неровноты:  
а — случайной; б — периодической

**Обрывность** является одним из важнейших показателей качества технологического процесса получения и переработки нитей. Этот показатель зависит от условий получения, вида и качества пряжи, способов осуществления и качества перематывания, снования, шлихтования, заправки нитей, условий ткачества, квалификации обслуживающего персонала, температуры и относительной влажности воздуха в цехе и ряда других факторов.

Контроль и анализ обрывности на ткацких станках имеет целью обеспечить нормальное протекание процесса ткачества. Нормальным считают такой процесс, при котором обеспечивается образование ткани с заданными свойствами при минимальной обрывности нитей на ткацком станке для заданных скорости и свойств перерабатываемых нитей.

Контроль обрывности нитей основы можно осуществлять различными способами. В зависимости от способа контроля обрывности может измениться вероятностно-статистическая модель — закон распределения обрывности, что следует учитывать при выборе необходимого числа наблюдений за обрывностью, обеспечивающих заданную точность. Возможны рассмотренные ниже четыре способа контроля обрывности при условии, что среднее число обрывов, приходящееся на 1 м ткани, считается одним измерением.

1. Контролируется средняя обрывность на одном станке за одно наблюдение (3...4 ч) при наблюдении за группой ткацких станков. В этом случае вероятностно-статистическая модель обрывности соответствует закону распределения Вейбулла.

2. Контролируется среднее число обрывов, приходящееся на заданную длину ткани. В этом случае имеем закон распределения Пуассона.

3. Контролируется средняя обрывность на одном станке за несколько дней контроля при наблюдениях за группой станков. Распределение — по нормальному закону.

4. Контролируется средняя обрывность в группе станков за одно наблюдение (в течение 3...4 ч) при наблюдении за группой станков в течение нескольких дней. Обрывность соответствует нормальному закону распределения.

Исходя из обрывности, заданной погрешности  $\delta$  и приняв определенный закон распределения, можно подсчитать необходимое число наблюдений. Например, для закона распределения Вейбулла это можно сделать по коэффициенту вариации  $C$  (табл. 5.15).

Таблица 5.15

| $\delta$ | Число наблюдений для коэффициента вариации $C$ |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          | 50                                             | 55  | 60  | 65  | 70  | 75  | 80  | 85  | 90  |
| 0,05     | 250                                            | 300 | 400 | 500 | 600 | 600 | 800 | 800 | 800 |
| 0,1      | 75                                             | 90  | 113 | 138 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 |

Для закона распределения Пуассона находим

$$\rho = \frac{1}{1 + \delta}. \quad (5.21)$$

При достоверности 0,95 находим  $n$  в зависимости от  $\rho$  (табл. 5.16).

Таблица 5.16

|        |      |      |      |      |     |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| $\rho$ | 1,39 | 1,13 | 0,98 | 0,87 | 0,8 | 0,74 | 0,69 | 0,65 | 0,62 |
| $n$    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | 7    | 8    | 9    | 10   |

Окончание табл. 5.16

|        |      |      |      |      |     |      |      |      |      |
|--------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|
| $\rho$ | 0,51 | 0,43 | 0,36 | 0,28 | 0,2 | 0,14 | 0,11 | 0,09 | 0,07 |
| $n$    | 15   | 20   | 30   | 50   | 100 | 200  | 300  | 500  | 1000 |

Наблюдения за обрывностью на отдельных станках позволяют сделать выводы о ее причинах.

Если обрывность увеличивается на большинстве станков, то это результат ухудшения свойств нитей, их подготовки к ткачеству, нарушения параметров воздушной среды.

Если обрывность увеличивается на отдельных станках, то это свидетельствует о разладке станков.

Увеличение обрывности по сравнению с ожидаемой должно быть оценено статистически с использованием доверительных интервалов. Если результат оценки выходит за доверительные интервалы, то это свидетельствует об изменении обрывности. Изменение закона распределения обрывности также может свидетельствовать о разладке ткацкого станка.

Обрывность нитей в технологических процессах их переработки представляет собой сложное явление, которое возникает, если внешняя нагрузка на нить (натяжение) становится больше, чем ее прочность. Так как нагрузка на нить в технологических процессах намного меньше средней критической, определяемой в лабораторных условиях, для прогнозирования оценки и анализа обрывности целесообразно использовать методы теории надежности.

Надежность — это способность изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени.

При лабораторных испытаниях механических свойств текстильных материалов оценка надежности заключается в определении вероятностных характеристик достижения ими определенных состояний. Если испытание связано с разрушением образца, то оценивается вероятность наступления такого события для заданной нагрузки или деформации.

Отказ — либо нарушение работоспособности, частичная или полная утрата или видоизменение показателей качества, существенно снижающие или делающие невозможным эффективное использование изделий по назначению.

Обрыв нити в технологических процессах можно рассматривать как отказ из-за ее механических свойств. Следовательно, для прогнозирования и оценки обрывности можно использовать характеристики и методы теории надежности.

В качестве характеристик надежности обычно используют вероятность безотказной работы и интенсивность отказов.

Вероятность безотказной работы — вероятность того, что в заданном интервале времени или в пределах заданной наработки отказ не возникнет:

$$P(X_i) = 1 - F(X_i), \quad (5.22)$$

где  $F(X_i)$  — интегральная функция распределения показателя  $X$  (ее называют функцией отказов; функцию  $P(X_i)$  называют функцией надежности).

Интенсивность отказов — вероятность отказа неремонтируемого изделия в единицу времени после данного момента времени при условии, что отказ до этого момента не наступал:

$$\lambda(X_i) = \frac{f(X_i)}{P(X_i)}, \quad (5.23)$$

где  $f(X_i)$  — плотность вероятностей распределения;  $P(X_i)$  — функция надежности.

При прогнозировании обрывности нитей можно использовать следующие методы расчета.

1. Несущая способность нити имеет установленный закон распределения  $F(R)$ , а нагрузка  $S$  на нить постоянна.

Вероятность отказа находится путем использования интегральной функции соответствующего закона распределения. Например, для закона нормального распределения имеем

$$F_R(S) = F_0 \left( \frac{S - \bar{R}}{\sigma_R} \right), \quad (5.24)$$

где  $F_0$  — интегральная функция нормированного центрированного нормального распределения ( $\bar{X}_0 = 0$  и  $\sigma_X = 1$ ).

Например, на навое ткацкого станка имеется 10 тыс. нитей, обладающих прочностью  $\bar{P}_p = 200$  сН,  $\sigma_p = 40$  сН. Распределение прочности подчиняется нормальному закону. Определим

число нитей, которые оборвутся, если их натяжение будет равно 100 сН. Имеем

$$F_R(100) = F_0\left(\frac{100 - 200}{40}\right) = F_0(-2,5) = 0,0062.$$

Число оборвавшихся нитей  $m = 0,0062 \cdot 10^4 = 62$ .

Интенсивность отказов для нормального закона распределения

$$\lambda(S) = \frac{1}{\sigma_R} f_1\left(\frac{\bar{R} - S}{\sigma_R}\right). \quad (5.25)$$

$$\text{Имеем } \lambda(100) = \frac{1}{40} f(2,25) = \frac{1}{40} 0,176 = 0,00044.$$

Дополнительно  $m = (1000 - 62) 0,00044 = 4,7 \approx 5$  нитей. Следовательно, имеется опасность обрыва  $62 + 5 = 67$  нитей.

Могут встретиться и обратные задачи: для заданной обрывности нужно найти  $S$  при известных  $R$  и  $\sigma_R$ .

2. С учетом законов распределения несущей способности  $R$  и нагрузки  $S$  при нормальном распределении  $R$  и  $S$

$$P = 1 - F_0\left(\frac{\bar{S} - \bar{R}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}\right). \quad (5.26)$$

Если  $R$  имеет нормальное распределение, а  $S$  — экспоненциальное, то вероятность отказа подсчитывается по формуле

$$F = F_0\left(-\frac{\bar{R}}{\sigma_S}\right) + \exp\left[-0,5\left(\frac{2\bar{R}}{\bar{S}} - \frac{\sigma_R^2}{\bar{S}^2}\right)\right] \left[1 - F_0\left(\frac{\frac{\sigma_R^2}{\bar{S}^2} - \bar{R}}{\sigma_R}\right)\right]. \quad (5.27)$$

3. При учете закона распределения  $R$  и  $S$ , а также характера их изменения по длине продукта или во времени расчет ведется с использованием теории выбросов.

Вероятность безотказной работы (отсутствие выбросов) при  $S = \text{const}$  для заданной наработки определяется по формуле

$$P_n = \exp\left\{-\frac{t}{2\pi} \sqrt{-\left[\frac{\ddot{K}_R(\tau)}{K_R(\tau)}\right]} \exp^{\frac{(\bar{S} - \bar{R})^2}{2\sigma_R^2}}\right\}, \quad (5.28)$$

где  $K_R(\tau)$  — корреляционная функция случайной функции  $R(\tau)$ .

Если  $S(\tau)$  является случайной функцией, некоррелированной с  $R(\tau)$ , то будем иметь среднее число выбросов в единицу времени

$$\bar{n} = \left\{ \frac{\sqrt{\ddot{K}_{SR}(\tau)/\tau=0}}{2\pi\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \right\} e^{-\frac{(\bar{S} - \bar{R})^2}{2(\sigma_R^2 + \sigma_S^2)}}, \quad (5.29)$$

где  $\ddot{K}_{SR}(\tau) = [\sigma_R^2 + R_S(\tau)]$  — сумма дисперсии случайной величины  $R$  и корреляционной и стационарной функции  $S(\tau)$ .

Вероятность отсутствия отказов для заданного времени  $t$

$$P_n = \exp\left\{-\frac{t}{2\pi} \sqrt{-\left[\frac{\ddot{K}_R(\tau)}{K_R(\tau)}\right]_{\tau=0}}\right\} \exp^{\frac{(\bar{S} - \bar{R})^2}{2(\sigma_R^2 + \sigma_S^2)}}. \quad (5.30)$$

Для решения приведенных выше уравнений необходимо знать непрерывную реализацию случайной функции несущей способности нити. Это требует разработки специальных методов испытаний.

Основными направлениями совершенствования производственного технического контроля являются:

использование встроенных датчиков в технологическое оборудование для контроля технологического процесса и качества вырабатываемой продукции;

переход от статических планов ТК к адаптивным, при которых по результатам диагностики технологического процесса принимается решение о необходимости контроля того или иного параметра и его периодичности;

применение методов непрерывного статистического контроля стабильности протекания технологического процесса и качества вырабатываемой продукции, например с помощью контрольных карт.

## 5.4. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 5.4.1. УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Основные положения науки об управлении качеством продукции (УКП) начали формироваться сравнительно недавно. Они постоянно обновляются и дополняются. Это связано прежде всего с развитием производства вообще, появлением ряда специфических технологий, постоянным совершенствованием технических средств

управления, все возрастающим ростом требований потребителей к качеству используемой продукции.

Считают, что основоположниками науки об УКП являются такие американские ученые, как Деминг, Джуран, Файгенбаум. Эти ученые сформировали и развили основные принципы, концепции и положения современной науки об УКП.

УКП охватывает очень широкий круг вопросов и имеет свою специфику в зависимости от области применения.

Сначала рассмотрим УКП на стадии производства. Оно является одной из важнейших составляющих общей системы управления производством. Последняя в свою очередь предполагает наличие двух подсистем: управляющей и управляемой, которые находятся в тесной функциональной зависимости.

Управление качеством, как и любую схему управления, можно рассматривать, используя основные положения построения классической цепи технического регулирования, работающей по принципу обратной связи. Основными элементами этой цепи (рис. 5.9) является участок управления (командный) и участок реализации (исполняющий). Связь между этими участками осуществляется через командные импульсы и по каналам обратной связи. Командные импульсы направляются от участка управления на участок реализации для получения заданного по программе (плану) результата. По каналам обратной связи информация о полученных на участке реализации результатах поступает на участок управления и используется для корректировки командных импульсов. Развив это элементарное звено технического регулирования применительно к управлению качеством продукции, получим блок-схему УКП на производстве (рис. 5.10).

Продукция качества  $X$  с производственного участка после приемки ее ОТК (на участке контроля) поступает потребителю. Под производственным участком могут подразумеваться цех, производство, фабрика, комбинат, а также целая отрасль текстильной промышленности.



Рис. 5.9. Элементарное звено цепи технического регулирования

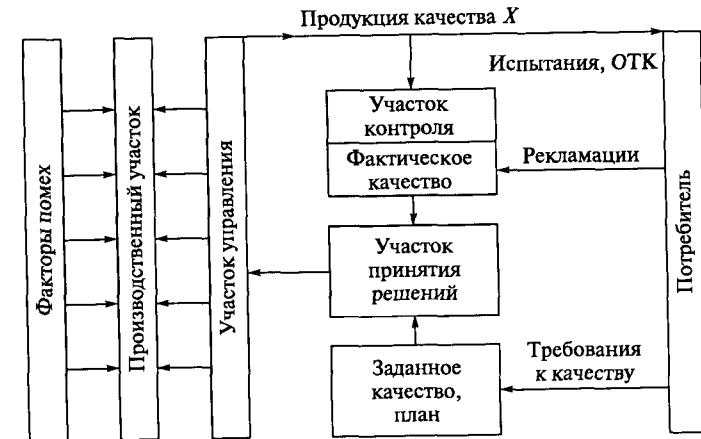


Рис. 5.10. Блок-схема УКП на стадии производства

Участок контроля сосредоточивает информацию о фактическом качестве изготовленной продукции, полученную как по результатам испытания этой продукции на предприятии, так и по отзывам и рекламациям потребителей.

Информационное обеспечение является одним из наиболее важных вопросов, решаемых при организации управления качеством продукции. Отсутствие информации о качестве или ее недовольность приводят к неупорядоченности производственного процесса, делает управление качеством продукции практически невозможным. Поэтому при разработке и внедрении систем управления качеством на текстильном предприятии следует повысить роль производственных и центральных лабораторий, а также отдела технического контроля, т.е. служб, которые получают и систематизируют информацию о качестве вырабатываемой продукции.

На участке принятия решений сопоставляется информация о фактическом и заданном качестве продукции, после чего вырабатывается и принимается решение по управлению качеством. Механизм принятия таких решений должен быть максимально объективен и желательна формализован.

Участок управления, получив распоряжение с участка принятия решений, на основе этих решений и информации с производственного участка разрабатывает конкретные мероприятия по управлению качеством продукции и реализует их на производственном участке. Участок управления должен охватывать и связывать воедино всю организационно-техническую структуру управления

качеством на производственном участке — от непосредственных исполнителей до руководителя предприятия. При этом каждое звено этой структуры должно иметь возможность принимать самостоятельное решение, обеспечивающее нужное качество продукции в реальной производственной обстановке.

Производственный участок подвергается действию двух факторов: импульсов участка управления, способствующих достижению и поддержанию заданного качества, и постоянно действующих помех, препятствующих четкой и полной реализации мероприятий по обеспечению заданного качества. Эти помехи могут носить внешний и внутренний характер, быть случайными и систематическими. К ним относятся колебания качества сырья и вспомогательных материалов, нарушения технологических процессов, аварийные ситуации, недостаток обслуживающего персонала или рабочих требуемой квалификации, неудовлетворительная организация труда в службах и производствах предприятия, использование неправильной проектной и нормативно-технической документации и т. п. Полностью устранить все помехи, оказывающие отрицательное влияние на качество вырабатываемой продукции, нельзя, но необходимо постоянно снижать их влияние, а в некоторых случаях полностью исключить его. По существу, в этом и проявляется управление качеством продукции.

В отличие от схем технического регулирования в реальных схемах У КП приходится воздействовать не только на оборудование и технологию, но и на исполнителей — людей. Присутствие человеческого фактора в схемах У КП существенно усложняет функционирование этих схем и требует применения специальных правил и методов.

У КП не ограничивается только производством, оно охватывает все **стадии формирования качества**, которые образуют жизненный цикл продукции. В общем виде этот цикл включает в себя следующие стадии:

- 1) прогнозирование и планирование качества продукции;
- 2) проектирование, разработку и постановку продукции на производство;
- 3) производство продукции;
- 4) поставку ее потребителю;
- 5) эксплуатацию (потребление) продукции.

В зависимости от вида продукции и особенностей ее производства число стадий формирования качества может изменяться. На каждой стадии выполняется широкий комплекс различных работ, обеспечивающих выпуск продукции заданного качества и ее совершенствование.

**Прогнозирование и планирование качества продукции** — это формулирование заданий на выпуск продукции определенного сорта, а также на достижение параметров продукции и (или) показа-

телей ее качества к заданному моменту или на заданный период времени и разработка мероприятий по их обеспечению.

Основными задачами планирования качества продукции текстильной промышленности являются:

увеличение выпуска и расширение ассортимента изделий, качество которых соответствует требованиям потребителей и которые являются конкурентоспособными на мировом рынке;

увеличение удельного объема выпуска первосортной продукции, и продукции улучшенного качества (высшей категории, new и т. п.) в общем выпуске продукции;

улучшение художественно-колористического оформления продукции, повышение ее важнейших потребительских свойств (несминаемости, стойкости к истиранию и т. п.);

улучшение, замена или снятие с производства продукции, не удовлетворяющей требованиям потребителей.

Основной формой планирования повышения качества продукции являются перспективные и текущие планы.

Исходными данными, на основе которых должны разрабатываться планы, являются:

анализ качества выпускаемой продукции, позволяющий оценить достигнутый уровень качества, основные факторы, определяющие качество, экономическую целесообразность повышения качества;

изучение требований и спроса потребителей путем маркетинговых исследований;

учет возможностей и перспектив развития и совершенствования основных факторов, определяющих качество продукции.

Таким образом, план повышения качества продукции должен формироваться на стыке трех положений: «что имеет предприятие в настоящее время», «что требуется» и «что оно может дать».

При планировании качества продукции на предприятии могут разрабатываться следующие планы:

- увеличения выпуска продукции улучшенного качества;
- аттестации продукции;
- разработки и внедрения новых образцов;
- совершенствования технологии и организации производства;
- внедрения новых машин и оборудования;
- работы с поставщиками сырья и вспомогательных материалов;
- работы с потребителями;
- повышения квалификации рабочих основных профессий и служащих;
- улучшения условий труда;
- стандартизации и т. п.

На основе планов предприятия осуществляется планирование повышения качества на основных производственных участках.

*Проектирование, разработка и постановка продукции на производство* осуществляются в зависимости от ее вида и особенностей организации производства на предприятии.

Разработка и освоение новых образцов продукции должны осуществляться в такой последовательности:

- разработка технического задания на проектирование нового образца;

- разработка технологической и конструкторской документации; изготовление опытного образца (партии);

- предварительные испытания (оценка) опытного образца (партии);

- рассмотрение образца на художественно-техническом совете предприятия;

- разработка проектов нормативно-технической документации; изготовление опытных партий;

- предварительные испытания (оценка) опытных партий;

- корректировка проектов нормативно-технической и проектной документации.

*Производство продукции и поставка ее потребителю* обеспечивают реализацию качества, заложенного при проектировании продукции, сохраняют его при транспортировании продукции внутри предприятия и при отгрузке потребителю.

Основной задачей, решаемой при производстве продукции, является поддержание стабильности заданного качества и ее выпуск в заданном объеме. Для этого необходимо осуществлять:

- входной контроль сырья и вспомогательных материалов;

- контроль и соблюдение технологической и производственной дисциплины;

- контроль полуфабрикатов на всех технологических переходах;

- контроль технологического оборудования, оснастки и вспомогательного инструмента, контрольно-измерительных средств;

- контроль качества работы обслуживающего персонала, повышение его квалификации;

- систематический анализ причин возникновения пороков и снижения сортности на всех переходах изготовления продукции;

- унификацию и типизацию технологических процессов, ассортимента вырабатываемой продукции, используемого сырья и вспомогательных материалов;

- соблюдение требований нормативно-технологической документации на сырье, вспомогательные материалы, полуфабрикаты, готовую продукцию, технологическое оборудование и т. п.

Таким образом, качество продукции на стадии производства обеспечивается прежде всего его правильной организацией и эффективным техническим контролем.

Упаковка, маркировка и транспортирование продукции должны максимально сохранять ее качество.

*Эксплуатация (потребление) продукции* наиболее полно раскрывает все ее недостатки и достоинства, поэтому изучение поведения продукции при эксплуатации, систематический сбор и анализ данных о ее качестве у потребителей имеют первостепенное значение для формирования качества. Работа с потребителями является обязательным условием при создании и внедрении систем управления качеством продукции.

Формы работы с потребителями весьма разнообразны. Это анкетирование и социологические исследования, цель которых — узнать мнение потребителей о качестве предложенной им продукции, привлечение потребителей на стадиях планирования и разработки новых образцов продукции, участие потребителей в работе художественно-технических советов, организация выставок-продаж продукции с обсуждением вместе с потребителями всех положительных и отрицательных сторон ее качества, изучение мировой конъюнктуры спроса на текстильные изделия, анализ перспектив развития и формирования моды у нас в стране и в мире на продукцию данного вида.

Качество продукции в сфере эксплуатации (потребления) наиболее полно раскрывается при ее правильном использовании, поэтому разъяснение положительных свойств продукции, правил и норм ее эксплуатации способствует наибольшему эффекту качества. Для текстильных изделий в связи с широким использованием химических волокон правила и нормы эксплуатации становятся все более актуальными.

На стадии эксплуатации большое значение имеет формирование спроса потребителей на продукцию данного качества.

Разъяснение правил эксплуатации и формирование спроса могут быть обеспечены путем хорошо организованной и постоянно действующей рекламы.

Для каждой стадии формирования качества продукции можно выделить комплексы взаимосвязанных работ, выполнение которых обеспечивает стабильное производство продукции заданного качества. Определяя последовательность выполнения этих работ, строят функциональные модели управления производством и качеством вырабатываемой продукции. Такие модели широко используются при разработке систем управления качеством. При этом на каждой стадии формирования качества следует четко определить степень влияния различных факторов на качество вырабатываемой продукции.

*Основными факторами, определяющими качество продукции*, являются:

- нормативно-техническая и проектная документация на изготовление продукции;

качество сырья и вспомогательных материалов;  
качество оборудования и вспомогательного инструмента;  
качество технологических процессов;  
качество труда исполнителей;  
методы контроля.

*Нормативно-техническая и проектная документация* (стандарты, технические условия, заправочные расчеты пряжи и ткани, технологические переходы, регламентированные режимы и т. п.) может рассматриваться как модель, используемая при изготовлении продукции. Качество разработки модели оказывает непосредственное влияние на качество вырабатываемой продукции. Учитывающая требования потребителей, тщательно отработанная и правильно составленная документация способствует эффективному использованию продукции при эксплуатации (потреблении), четкой организации производства, стабильности технологических процессов и в конечном счете обеспечивает выпуск продукции заданного качества. Ошибки при составлении стандартов и технических условий, неправильно рассчитанные составы смесей, не до конца отработанные технологические режимы вносят большие организационные и технические трудности в работу по обеспечению качества вырабатываемой продукции. Поэтому при разработке и внедрении систем управления качеством продукции нормативно-технической документации различного уровня следует уделять особое внимание. Эту работу на предприятии должна возглавлять специальная служба стандартизации, а основные производства и службы предприятия должны принимать в ней активное участие.

*Качество сырья и вспомогательных материалов* (красителей, замасливателей, химических веществ и т. п.) непосредственно определяет качество продукции текстильной промышленности. Поэтому для текстильных предприятий большое значение имеет качество работы поставщиков и смежников.

Высокое качество сырья и вспомогательных материалов обеспечивается правильной организацией входного контроля. На каждого поставщика и на каждого смежника необходимо завести журнал, в котором должны фиксироваться данные о качестве и ассортименте поставляемой ими продукции. В журнале отмечают дату поступления и номер партии материала, а также ее объем; приводят нормативно-технический документ, относящийся к данному материалу; указывают объем выборки, взятой для контроля качества; описывают методы анализов; констатируют результаты оценки качества; делают выводы и дают предложения. Ежемесячно или ежеквартально по результатам анализа данных журналов нужно составлять отчет, подписанный руководителем предприятия и начальником ОТК. Экземпляры отчета направ-

ляют предприятию-поставщику, а также в лабораторию государственного надзора. Если есть замечания, то в отчете следует дать конкретные предложения по улучшению качества поставляемого сырья или вспомогательных материалов. Работа с поставщиками не должна ограничиваться только отчетом о качестве. Она может включать в себя совместные работы по улучшению качества, договоры о сотрудничестве, организацию совместных научно-технических конференций по качеству, приглашение поставщиков на художественно-технические советы, дни качества и т. п.

Должен быть налажен четкий контроль качества материалов по ходу технологического процесса. Между цехами и производствами должен вестись журнал взаимных претензий, в который в конце каждой смены начальник производства или цеха должен записать все имеющиеся претензии к своему сменщику, если таковые имеются. Начальник смежного цеха в свою очередь обязан ознакомиться с замечаниями, дать объяснение имевшим место недостаткам, представить план мероприятий по их ликвидации и предупредить в будущем и расписаться. Записи в журнале взаимных претензий могут обсуждаться на цеховых и общефабричных «днях качества», использоваться при оценке деятельности цехов и производств предприятия, при аттестации специалистов и руководителей и т. п.

Между смежными цехами и производствами известны и такие формы работы, как создание межцеховых групп контроля качества, общественных бюро по совершенствованию качества и др.

Высокое *качество оборудования и технологии* обеспечивает стабильность заданных показателей качества вырабатываемой продукции. Оборудование и технология изготовления продукции должны соответствовать уровню передового опыта, при их выборе следует учитывать достижения науки и техники, научной организации труда, проводить постоянную работу с поставщиками. Качество работы оборудования во многом определяется соблюдением правил его эксплуатации, высококачественным выполнением профилактического и капитального ремонта. В целях совершенствования качества оборудования текстильной промышленности необходимо постоянно повышать требования к нему. Качество работы оборудования во многом зависит от его наладки и построения технологического процесса. Разработка бездефектной технологии позволяет значительно повысить качество вырабатываемой продукции.

*Качество труда исполнителей* — это совокупность характеристик трудовой деятельности, от которых зависит степень ее соответствия установленным требованиям.

Качество труда оказывает влияние на качество продукции на всех стадиях его формирования начиная с планирования и кончая анализом данных об эксплуатации продукции. Высокое качество труда достигается путем подбора и расстановки исполнителей с учетом их деловых качеств, повышения квалификации рабочих и служащих, воспитания у них ответственности за выполняемую работу, материального стимулирования качества труда.

Профессиональному отбору и профессиональной ориентации рабочих основных профессий уделяется большое внимание. Для овладения той или иной профессией необходимо не только желание и соответствующее обучение, но и достаточный уровень развития тех физиологических функций, от которых зависит приобретение специфических для данной профессии навыков и умений.

Повышение квалификации рабочих и служащих может иметь различные формы. Это организация курсов по изучению передовых приемов работы, наставничество, конкурсы по профессии, профессиональное и экономическое обучение и т. п. Подготовка кадров, постоянное повышение их квалификации — важнейший фактор повышения качества вырабатываемой продукции.

*Методы контроля* обеспечивают получение достоверной информации о качестве вырабатываемой продукции, на основе которой разрабатываются мероприятия по обеспечению, поддержанию и повышению качества продукции. Методы контроля являются основой информационного обеспечения системы управления качеством продукции и играют значительную роль в ее функционировании. Качество методов контроля можно рассматривать как один из основных факторов, определяющих качество вырабатываемой продукции. Методы контроля в системе управления качеством включают в себя контроль показателей качества сырья, вспомогательных материалов, полуфабрикатов и готовой продукции, методы испытания и контроля работы оборудования, технологического процесса, работы исполнителей и т. п.

На текстильных предприятиях остро стоит вопрос об оснащении фабричных лабораторий необходимым испытательным оборудованием и об организации их метрологического обеспечения. Большой недостаток испытывается в компактных и надежных приборах оперативного контроля качества полуфабрикатов в ходе технологического процесса.

Значение приведенных выше факторов и степень их влияния на качество продукции могут изменяться в зависимости от ее вида, условий выработки, системы организации производства конкретного предприятия и управления им.

Известно большое разнообразие терминов и определений, используемых для объяснения понятия УКП.

В технической литературе, издаваемой в Японии, для характеристики УКП используются очень образные понятия и термины. Например: «Управление качеством — это процедура решения проблем. Проблема — нежелательный результат работы. Решение проблемы состоит в изменении плохого результата до приемлемого уровня».

Словарь терминов европейской организации контроля качества дает следующее определение: «УКП — управление, обеспечение и поддержка необходимого уровня качества продукции при ее разработке, производстве и эксплуатации или потреблении, осуществляемые путем систематического контроля качества и целенаправленного воздействия на условия и факторы, влияющие на качество продукции».

МС ИСО 8402. Качество. Словарь дает такую формулировку: «УКП — методы и деятельность оперативного характера, используемые для удовлетворения требований к качеству».

По ГОСТ 15467 «УКП — действия, осуществляемые при создании и эксплуатации или потреблении продукции, в целях установления, обеспечения и поддержания необходимого уровня ее качества».

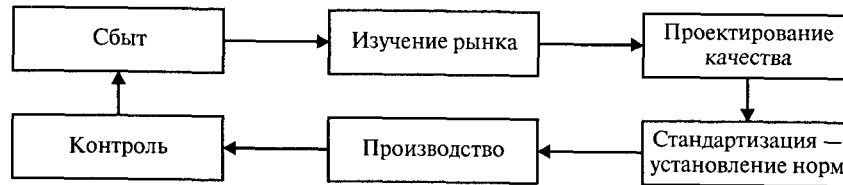
УКП неразрывно связано с понятием «цикл Деминга».

Цикл Деминга — последовательность выполнения работ по обеспечению и управлению качеством. В общем виде его представляют схемой в виде круга (рис. 5.11), которую иногда называют колесом Деминга.



Рис. 5.11. Цикл Деминга

Цикл Деминга также может иметь вид следующей схемы.



Деминг предложил основные принципы построения систем управления качеством и обеспечения их эффективного функционирования. Эти принципы получили название философии Деминга и включили в себя следующие основные положения:

1) главная цель работы предприятия — постоянное усовершенствование продукции и повышение ее качества в результате изменений в работе предприятия, при выполнении которых следует проявлять настойчивость и терпение;

2) новая философия, необходимая для обеспечения экономической стабильности работы предприятия. В соответствии с ней качество продукции является предпосылкой роста производительности, а довольный заказчик — стимулом любой деятельности;

3) качество продукции не может быть обеспечено только проверками, оно должно быть результатом постоянного усовершенствования технологического процесса;

4) не обязательно отдавать предпочтение самому дешевому предложению, так как цена ничего не выражает, если качество поставок вызывает сомнение. При этом способность поставщиков обеспечить качество поставляемых материалов и комплектующих изделий, поддающихся обработке в технологическом процессе, должна быть статистически доказана;

5) необходимо постоянно искать причины возникновения дефектов, чтобы в долгосрочном плане усовершенствовать все системы производства и оказания услуг, а также любую другую деятельность предприятия. В том числе следует контролировать процесс и управлять им с помощью системы контроля статистическими методами;

6) создание постоянно действующих центров обучения, необходимость которых объясняется тем, что человек является решающим звеном в каждом процессе, даже полностью автоматизированном;

7) применение методов руководства, помогающих человеку наилучшим образом выполнять свою работу; руководитель должен обладать знаниями о статистических методах управления качеством продукции, чтобы оказывать своим сотрудникам систематическую помощь в их освоении;

8) устранение «атмосферы боязни» путем содействия взаимной коммуникации сотрудников в пределах всего предприятия;

9) устранение «барьеров» между отдельными подразделениями и сотрудниками предприятия, вызывающих проблемы коммуникации как между руководителями и сотрудниками, так и между отдельными службами и их сотрудниками;

10) отсутствие жестких норм, например произвольно устанавливающих производительность, которую необходимо достичь;

11) обеспечение возможности гордиться своей работой и устранение обстоятельств, ставящих под вопрос возможность каждого рабочего и каждого менеджера делать это. Необходимо представить сотрудникам «философию предприятия», касающуюся качества, согласовать краткосрочные требования с долгосрочной программой; не допускать выполнения работ, не имеющих смысла;

12) создание программы обучения и атмосферы самоусовершенствования для каждого сотрудника предприятия. «Учиться в течение всей жизни» не должно быть только лозунгом на предприятии. Затраты на обучение должны рассматриваться как необходимая инвестиция. Повышение квалификации должно охватывать все уровни иерархии предприятия, а статистические методы управления качеством продукции должны быть известны каждому сотруднику;

13) создание условий для постоянного повышения качества продукции и рост производительности труда — основные задачи руководства предприятием.

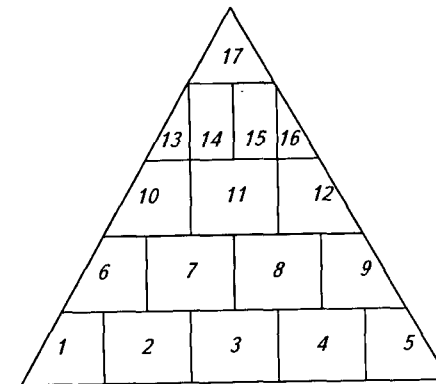


Рис. 5.12. Треугольник Файгенбаума:

1 — выбор методов контроля качества; 2 — оценка поставок различных поставщиков; 3 — разработка планов приемки материалов и оборудования; 4 — контроль измерительных приборов; 5 — оптимизация стоимости качества; 6 — планирование системы обеспечения качества; 7 — испытание прототипов изделий, определение уровня их надежности; 8 — исследование эффективности разных методов контроля; 9 — анализ стоимости качества; 10 — разработка технологии контроля качества; 11 — обратная связь и контроль качества; 12 — разработка системы сбора информации о качестве; 13 — контроль новых продуктов; 14 — входной контроль материалов; 15 — контроль производственных процессов и изделий; 16 — анализ производственных процессов; 17 — комплексный контроль качества

Цикл Деминга реализуется в системах управления качеством продукции (СУКП) — совокупности управляющих органов и объектов управления, взаимодействующих с помощью материально-технических и информационных средств при управлении качеством продукции.

Известны различные модели СУКП. Одной из первых таких моделей является треугольник Файгенбаума (рис. 5.12).

При реализации своей модели Файгенбаум считал необходимым придерживаться следующих принципов:

- 1) главным является ответственность менеджмента предприятия;
- 2) стратегия менеджмента — ответственность за качество;
- 3) концентрация внимания на сотруднике;

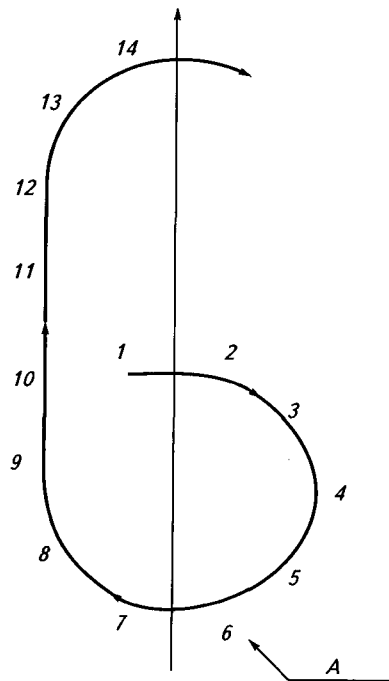


Рис. 5.13. Модель СУКП — петля качества Джурана:

1 — обследование рынка, исследование эксплуатационных показателей изделия; 2 — составление проектных заданий для изготовления изделий улучшенного качества; 3 — проектно-конструкторские работы; 4 — составление технических условий для производства изделий; 5 — разработка технологии и подготовка производства; 6 — приобретение материалов, комплектующих деталей и изделий, технологического оборудования и инструмента (А — связь с поставщиком); 7 — изготовление инструментов, приспособлений и контрольно-измерительных приборов; 8 — производство изделий; 9 — технологический контроль в процессе производства; 10 — технический контроль готовых изделий; 11 — испытание рабочих характеристик изделий; 12 — сбыт; 13 — техническое обслуживание в процессе эксплуатации; 14 — обслуживание рынка, исследование эксплуатационных показателей продукции

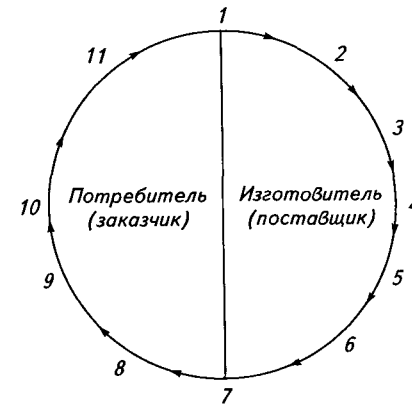


Рис. 5.14. Модель СУКП по МС ИСО 9004:

1 — маркетинг; 2 — проектирование и разработка технических требований к продукции; 3 — материально-техническое снабжение; 4 — подготовка и разработка производственных процессов; 5 — производство; 6 — контроль, испытания, исследования; 7 — упаковка и хранение; 8 — реализация продукции; 9 — монтаж и эксплуатация; 10 — техническое обслуживание; 11 — утилизация после обслуживания

- 4) оценка сотрудника через качество его труда;
- 5) качество измеряется затратами;
- 6) применение статистических методов обязательно;
- 7) анализ факторов, определяющих качество;
- 8) интеграция служб предприятия по горизонтали.

Еще одной распространенной моделью СУКП является петля качества Джурана (рис. 5.13).

При реализации своей модели Джуран считал необходимым придерживаться следующих принципов:

- 1) ответственность первого руководителя за качество;
- 2) отношения «Изготовитель — заказчик» по всей технологической цепочке;
- 3) жесткая ориентация на заказчика;
- 4) идентификация исполнителя с предприятием;
- 5) все должны говорить на одном языке — языке прибыли;
- 6) стратегия предприятия — затраты на качество;
- 7) применение статистических методов.

Модели Файгенбаума и Джурана конкретизируются на каждом отдельно взятом предприятии, а также на всех стадиях «жизненного цикла» продукции.

Например, МС ИСО 9004 дает схему петли качества, приведенную на рис. 5.14.

Отметим некоторые основные положения, которые считают необходимым учитывать ведущие специалисты по УКП. Так,

японский профессор И. Каору считал обязательным соблюдение следующих принципов:

- 1) качество прежде всего;
- 2) качество важнее, чем кратковременная прибыль;
- 3) удовлетворение заказчика (маркетинг);
- 4) вовлечение в повышение качества всех важных производственных отделов (горизонтальная интеграция);
- 5) вовлечение в повышение качества руководителей всех уровней (вертикальная интеграция);
- 6) постоянное совершенствование СУКП;
- 7) учет социального фактора.

Ф. Кросби, американский специалист по разработке, внедрению и обеспечению эффективного функционирования СУКП, определил четыре заповеди культурного взлета предприятия:

- 1) кабели — это соответствие требованиям;
- 2) основной принцип достижения качества — предупреждение производства продукции низкого качества;
- 3) нуль дефектов — стандарт предприятия;
- 4) значимость качества — затраты, связанные с невыполнением требований к нему.

#### 5.4.2. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

При построении систем управления качеством продукции нужно руководствоваться следующими основными положениями:

- 1) управление качеством и объемами выпуска продукции представляет собой единый непрерывный процесс. Количество и качество в совокупности определяют степень удовлетворения общественных потребностей и эффективность производства;
- 2) управление качеством продукции имеет комплексный характер и включает в себя социальный, экономический, научно-технический и организационно-методический аспекты;
- 3) стандартизация — это организационно-методическое средство управления качеством;
- 4) управление формированием, созданием, сохранением и восстановлением качества продукции — единый процесс;
- 5) УКП должно включать в себя процессы оценки и нормирования свойств продукции, организацию трудовых процессов и реализацию специализированных функций;
- 6) неотъемлемым элементом СУКП является комплекс научно-технической документации;
- 7) УКП является элементом процесса управления производством;
- 8) эффективность УКП повышается при взаимодействии нормативно-технических и автоматизированных систем управления;

9) одним из основных принципов научного управления является его оптимальность.

В зависимости от уровня реализации различают государственную систему управления качеством, отраслевую систему и систему управления качеством на предприятии.

**Государственная система управления качеством продукции (ГС УКП)** может иметь различные формы. В 1978 г. Госстандарт разработал основные принципы единой системы государственного управления качеством продукции.

Главной целью ГС УКП является планомерное использование научно-технических, производственных и социально-экономических возможностей для достижения постоянных высоких темпов улучшения качества всех видов продукции в интересах повышения эффективности производства, наиболее полного удовлетворения потребностей населения, народного хозяйства, обороны страны и экспорта.

Для достижения этой цели предусматривалось решение следующих основных задач:

разработки и освоения производства в заданные сроки широкого ассортимента новой продукции, отвечающей по своим технико-экономическим показателям достижениям научно-технического прогресса;

увеличения доли выпуска продукции высшей категории качества в общем объеме производства;

своевременного снятия с производства, модернизации или замены устаревшей продукции;

планомерного улучшения показателей качества выпускаемой продукции;

сохранения качества готовой продукции в процессе ее доведения до потребителей;

полного использования, поддержания и восстановления качества готовой продукции в процессе ее потребления и эксплуатации.

Перечислим основные принципы ГС УКП.

1. ГС УКП представляет собой совокупность мероприятий, методов и средств, обеспечивающих скоординированные действия органов управления для достижения главной цели системы.

2. ГС УКП является органической составной частью системы управления государством, его отраслями, объединениями (предприятиями) и распространяется на все сферы материального производства.

3. ГС УКП обеспечивает управление качеством продукции на всех уровнях (межотраслевом, отраслевом, уровне объединений (предприятий), а также территорий).

4. ГС УКП обеспечивает управление качеством на всех стадиях жизненного цикла продукции: при исследовании и про-

ектировании; изготовлении; реализации; эксплуатации или потреблении.

5. ГС У КП реализуется через специальные функции управления.

6. ГС У КП обеспечивает единство и взаимосвязь технических, экономических, социальных, организационных мероприятий, обеспечивающих повышение качества продукции.

7. Организационно-технической основой ГС У КП является система планирования и государственная система стандартизации.

ГС У КП может иметь различные формы реализации. Это законы, регулирующие вопросы качества, например закон о защите прав потребителей; государственные и национальные программы по обеспечению и улучшению качества важнейших объектов и приоритетные направления деятельности государства, например национальные программы по модернизации образования, по здравоохранению, жилищному строительству, развитию сельского хозяйства, космическим исследованиям, машиностроению и т. п.

Примером разработки и реализации ГС У КП были программы комплексной стандартизации важнейших видов продукции.

Комплексная стандартизация состоит в целенаправленной и планомерной разработке комплекса взаимосвязанных стандартов для обеспечения наиболее успешного решения конкретной народно-хозяйственной проблемы. Комплексность является обязательным требованием при стандартизации. Нельзя, например, устанавливать нормы прочности окраски для текстильных изделий, если эти нормы не обеспечиваются соответствующими нормами качества красителей; показатели неровноты продуктов прядения должны быть увязаны с соответствующими показателями качества используемого сырья и качества работы оборудования.

Комплексная стандартизация основывается на принципах системности, оптимальности, перспективности и программного планирования.

Программы комплексной стандартизации составляются на основе изучения потребностей народного хозяйства в продукции заданного качества, анализа достигнутого в нашей стране и за рубежом уровня производства данной продукции, прогнозов научно-технического прогресса, достижений науки и техники, анализа связей в общественном производстве и т. п. Эти программы могут рассматриваться как одна из систем управления качеством продукции.

Разработка программы начинается с создания ее модели. Структура модели включает в себя объекты стандартизации и направления стандартизации. На основании модели выполняют схемы ее отдельных частей.

Схему нужно составлять в последовательности, обратной ходу производства основного вида продукта, т. е. идти от готовой продукции к исходным материалам. Взаимосвязь стандартов должна определяться путем выделения ведущих и подчиненных стандартов. Требования подчиненного стандарта должны быть направлены на обеспечение требований ведущего стандарта, т. е. необходимо соблюдение принципа стандартизации «от целого к частному». Например, стандарт на ткани является ведущим по отношению к стандартам на пряжу, ткацкое и отделочное оборудование, организацию ткачества и отделки и т. п. Первыми идут классификационные стандарты, в которых особое место занимают стандарты номенклатуры показателей качества, которые определяют комплекс необходимых стандартов для данного объекта. Например, для текстильных изделий стандарты номенклатуры показателей качества обуславливают содержание стандартов общих технических требований и технических условий на определенную группу продукции, а также стандартов на методы испытаний показателей качества. Поэтому создание стандартов, необходимых для реализации комплексных программ, должно начинаться с определения головных стандартов номенклатуры показателей качества.

Установление полного перечня стандартов осуществляется по схемам отдельных частей всей модели программы комплексной стандартизации. В каждом стандарте программы нужно привести наиболее существенные показатели, которые должны быть включены в стандарт при его разработке или пересмотре. И если для готовой продукции эти показатели должны определяться на основе заявок и предложений потребителей, то для сырья и вспомогательных материалов их устанавливают исходя из требований ведущих стандартов. Сроки разработки, утверждения и введения в действие стандартов определяют последовательно, начиная от стандартов на основные виды продукции, причем подчиненный стандарт должен, как правило, разрабатываться с опережением соответствующих стадий разработки ведущего стандарта. Ведущий стандарт утверждают после утверждения подчиненных стандартов.

Определение взаимосвязанных сроков разработки стандартов по комплексной программе может быть произведено с помощью методов сетевого планирования.

В программу комплексной стандартизации входят: общая часть, разработка новых и пересмотр действующих стандартов, план мероприятий по реализации программы, пояснительная записка, сводная таблица работ по программе, предложения-заявки смежным министерствам или отраслям промышленности. Программы согласовывают с основными потребителями продукции, с организациями-соисполнителями, с министерствами (ведомствами), ответственными за выпуск продукции, на которую разраба-

тываются или пересматриваются стандарты в рамках данной программы. Реализация программ комплексной стандартизации производится в соответствии с перспективными (пятилетними) планами государственной и отраслевой стандартизации.

Основные принципы и методы, используемые при разработке комплексных программ государственной стандартизации, могут применяться и при отраслевой и фабричной стандартизации.

**Отраслевая система управления качеством продукции (ОС УКП)** представляет собой совокупность взаимосвязанных программ, мероприятий, нормативов, методов и средств управления, направленных на организацию планомерной деятельности аппарата министерства, департамента, объединения, предприятия и организации по установлению, обеспечению, поддержанию и систематическому повышению уровня качества продукции отрасли при ее исследовании и проектировании, изготовлении и реализации, эксплуатации или потреблении.

Целью ОС УКП является постоянное улучшение качества всех видов продукции отрасли в соответствии с потребностями ее развития, нуждами населения при заданных материальных и трудовых ресурсах.

Эта цель достигается путем:

- разработки и освоения в минимальные сроки производства новых видов продукции, технико-экономические показатели которых соответствуют передовым достижениям научно-технического прогресса;

- увеличения объема производства продукции улучшенного качества;

- планомерного улучшения показателей качества выпускаемой продукции;

- своевременного снятия с производства, модернизации или замены устаревшей продукции;

- ускорения внедрения в производство новейших достижений науки, техники и передового опыта;

- улучшения организации работы аппарата управления объединения, предприятия или организации;

- организации разработки, внедрения и совершенствования в объединении, на предприятии и в организации систем управления качеством продукции.

Построение и функционирование ОС УКП должны соответствовать основным принципам ГС УКП и базироваться на следующих положениях:

ОС УКП является органической составной частью системы управления отраслью;

ОС УКП охватывает управление на уровнях министерства, промышленного объединения, производственного объединения (пред-

приятия, организации) и функционирует в тесной взаимосвязи с органами управления государственного уровня;

ОС УКП осуществляется на всех стадиях жизненного цикла продукции;

ОС УКП носит комплексный характер;

ОС УКП отрасли базируется на обобщенных функциях управления (планировании, организации, регулировании, контроле, стимулировании, принятии управляющего воздействия) и обеспечивается реализацией взаимосвязанных функций управления качеством продукции.

Управление качеством в отрасли осуществляется на основе передовой организации производства, активного использования рычагов экономического стимулирования, улучшения качества продукции.

Организационно-технической основой ОС УКП является государственная система стандартизации, широко использующая программы комплексной стандартизации важнейших видов продукции.

ОС УКП, как и ГС УКП, может иметь различные формы реализации, например отраслевые программы улучшения важнейших видов продукции отрасли или программы совершенствования деятельности отрасли (освоение новых видов продукции, обновление ассортимента, повышение производительности труда и т. п.).

Одной из форм постоянно действующей ОС УКП является аттестация качества продукции.

Аттестация — это система оценки уровня качества продукции, предназначенная для стимулирования повышения ее качества.

При аттестации проводится комплекс организационных, технических, социологических и экономических мероприятий, направленных на планомерное внедрение в производство научно-технических достижений, улучшение качества продукции, повышение ее рентабельности, совершенствование технологии и культуры производства. Аттестация затрагивает все стадии формирования качества продукции начиная от планирования и кончая эксплуатацией (потреблением). Это одна из форм управления качеством продукции.

Как система управления качеством аттестация является универсальной и может осуществляться на государственном и отраслевом уровне и на уровне предприятия.

При аттестации устанавливают три категории качества.

Продукция высшей категории качества по технико-экономическим показателям должна соответствовать лучшим отечественным и мировым достижениям или превосходить их, быть конкурентоспособной на внешнем рынке, иметь повышенные стабильные показатели качества, соответствовать стандартам (техническим

условиям), учитывающим требования международных стандартов, обеспечивать экономическую эффективность и удовлетворять потребностям населения страны.

Продукция первой категории качества по технико-экономическим показателям должна соответствовать требованиям стандартов (технических условий) и удовлетворять потребностям народного хозяйства и населения страны.

К продукции второй категории качества относится продукция, по технико-экономическим показателям не соответствующая требованиям населения страны, морально устаревшая и подлежащая модернизации или снятию с производства.

Важно подчеркнуть, что к высшей категории качества может быть отнесена только продукция, пользующаяся повышенным спросом потребителей.

Разработка и выполнение мероприятий по подготовке продукции к аттестации и предварительное определение категорий качества осуществляются на предприятии. Категория качества продукции оценивается аттестационной комиссией предприятия, в состав которой включаются представители предприятия, торговых и других заинтересованных организаций. Председателем аттестационной комиссии на предприятии может быть директор или его заместитель, ответственный за качество продукции.

При аттестации оценивают имеющийся уровень показателей качества продукции, культуру производства, его ритмичность, убеждаются в стабильности показателей качества продукции и технологии ее изготовления. Учитываются также спрос на данную продукцию, отзывы о ней потребителей, наличие или отсутствие рекламаций, данные об экспортных поставках аттестуемой продукции и т. п. Обязательной является проверка выполнения мероприятий по улучшению качества этой продукции.

Работа по аттестации продукции на предприятии должна включать в себя:

- систематическую оценку уровня качества;
- совершенствование технологии изготовления и методов контроля;
- метрологическое обеспечение производства;
- обеспечение стабильности показателей качества;
- обеспечение высокой культуры производства;
- соблюдение требований нормативно-технической и проектно-технологической документации;
- сбор и анализ сведений о поведении продукции при эксплуатации (потреблении) и т. п.

Аттестация является одной из основных функций любой системы управления качеством продукции.

Главными задачами аттестации продукции текстильной промышленности являются:

- увеличение доли выпуска продукции улучшенного качества в общем объеме ее выпуска путем повышения качества продукции;
- разработка повышенных требований к сырью, вспомогательным, комплектующим материалам и оборудованию, которые используются при выработке текстильных изделий улучшенного качества;

совершенствование аттестации на предприятии, в том числе использование аттестата качества предприятия для оценки уровня показателей качества полуфабрикатов по переходам при выработке продукции высшей категории, а также для оценки качества труда основных рабочих.

Рассмотрим функции *системы управления качеством на предприятии (СУКП)*. Известно более 30 различных СУКП, действующих на уровне предприятия. Выделим те из них, которые внесли существенные дополнения в развитие этой системы.

*Система бездефектного изготовления продукции (СБИП)*, или *система бездефектного труда (СБТ)* впервые была разработана и внедрена на предприятиях г. Саратова. Сущность СБТ состоит в том, что обеспечение высокого и стабильного качества продукции достигается целенаправленным воздействием на его основной фактор — на качество труда исполнителей. Основным критерием качества труда является количество продукции, сданной с первого предъявления.

СБТ присущи высокоразвитый самоконтроль, эффективный оперативный контроль качества труда, четкая система материального стимулирования высокого качества вырабатываемой продукции.

Показателями бездефектного изготовления продукции являются: количество продукции, сданной с первого предъявления, индекс бездефектности, показатель качества труда рабочего и т. п.

В текстильной промышленности применение СБТ характеризуется некоторыми особенностями. Например, в условиях массового текстильного производства при значительных колебаниях качества сырья и вспомогательных материалов, а также с учетом конструктивных особенностей текстильного оборудования полностью исключить возможность присутствия в партии нестандартной продукции, например тканей без пороков внешнего вида, нельзя. Поэтому следует устанавливать ограничения по допустимому количеству (выраженному в процентах) нестандартной продукции в партии, т. е. уровень входного качества. Кроме того, не все дефекты полуфабрикатов и готовой текстильной продукции могут быть устранены. Например, повышенную неровноту одиночной пряжи исправить невозможно. Поэтому при внедрении

СБТ целесообразно не возвращать продукцию на переделку, а вести учет качества и выявлять виновников его снижения.

При введении СБТ значительно меняются функции ОТК. При обычном контроле ОТК, обнаружив то или иное отклонение в качестве продукции, не превышающее допустимый уровень, продолжает разбраковку продукции, отбраковывая нестандартные изделия. В СБТ каждый работник, контролируя работу предшествующего этапа и свою собственную, отбраковывает негодные изделия. ОТК осуществляет контроль продукции только в том случае, если количество нестандартной продукции не превышает установленного уровня или она вообще отсутствует. При обнаружении в партии продукции с отклонениями от заданных норм разбраковка прекращается и вся партия возвращается цеху — предъявителю продукции. Вторично предъявить продукцию на контроль можно только в том случае, если поставщик — исполнитель в письменной форме сообщит, что сделано для устранения отмеченных ОТК недостатков и какие мероприятия по предупреждению их повторения в будущем разработаны. Если при повторном предъявлении продукция опять возвращается изготовителю, то на третье предъявление партии ОТК необходимо письменное распоряжение директора предприятия или его заместителя, ответственного за качество продукции. Каждый случай возврата продукции учитывается и влечет за собой соответствующие меры воздействия со стороны администрации.

СБТ в текстильной промышленности целесообразно применять на тех предприятиях, где фактор качества труда исполнителей играет доминирующую роль в формировании качества продукции, например при приемке оборудования из профилактического или капитального ремонта, при подготовке смесей в приготовительном производстве, при приемке паковок и т. п. Применительно к текстильным материалам в СБТ значительное место занимают органолептические методы оценки качества продукции, что в некоторых случаях является недостатком этой системы.

За рубежом системы, аналогичные СБТ, также получили широкое применение. Например, в США такая система известна под названием «zero defects» — «ноль дефектов».

Название системы КАНАРСПИ образовано начальными буквами слов «Качество. Надежность. Ресурс с первых изделий». Эта система была разработана и впервые внедрена на Горьковском авиационном заводе.

Сущность КАНАРСПИ заключается в целенаправленном воздействии на факторы, определяющие качество на стадиях проектирования и подготовки (постановки) продукции к массовому (серийному) производству, а также эксплуатации. Систематический анализ причин отказов и снижения качества изделий в процессе

эксплуатации показал, что это часто происходит вследствие ошибок, допущенных при проектировании, разработке и постановке продукции на производство, а также из-за неумения потребителей правильно эксплуатировать продукцию. Это стало предпосылками создания КАНАРСПИ.

Система характеризуется:

интенсивным использованием изделий, созданных на допроизводственных этапах, для их конструктивно-технологической отработки;

широким развитием научных исследований в целях повышения качества выпускаемых изделий;

унификацией и типизацией технологии изготовления продукции;

активным участием изготовителя (поставщика) в обеспечении эффективной эксплуатации (потреблении) продукции.

Для КАНАРСПИ характерны:

комплексность решения задач обеспечения качества продукции; развитие исследований, направленных на повышение качества; получение объективной и своевременной информации о качестве выпускаемой продукции;

использование периода подготовки производства для выявления и устранения причин, снижающих качество продукции;

активное участие предприятий-изготовителей и организаций-потребителей в совершенствовании изделий и повышении эффективности их эксплуатации;

широкое использование принципов комплексной стандартизации при решении задач;

универсальность, т. е. возможность применения в различных отраслях промышленности.

Система предусматривает проведение работ по шести основным направлениям:

1) создание опытного образца с определенными показателями качества;

2) совершенствование изделия в процессе создания серийного образца для массового производства;

3) применение прогрессивных технологий и их совершенствование;

4) разработка и внедрение совершенных систем контроля и оценки качества на всех этапах производства;

5) совершенствование организации производства и создание условий для изготовления продукции в соответствии с проектно-технологической и нормативно-технической документацией;

6) обеспечение эксплуатации на высоком техническом уровне.

*Комплексная система управления качеством продукции (КС УКП)*, созданная в легкой промышленности, была разработана и впервые

внедрена на Тираспольской швейной фабрике. Она явилась следствием совершенствования ранее существовавших систем управления качеством — СБТ, КАНАРСПИ, НОТПУ (научная организация труда, производства и управления) и др.

Сущностью системы является переход от отдельных разрозненных мероприятий к четкой научно обоснованной системе комплексных и постоянно действующих мероприятий, направленных на совершенствование управления производством и улучшение качества вырабатываемой продукции на всех стадиях его формирования.

При создании системы было выделено три взаимосвязанные группы задач:

- 1) изучение рынка сбыта и регулирование взаимоотношений с поставщиками и торговыми организациями;
- 2) конструирование новых изделий, а также технико-технологическая подготовка их массового производства;
- 3) регулирование качества выпускаемой продукции.

Для комплексного решения этих задач была разработана информационно-функциональная модель системы управления. Весь процесс формирования качества продукции был разделен на следующие стадии: изучение спроса, проектирование, планирование, техническая подготовка производства, подготовка и раскрой ткани, пошив изделия, влажно-тепловая обработка, упаковка готовых изделий, отгрузка и реализация. На каждой стадии были выделены этапы (или комплексы) взаимосвязанных работ, высококачественное и своевременное выполнение которых различными подразделениями, службами и отдельными исполнителями в определенной последовательности или совокупности должно было гарантировать ритмичное и стабильное производство высококачественных изделий. Затем по стадиям и этапам на специальных карточках было составлено описание каждой элементарной (технологически неделимой) операции и времени ее выполнения. Таким образом была построена функционально-технологическая модель процесса управления. При сопоставлении этой модели с информационно-функциональной в случае необходимости принималось решение о совершенствовании управления производством и качества вырабатываемой продукции. В процессе работы функционально-технологическая модель постоянно уточнялась и совершенствовалась. На ее основе создавалась технология управления производством и качеством продукции, которая также постоянно уточнялась и совершенствовалась.

Механизм управления качеством при этом выглядел следующим образом. В соответствии с планом выпуска какого-либо изделия оператор выбирал карточки блока, делал две их копии и на каждой проставлял время начала и окончания предусмотренного

в них комплекса работ. Одна копия направлялась руководителю соответствующей службы или производства, а вторая — в диспетчерскую службу фабрики. Руководитель на основе карточки блока выбирал карточки элементарных работ или операций, снимал с них копии, представлял время начала и окончания работ и выдавал их исполнителям и контролерам. При этом получался сетевой график работ, выполняемых на соответствующей стадии производства. Диспетчерская служба фабрики следила за выполнением установленного графика работ и информировала о состоянии дел соответствующего руководителя. Таким образом обеспечивалось четкое и ритмичное выполнение всех взаимосвязанных комплексов работ по проектированию, планированию, подготовке производства, запуску новой модели, серийному производству и т. п.

На основе функционально-технологической модели с учетом затрат времени на выполнение определенных комплексов работ и отдельных операций можно произвести расчет времени участия рабочих и ИТР в выполнении оперативных работ по управлению производством и качеством продукции в общем времени выполнения всех работ. Проанализировав эту информацию, можно было выявить наиболее «узкие» места и принять соответствующие решения по их устранению.

*Комплексная система управления качеством продукции на базе стандартов предприятия* была разработана и внедрена на некоторых предприятиях г. Львова и Львовской области.

Сущность системы заключается в том, что реализация функций управления качеством осуществляется путем разработки и внедрения комплекса организационно и методически взаимосвязанных стандартов предприятий, в которых отражаются требования действующих государственных и отраслевых стандартов, особенности выпускаемой продукции и организационно-технический уровень предприятия.

Определены следующие функции, реализуемые в комплексной системе управления качеством продукции:

- 1) прогнозирование потребностей технического уровня и качества продукции;
- 2) планирование повышения качества продукции;
- 3) аттестация качества продукции;
- 4) разработка продукции и постановка ее на производство;
- 5) технологическая подготовка производства;
- 6) материально-техническое обеспечение качества продукции;
- 7) метрологическое обеспечение качества продукции;
- 8) подбор, расстановка, воспитание и обучение кадров;
- 9) обеспечение стабильного уровня качества продукции;
- 10) организация службы хранения, транспортирования, эксплуатации, ремонта;

- 11) стимулирование повышения качества продукции;
- 12) контроль качества продукции;
- 13) государственный надзор за соблюдением стандартов, технических условий и состоянием средств измерений;
- 14) правовое обеспечение управлением качества продукции.

Содержание приведенных выше функций может значительно различаться в зависимости от вида производства (мелкосерийное, массовое, дискретное, непрерывное и т. п.) и этапов существования продукции (проектирование, производство, эксплуатация).

На предприятиях, как правило, имеются документы, отражающие принципы управления качеством продукции. Это различные приказы, инструкции, положения, методики и т. п. Порой они представляют собой разнородный, несистематизированный набор документов, отражающих опыт работы предприятия.

Стандарт предприятия (СТП) в качестве основного нормативно-технического документа по управлению качеством продукции на предприятии имеет следующие достоинства:

СТП является составной частью Государственной системы стандартизации (ГСС) и органически вбирает в себя идеологию, цели, задачи и требования стандартизации;

СТП по управлению качеством теснейшим образом связан с соответствующими отраслевыми и государственными стандартами, что обеспечивает взаимосвязь управления качеством на уровне предприятия с управлением качеством на государственном и отраслевом уровнях;

СТП, с одной стороны, жестко регламентирует соответствующие элементы для данного производства, а с другой — не ограничивает их разнообразия, обусловленного разнообразием характеров и типов производства изделий, видов предметов труда, конкретных условий организации производства и управления им на том или ином предприятии;

СТП по управлению качеством является постоянно действующим целенаправленным документом, способствующим обеспечению и повышению качества продукции.

*Комплексная система повышения эффективности производства (КС ПЭП)* была внедрена на различных предприятиях Краснодарской области.

Сущность системы заключается в том, что целенаправленное воздействие осуществляется на факторы, не только определяющие качество вырабатываемой продукции, но и влияющие на эффективность производства.

КС ПЭП включает в себя семь основных подсистем с четко определенными задачами, функциями и критериями оценки. В общем виде они сводятся к следующему.

### 1. Управление использованием трудовых ресурсов.

Цель — повышение эффективности использования трудовых ресурсов, социального уровня и творческой активности коллектива.

Задачи — научно обоснованное формирование кадров; стимулирование высокоэффективного труда; совершенствование управления трудовым процессом; улучшение условий труда и техники безопасности.

Функции — планирование труда; научная организация и нормирование труда; организация подготовки и повышения квалификации кадров; организация оплаты труда; социальное развитие коллектива.

Критерии оценки эффективности — рост производительности труда; повышение эффективности и качества труда; сокращение непроизводительных потерь рабочего времени.

### 2. Управление использованием основных фондов и капитальных вложений.

Цель — повышение эффективности использования основных фондов и капитальных вложений.

Задачи — рациональное использование капитальных вложений на развитие производства; концентрация ресурсов на пусковых объектах по целевым программам; улучшение производственной и технологической структуры основных фондов; реализация лишнего и замена устаревшего оборудования; интенсификация использования основных фондов.

Функции — планирование развития и использования основных фондов; планирование и финансирование капитальных вложений; организация технического обслуживания оборудования; анализ и контроль сменности работы, уровня загрузки оборудования.

Критерии оценки эффективности — рост фондоотдачи; повышение коэффициентов сменности и загрузки оборудования; сокращение сроков ввода основных фондов и достижения проектных технико-экономических показателей; снижение себестоимости оборудования по статье «амортизация»; повышение коэффициента эффективности капитальных вложений.

### 3. Управление использованием материальных ресурсов.

Цель — повышение эффективности использования материальных ресурсов и оборотных фондов.

Задачи — обеспечение производства материальными ресурсами и оборотными фондами в объеме полной потребности в них; рационализация кругооборота оборотных фондов, установление рациональных хозяйственных связей; рационализация использования имеющихся в наличии материальных ресурсов.

Функции — нормирование запасов и расхода материальных ресурсов; планирование и организация материально-технического

снабжения; совершенствование организации и планирования складского хозяйства; разработка и внедрение мероприятий по экономии материальных ресурсов.

Критерии оценки эффективности — рост коэффициента использования материалов; снижение материальных затрат; ускорение оборачиваемости оборотных средств.

#### 4. Управление использованием финансовых ресурсов.

Цель — наиболее полное обеспечение финансовыми ресурсами плановых потребностей производства и достижение наивысших результатов финансово-хозяйственной деятельности.

Задачи — обоснование потребности предприятия в финансовых ресурсах; совершенствование финансово-кредитного планирования; системный анализ и выявление резервов улучшения финансово-хозяйственной деятельности предприятия; усиление контроля за рациональным использованием финансовых ресурсов; развитие и углубление внутрихозяйственного расчета; постоянное совершенствование распределения и использования средств фондов экономического стимулирования.

Функции — планирование потребностей предприятия в финансовых ресурсах; организация финансирования затрат на расширение, реконструкцию и техническое перевооружение предприятия, капитальный ремонт и модернизацию основных фондов; организация работы по увеличению прибыли, повышению уровня рентабельности и укреплению финансового состояния предприятия; организация нормирования и использования оборотных средств; анализ эффективности использования финансовых ресурсов; обеспечение расчетов с банками, поставщиками и покупателями, расчетов по зарплате; контроль за соблюдением финансовой дисциплины.

Критерии оценки эффективности — снижение себестоимости продукции и рост прибыли; повышение рентабельности производства; выполнение обязательств по платежам в бюджет; ускорение оборачиваемости оборотных средств.

#### 5. Управление научно-техническим прогрессом.

Цель — повышение технического уровня производства.

Задачи — внедрение в производство прогрессивных технических решений; повышение технического уровня производства; внедрение передового опыта.

Функции — прогнозирование и планирование технического развития производства; техническое перевооружение предприятия, автоматизация и механизация производственных процессов; совершенствование технологии; применение прогрессивных материалов и сырья.

Критерии оценки эффективности — повышение уровня механизации и автоматизации; повышение производительности труда,

снижение себестоимости (обеспечиваемое путем повышения технического уровня производства).

#### 6. Управление производственным процессом.

Цель — мобилизация коллектива предприятия на ритмичное и эффективное выполнение плановых заданий.

Задачи — совершенствование планирования производства; совершенствование оперативного планирования и регулирования производства; совершенствование анализа, учета и контроля; совершенствование стимулирования качества работы коллективов и исполнителей.

Функции — организация планирования и прогнозирования производства; совершенствование организации производства и управления; организация оперативного планирования и регулирования производства; организация анализа, учета, контроля и оценки производственно-хозяйственной деятельности; стимулирование повышения качества управленческих решений.

Критерии оценки эффективности — выполнение плановых заданий по технико-экономическим показателям; ритмичность работы производственных и управленческих подразделений; выполнение планов и обязательств.

#### 7. Управление качеством продукции.

Цель — обеспечение оптимального уровня качества продукции.

Задачи — формирование высокого качества продукции; обеспечение заданного уровня качества; поддержание достигнутого уровня качества.

Функции — прогнозирование и планирование повышения качества; организация разработки и постановки продукции на производство; аттестация продукции; организация и регулирование процессов совершенствования продукции, ее изготовления и эксплуатации; организация метрологического обеспечения; технический контроль качества продукции; стимулирование повышения качества.

Как и в КС У КП, в КС ПЭП основным организационно-методическим документом по обеспечению эффективного функционирования СУКП является СТП.

Соответствующие СТП разрабатываются по функциям основных подсистем КС ПЭП.

### 5.4.3. МЕЖДУНАРОДНЫЕ СТАНДАРТЫ ИСО 9000

Обобщенный опыт разработки, внедрения и эффективного функционирования СУКП в различных отраслях промышленности развитых стран нашел отражение в создании комплекса международных стандартов по управлению качеством продукции серии 9000.

В марте 1987 г. Международной организацией по стандартизации (ИСО) приняты стандарты по системам управления качеством продукции, в которых отражен международный опыт по управлению качеством продукции на предприятиях. Во многих странах эти стандарты были приняты в качестве национальных. В ряде стран национальные стандарты по управлению качеством существуют с середины 70-х годов XX в. В первую очередь они разрабатывались и применялись в целях обеспечения качества на этапах проектирования и производства в важнейших отраслях промышленности: авиации, космонавтике, производстве военной техники и т. д. В зарубежной практике стандарты ИСО серии 9000 применяются при заключении контрактов между фирмами. При этом соответствие требованиям стандартов ИСО рассматривается как гарантия того, что поставщик способен выполнить требования контракта и обеспечить стабильное качество продукции.

Популярность систем управления качеством растет, несмотря на то что они не решают всех задач, необходимых для обеспечения конкурентоспособности, и занимают прочное место в рыночном механизме. О наличии на предприятии системы качества по ИСО 9000 свидетельствует сертификат — одно из основных условий допуска предприятия к тендерам по участию в различных проектах.

Стандарты ИСО серии 9000 популярны, о чем свидетельствует общая динамика сертификации систем качества на соответствие их требованиям. Например, по имеющимся данным в 1993 г. в мире было сертифицировано около 50 тыс. систем качества. В 1995 г. их число возросло до 100 тыс. В настоящее время сертифицированных систем качества уже более 300 тыс. Многие транснациональные компании требуют от своих поставщиков обязательного внедрения ИСО 9000.

В 1987 г. было разработано и опубликовано пять стандартов ИСО серии 9000.

Стандарт ИСО 9000—87. Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества — головной в этой серии. Он содержит указания по применению других стандартов серии ИСО:

ИСО 9001—87. Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и(или) разработке, производстве, монтаже и обслуживании;

ИСО 9002—87. Система качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже;

ИСО 9003—87. Система качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях.

(Три этих стандарта предназначены для организации системы, обеспечивающей требуемое качество конкретной продукции в рамках контракта.)

ИСО 9004—87. Общее руководство качеством и элементы системы качества. Руководящие указания.

Этот стандарт предназначен для создания системы качества на предприятии.

Стандарты ИСО 9001—87, ИСО 9002—87 и ИСО 9003—87 содержат рекомендации по разработке дополнения к контракту по вопросу обеспечения стабильного качества. Стандарты ИСО 9000—87, ИСО 9001—87, ИСО 9002—87, ИСО 9003—87 и ИСО 9004—87 не преследовали цель стандартизации систем качества, применяемых на предприятиях.

В России стандарты ИСО 9001, ИСО 9002, ИСО 9003 были использованы в качестве базовых при разработке государственных стандартов серии 40, которые включали в себя:

ГОСТ 40.9001—88. Система качества. Модель для обеспечения качества при проектировании и(или) разработке, производстве, монтаже и обслуживании;

ГОСТ 40.9002—88. Система качества. Модель для обеспечения качества при производстве и монтаже;

ГОСТ 40.9003—88. Система качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях.

Стандарты ГОСТ 40.9001—88, ГОСТ 40.9002—88, и ГОСТ 40.9003—88 действуют при проверке системы обеспечения качества продукции предприятия и служат моделями, на соответствие которым система проверяется.

В 1990—1994 гг. была выпущена вторая редакция стандартов серии ИСО 9000, включающая в себя следующие документы:

ИСО 9000-1—94. Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества. Часть 1. Руководящие указания по выбору и применению;

ИСО 9000-2—93. Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества. Часть 2. Общие руководящие указания по применению ИСО 9001 — ИСО 9003;

ИСО 9000-3—91. Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества. Часть 3. Руководящие указания по применению ИСО 9001 при разработке, поставке и обслуживании программного обеспечения;

ИСО 9000-4—94. Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества. Часть 4. Руководство по управлению программной надежностью;

ИСО 9001—94. Системы качества. Модель для обеспечения качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании;

ИСО 9002—94. Системы качества. Модель для обеспечения качества при производстве, монтаже и обслуживании;

ИСО 9003—94. Системы качества. Модель для обеспечения качества при окончательном контроле и испытаниях;

ИСО 9004-1—94. Общее руководство качеством и элементы системы качества. Часть 1. Руководящие указания;

ИСО 9004-2—94. Общее руководство качеством и элементы системы качества. Часть 2. Руководящие указания по услугам;

ИСО 9004-3—94. Общее руководство качеством и элементы системы качества. Часть 3. Руководящие указания по перерабатываемым материалам;

ИСО 9004-4—94. Общее руководство качеством и элементы системы качества. Часть 4. Руководящие указания по улучшению качества.

К этим стандартам примыкает группа стандартов серии 10000:

ИСО 10011-1—90. Руководящие указания по проверке систем качества. Часть 1. Проверка;

ИСО 10011-2—91. Руководящие указания по проверке систем качества. Часть 2. Квалификационные критерии для экспертов-аудиторов по проверке систем качества;

ИСО 10011-3—91. Руководящие указания по проверке систем качества. Часть 3. Руководство программой проверок;

ИСО 10012-1—92. Требования, гарантирующие качество измерительного оборудования. Часть 1. Система подтверждения метрологической пригодности измерительного оборудования.

В стандарте ИСО 9000-1—94 указано, что он использует определения терминологического стандарта ИСО 8402—94. Управление качеством и обеспечение качества. Словарь. Дополнительно в нем содержится определение понятий «политика в области качества», «общее руководство качеством», «система качества», «управление качеством», «обеспечение качества», «оборудование (технические средства)», «программное обеспечение» и сформулированы следующие задачи в области качества, стоящие перед предприятием:

1) достигать заданного уровня качества, поддерживать его и стремиться к постоянному улучшению продукции в соответствии с требованиями потребителя (заказчика);

2) улучшать качество своей работы с целью постоянного удовлетворения требований потребителей;

3) обеспечивать уверенность руководства и других работников в том, что требования к качеству выполняются и происходит улучшение качества;

4) обеспечивать уверенность потребителей в том, что требования к качеству поставляемой продукции достигаются или будут достигнуты;

5) обеспечивать уверенность в том, что требования к системе качества выполняются.

Стандарт 9000-2—93 содержит рекомендации о том, на основании какого стандарта из трех — ИСО 9001, ИСО 9002 или

ИСО 9003 — следует выбирать способ регламентации системы качества в условиях контракта.

Стандарт ИСО 9004-1—94 содержит рекомендации по составу и содержанию элементов общей системы качества предприятия. В нем дается определение системы качества. В стандарте содержатся требования к руководству предприятия, которое должно определять общую политику в области качества. Действие системы качества распространяется на все этапы жизненного цикла продукции и на все процессы от первоначального (выявления потребностей рынка) до конечного (удовлетворения этих требований).

Все виды деятельности, имеющие отношение к качеству, должны быть регламентированы документально. Основным документом является «Руководство по качеству», в котором описывается система общего руководства качеством. Для различных подразделений и служб должны быть разработаны отдельные «Руководства по качеству».

Стандарт содержит рекомендации по выполнению мероприятий, влияющих на качество, в рамках всех этапов и видов деятельности, входящих в «петлю качества», а также по экономическим вопросам, контрольно-измерительному оборудованию, погрузочно-разгрузочным работам и послепроизводственным операциям, по порядку регистрации данных о качестве, работе с персоналом, в том числе по его стимулированию, обеспечению безопасности, использованию им статистических методов.

На рис. 5.15 изображено три направления деятельности в системе качества (обеспечение качества, управление качеством и улучшение качества).

Политика предприятия в области качества формируется высшим руководством предприятия.

Система качества создается руководством предприятия как средство реализации политики предприятия в области качества. Она разрабатывается с учетом конкретной деятельности предприятия. Система качества (ИСО серии 9000 и соответственно ГОСТ 40.9001—88, ГОСТ 40.9002—88, ГОСТ 40.9003—88) призвана обеспечить качество конкретной продукции, поэтому на одном и том же предприятии, выпускающем различные виды продукции, система качества предприятия может состоять из подсистем для определенных видов продукции.

Обеспечение качества продукции представляет собой совокупность планируемых и систематически осуществляемых мероприятий, создающих условия для выполнения каждого этапа «петли качества» таким образом, чтобы качество продукции удовлетворяло определенным требованиям.

Для определения вида мероприятий по обеспечению качества нужно формировать целевые научно-технические программы по-

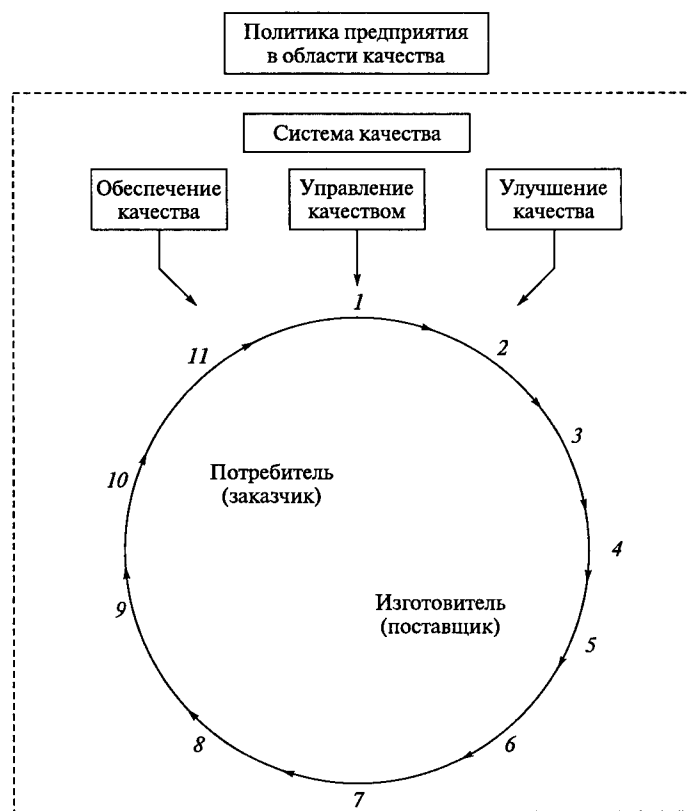


Рис. 5.15. Система качества:

1 — маркетинг; 2 — проектирование и разработка технических требований к продукции; 3 — материально-техническое снабжение; 4 — подготовка и разработка производственных процессов; 5 — производство; 6 — контроль, испытания, исследования; 7 — упаковка и хранение; 8 — реализация продукции; 9 — монтаж и эксплуатация; 10 — техническое обслуживание; 11 — утилизация после обслуживания

вышения качества продукции. Эти программы разрабатываются на каждую продукцию отдельно и должны содержать задания по обеспечению технического уровня и качества создаваемой продукции, требования к ресурсному обеспечению всех этапов петли качества (например, требования к оборудованию, сырью, материалам, комплектующим изделиям и т. д.), а также мероприятия на всех этапах петли качества, обеспечивающие реализацию этих требований.

К систематическим мероприятиям по обеспечению качества относятся работы, которые выполняются постоянно или с определенной периодичностью (например, постоянное изучение рынка, периодическое обучение персонала и т. д.).

Особое место занимают мероприятия, связанные с предупреждением брака. В соответствии с идеологией стандартов ИСО серии 9000 система качества должна обеспечивать уверенность в том, что проблемы предупреждаются, а не выявляются после возникновения. К таким мероприятиям относят, например, замену технологической оснастки и инструмента, планово-предупредительный ремонт оборудования, техническое обслуживание и т. д.

Управление качеством представляет собой деятельность оперативного характера. К ней относятся управление процессами, выявление различного рода несоответствий в продукции, производстве или в системе качества, устранение этих несоответствий и вызвавших их причин.

В методологии систем качества меры по выявлению и устранению отклонений и их причин известны как замкнутый управленческий цикл, который включает в себя контроль, учет, анализ (оценку), принятие и реализацию решения. Решения могут приниматься по результатам текущей информации, получаемой при контроле, учете и анализе, а также по результатам обработки и анализа накапливаемой информации.

При проектировании систем качества управление качеством необходимо предусматривать как обязательный принцип по отношению ко всем элементам системы качества на всех этапах петли качества.

Улучшение качества — это постоянная деятельность, направленная на повышение технического уровня продукции, качества ее изготовления, совершенствование элементов производства и системы качества.

Объектом улучшения качества может стать любой элемент производства или системы качества (например, технический процесс, конструкция детали и т. д.). Это направление деятельности связано с решением задачи получения результатов, лучших по сравнению с первоначально установленными нормами.

Идеология постоянного улучшения качества непосредственно связана с тенденцией повышения конкурентоспособности продукции, обладающей высоким уровнем качества при низкой цене.

Деятельность по улучшению качества продукции требует специальной организации. Одной из организационных форм работы по улучшению качества является группа качества (за рубежом — кружок качества). Могут также использоваться организации рационализаторской деятельности, временные творческие коллективы,

в которые при решении определенных задач входят и руководители фирм.

Постоянное улучшение качества продукции должно стать общей частью политики предприятия в области качества.

Стандарт ИСО 8402 содержит понятия, определяющие политику в области качества. «Руководство по качеству» может охватывать всю деятельность организации или некоторую ее часть; например, оно может содержать определенные требования к качеству продукции или услуг, а также к конкретным процессам, контрактным требованиям, нормативам, правилам или самой организации.

Для эффективного функционирования системы качества важно, чтобы эти требования соответствовали выбранному стандарту.

В зависимости от назначения различают следующие виды руководств по качеству:

- общее руководство по качеству (для всего предприятия);
- отдельные руководства по качеству (для подразделений);
- специализированные руководства по качеству, относящиеся к некоторым этапам петли качества (например, проектированию, материально-техническому снабжению и т. д.).

В руководство по качеству входят программы качества, которые регламентируют:

- цели, на достижение которых направлена программа;
- права и обязанности исполнителей;
- вопросы применения специальных процедур, методов и рабочих инструкций;
- содержание программ испытаний, контроля и проверки на отдельных этапах петли качества;
- порядок изложения программы с учетом стадии работ над проектом;
- другие мероприятия, обеспечивающие достижение поставленных целей.

Программы качества особенно необходимы для новых видов продукции (услуг).

Важным составным элементом руководств по качеству является регистрация данных, подтверждающих достижение требуемого уровня качества продукции (услуг) и позволяющих контролировать эффективность системы управления качеством. Эти данные регистрируются в протоколах (технического контроля, испытаний и т. д.), отчетах (о достоверности измерений, периодической проверке материалов, затратах на повышение качества и др.). Они хранятся в течение установленного времени и используются при анализе динамики требований к качеству и эффективности мер корректирующего воздействия. При хранении данных о качестве должны предусматриваться меры предосторожности, исключающие их искажение или утрату.

Хотя установленной структуры или формы для руководств по качеству и нет, они могут включать в себя задачи и нормативные процедуры — четкие, точные и полные, изложенные просто и кратко.

Стандарт ИСО 9001 используется в том случае, если соответствие определенным требованиям должно быть обеспечено изготовителем на нескольких стадиях, к которым относятся проектирование (разработка), производство, монтаж и обслуживание.

Стандарт ИСО 9002 используется в том случае, если эти условия распространяются на стадии производства и монтажа, а стандарт ИСО 9003 — только на окончательный контроль и испытание, т. е. на завершающую стадию производства.

Стандарт ИСО 9001—96 содержит рекомендации, относящиеся к системе качества предприятия-поставщика и касающиеся аспектов, перечисленных в разделе «Требования к системам качества».

1.1. Ответственность руководства. Ответственность, полномочия и взаимодействие всех руководителей, выполняющих и контролирующих работу на предприятии-поставщике, влияющую на качество, должны быть четко определены.

1.2. Система качества. На предприятии должна действовать документально оформленная система качества, обеспечивающая соответствие продукции установленным требованиям.

1.3. Анализ контракта. На предприятии должны быть разработаны процедуры, обеспечивающие возможность периодического анализа контракта.

1.4. Управление проектированием. Должны быть разработаны процедуры, относящиеся к управлению и контролю за проектированием, а также процедуры определения, документального оформления, проверки и утверждения всех изменений и модификаций начального проекта продукции до его реализации.

1.5. Управление документацией. Поставщик должен установить процедуру разработки и функционирования всей системы мер, предусмотренных стандартом, актуализации регламентирующих ее документов и данных о качестве, получаемых в процессе испытаний и контроля. Соответствующие документы должны быть доступны на всех этапах производственной структуры предприятия, а устаревшие документы должны своевременно изыматься из всех мест ее рассылки и применения.

1.6. Закупки. Приобретаемые предприятием сырье и комплектующие изделия должны соответствовать установленным требованиям. Выбор субподрядчиков должен осуществляться на основе оценки их способности удовлетворять требованиям контракта на субподряд, в том числе требованиям, относящимся к качеству. Необходимо вести регистрацию удовлетворяющих потребителя субподрядчиков. Документы на закупку должны содержать описание

заказанной продукции. Потребитель продукции должен иметь право проверять ее непосредственно у поставщика или на своей территории.

1.7. Управление продукцией, поставляемой потребителям. Поставщик должен разработать и поддерживать в рабочем состоянии документы по управлению контролем, хранению и техническому обслуживанию продукции, поставляемой потребителям.

1.8. Идентификация продукции и информация о ней. Предприятие-поставщик должно устанавливать методы идентификации продукции на всех этапах ее производства, поставки и монтажа.

1.9. Управление процессами. Предприятие-поставщик должно определить и спланировать производственные процессы и, если необходимо, процессы монтажа, обеспечить выполнение этих процессов в управляемых условиях, т. е. при наличии документированных рабочих инструкций, соответствующего оборудования, стандартов, правил, программы.

1.10. Контроль и испытания. Входной контроль должен осуществляться в соответствии с установленными требованиями. В процессе производства следует выполнять операционный контроль и регулирование технологических процессов, используя предназначенные для этого программы и документы. Поставщик должен осуществлять контроль в соответствии с программой качества с целью доказательства соответствия готовой продукции установленным требованиям, а также регистрировать данные, подтверждающие, что продукция подверглась контролю на соответствие определенным критериям приемки.

1.11. Управление контрольным, измерительным и испытательным оборудованием. Поставщик должен использовать контрольное, измерительное и испытательное оборудование, обеспечивающее возможность устанавливать соответствие всех контролируемых показателей и параметров нормативным значениям с заданной точностью и достоверностью.

1.12. Статус контроля и испытания. Контроль и испытания должны гарантировать поставку только той продукции, которая прошла необходимый контроль и испытания.

1.13. Действия с дефектной продукцией. Поставщик должен предусмотреть процедуры, обеспечивающие невозможность использования по недосмотру продукции, не отвечающей установленным требованиям. Эти процедуры должны включать в себя выявление продукции неудовлетворительного качества, ее изоляцию, если это необходимо, идентификацию документации, а также регистрацию произведенных действий. Отремонтированная или переработанная продукция должна подвергаться повторной проверке в соответствии с документированными процедурами.

1.14. Корректирующие и предупреждающие воздействия. Поставщик должен создать условия для реализации документально оформленных процедур, обеспечивающих выявление причин несоответствия продукции соответствующим требованиям, осуществление корректирующих воздействий, предупреждающих повторение дефектов, анализ причин дефектов на всех этапах изготовления продукции, анализ отчетов об использовании продукции и рекламация, проведение профилактических действий и контроль их эффективности. При этом должна существовать четкая система регистрации изменений, вызванных корректирующими воздействиями.

1.15. Погрузочно-разгрузочные работы, хранение, упаковка, консервация и поставка. Поставщик должен применять методы и средства для погрузочно-разгрузочных работ, предупреждающие возможность повреждения продукции.

Поставщик должен располагать надежными помещениями для хранения продукции, исключающими возможность ее повреждения до отправки потребителям. Должны существовать документы, регламентирующие порядок приемки продукции в складских помещениях и их отправки. В целях выявления повреждений следует периодически оценивать условия хранения продукции на складах.

Упаковка должна обеспечивать сохранность продукции. Сохранение качества продукции должно обеспечиваться после окончательного контроля. Если оговорено в контракте, сохранность должна обеспечиваться вплоть до доставки продукции к месту назначения.

1.16. Управление регистрацией данных о качестве. Поставщик должен устанавливать и осуществлять процедуры идентификации, сбора, индексирования, заполнения, хранения, ведения и изъятия зарегистрированных данных о качестве продукции. Адекватные зарегистрированные данные субподрядчиков должны быть составными элементами общих данных. Следует обеспечить условия, при которых данные можно было легко найти. Храниться данные должны в условиях, исключающих их искажение и утерю. Сроки хранения зарегистрированных данных устанавливаются в документах. Если это обусловлено контрактом, зарегистрированные данные должны предоставляться заказчику по его требованию в течение установленного времени.

1.17. Внутренняя проверка качества. На предприятиях должна осуществляться система плановых и документированных внутренних проверок, удостоверяющих соответствие деятельности сотрудников, ответственных за качество, запланированным мероприятиям и определяющих эффективность системы качества.

1.18. Подготовка кадров. Поставщик должен разрабатывать и актуализировать процедуры определения потребностей в подго-

товке персонала, выполняющего работу. Персонал, ответственный за выполнение определенных заданий, должен получить квалификацию на основе соответствующего образования или опыта. Данные о квалификации персонала должны регистрироваться.

1.19. Обслуживание. Если послепродажное обслуживание предусмотрено контрактом, то поставщик должен разрабатывать и актуализировать процедуры гарантийного обслуживания.

1.20. Статистические методы. В обоснованных случаях поставщик должен применять статистические методы контроля качества и регулирования технологических процессов.

Разрабатываемая в соответствии со стандартом ИСО 9004 система качества должна предусматривать и те требования, которые предусмотрены стандартами ИСО 9001, ИСО 9002 и ИСО 9003. Требования всех пунктов этих стандартов должны найти отражение в документах предприятия, регламентирующих работы, предусмотренные в петле качества (см. рис. 5.14, 5.15).

Можно предположить, что совершенствование работ по управлению качеством будет заключаться в создании межотраслевых, межгосударственных и международных систем управления качеством. При этом приоритетными объектами таких систем будут питание, здравоохранение, экология, духовное и культурное развитие общества. В сфере материального производства основное внимание будет уделяться предметам потребления, среди которых одно из первых мест традиционно занимают одежда и используемые для ее изготовления текстильные материалы.

Для специалистов, работающих в области качества текстильных материалов, можно рекомендовать следующие основные принципы деятельности:

- продукция для потребителя;
- качество продукции прежде всего;
- в качестве нет мелочей;
- требования потребителя — закон для изготовителя;
- потребитель всегда прав.

Д. Карнеги сформулировал следующие основные правила поведения специалистов — менеджеров по качеству:

- проявлять уважение к потребителям, коллегам и подчиненным, дорожить их доверием;
- быть точным, пунктуальным и обязательным;
- обладать общей культурой, проявлять здравый смысл и профессиональную компетентность;
- стремиться к успехам в области качества и конкуренции на длительное время;
- уметь ставить цели, относящиеся к управлению качеством, и достигать их;
- создавать творческую обстановку в коллективе.

Разработка СУ КП на предприятии включает в себя следующие основные этапы.

1. Создание на предприятии самостоятельного подразделения (отдела, службы, группы и т. д.) по координации работ, связанных с разработкой, внедрением, функционированием и совершенствованием комплексной системы управления качеством продукции. Организация обучения работников предприятия методам контроля, обеспечения и управления качеством продукции.

2. Анализ фактического положения, относящегося к обеспечению качества продукции и управлению им на предприятии, изучение опыта передовых предприятий.

На втором этапе изучаются документы, касающиеся организации производства, обеспечения качества продукции и управления им на предприятии, анализируются потери, вызванные снижением качества продукции, изучается опыт работы служб и подразделений предприятия в обеспечении качества продукции и т. п.

3. Выделение основных стадий формирования качества продукции, построение информационно-функциональной модели управления производством и качеством продукции.

4. Разработка «Руководства по качеству» и головного СТП «Комплексная система управления качеством продукции на предприятии. Общие положения».

На этом этапе должны быть определены цель, задачи и функции системы управления качеством продукции на предприятии; установлена схема взаимодействия структурных подразделений предприятия по обеспечению требуемого уровня качества и его систематического улучшения; сформулированы основные факторы, от которых зависит качество продукции, и выделены стадии его формирования; выработан порядок принятия решений и выработки управляющих воздействий; разработаны методы управления качеством; перечислены основные виды документов, относящихся к управлению качеством, и т. п.

5. Подготовка и согласование перечня СТП, касающихся системы управления качеством, составление плана-графика работ по разработке и внедрению СТП.

Номенклатура СТП обусловлена функциями системы управления качеством продукции на предприятии, этапов и стадий формирования качества и т. п. В отдельную группу выделяются «Общие стандарты». Структура комплекса СТП строится по иерархическому принципу, так, чтобы каждый стандарт вышележащего уровня объединял определенное число СТП нижележащего уровня, конкретизирующих и раскрывающих его содержание.

6. Разработка и внедрение СТП, формирование рабочего проекта УКП.

7. Аудит и сертификация СУ КП. Приемка СУ КП осуществляется специальной комиссией. После приемки системы регистрируются в соответствующих организациях.

Создание СУ КП на предприятиях — сложный и трудоемкий процесс. Еще сложнее обеспечить эффективное функционирование СУ КП. Тем не менее альтернативы этой работе, если предприятие стремится к устойчивой и ритмичной работе, постоянному повышению прибыли и улучшению качества вырабатываемой им продукции, не существует.

#### Контрольные вопросы

1. Что такое квалиметрия? Как измеряют и оценивают качество?
2. Каковы основные этапы количественной оценки качества?
3. Чем теоретическая квалиметрия отличается от прикладной?
4. Каковы основные принципы квалиметрии?
5. Какие методы применяются в квалиметрии?
6. Что представляют собой единичный, комплексный, определяющий, интегральный, позитивный, негативный и нейтральный показатели качества текстильных материалов?
7. Каковы значения показателей качества текстильных материалов?
8. Как определяется оптимальное значение показателя качества?
9. В чем заключается оценка качества текстильных материалов?
10. Каковы методы выбора номенклатуры определяющих показателей качества (ОПК)?
11. В чем заключается эвристический (экспертный) метод выбора ОПК?
12. Как экспертным методом осуществляется выбор ОПК из ограниченного числа показателей?
13. Как экспертным методом осуществляется выбор ОПК из неограниченного числа показателей?
14. Как выбирают ОПК «методом медиан»?
15. Каковы методы определения числовых значений показателей качества?
16. Чем отличаются друг от друга экспертный и социологический методы определения показателей качества?
17. Как производят выбор и установление базовых значений показателей качества?
18. В чем заключается дифференциальная, комплексная и смешанная оценка качества?
19. Что такое формальная и вероятностная оценка качества?
20. В чем заключаются контроль и технический контроль (ТК)?
21. Как производят пассивный, активный, сплошной и выборочный ТК текстильных материалов?
22. Что такое непрерывный, периодический и летучий ТК текстильных материалов?
23. Что такое измерительный, регистрационный и органолептический ТК текстильных материалов?
24. Что такое системы ТК?
25. Что такое план ТК?
26. Как может быть организован отдел технического контроля (ОТК)?
27. Каковы основные функции ОТК?
28. Что такое входной ТК?
29. Что такое статистический контроль по количественному признаку?
30. Что такое статистический контроль по альтернативному признаку?
31. Как построить кривую вероятности приемки (КВП) по количественному признаку?

32. Как построить КВП по альтернативному признаку?
33. Что такое приемочный ТК?
34. Каковы пороки внешнего вида тканей?
35. Как осуществляется оценка сорта тканей в зависимости от пороков внешнего вида?
36. Что такое статистический приемочный контроль по ГОСТ 20736?
37. Что такое статистический приемочный контроль по ГОСТ 16493?
38. Что такое статистический приемочный контроль текстильных материалов по ГОСТ 21768?
39. Что такое производственный ТК?
40. Что такое неровнота продуктов прядения и каковы методы ее измерения и контроля?
41. Как осуществляется анализ характера неровноты продуктов прядения?
42. Что такое обрывность нитей и каковы методы ее контроля?
43. Что такое надежность нитей и в чем заключается прогнозирование их обрывности?
44. Как строится блок-схема управления качеством продукции (УКП) на производстве?
45. Каковы стадии формирования качества — «жизненный цикл» продукции?
46. Каковы факторы, определяющие качество продукции?
47. Что такое цикл Деминга?
48. Как строится треугольник Файгенбаума?
49. Как строится петля качества (петля Джурана)?
50. Каковы основные принципы построения систем управления качеством продукции?
51. В чем заключается аттестация качества продукции?
52. Что такое система бездефектного изготовления продукции?
53. Что такое КАНАРСПИ?
54. Что такое комплексная система управления качеством продукции?
55. Как осуществляется комплексная система управления качеством продукции на базе стандартов предприятия?
56. В чем заключается комплексная система повышения эффективности производства?
57. Что содержат международные стандарты ИСО серии 9000 по управлению качеством продукции?
58. Каковы основные этапы разработки и внедрения СУ КП на предприятии?

#### Задачи

1. Построить структуру иерархии качества текстильной продукции.
2. Сравнить по интегральному показателю две ткани, если первая имеет стойкость к истиранию  $n_1 = 10$  тыс. циклов и себестоимость  $C_1 = 500$  руб. за 1 м, а вторая  $n_2 = 12$  тыс. циклов и  $C_2 = 700$  руб. за 1 м.
3. Построить график для нахождения оптимальных значений показателей качества.
4. Выбрать экспертным методом ОПК ткани при ограниченном числе показателей.
5. Подсчитать степень согласованности экспертных оценок и определить значимость показателей качества по данным табл. 5.2.
6. Выбрать ОПК ткани «методом медиан».
7. Определить экспертным методом показатели качества ткани.
8. Произвести дифференциальную и комплексную оценку качества тканей по результатам решения задач 4, 5 и 6.
9. Определить вероятность приемки (браковки) партии по выборочному среднему, если объем выборки  $n = 10$ ,  $\bar{X}_B = 100$ ,  $\sigma_B = 20$ , а норма среднего  $H_{\bar{X}} = 110$ .
10. По данным задачи 9 построить КВП для позитивного и негативного показателя качества.

11. Определить число паковок с дефектной намоткой в партии  $N = 10^4$ , если в выборке объемом 100 паковок пять оказались дефектными.
12. Построить КВП по альтернативному признаку, если объем выборки  $n = 50$ , приемочное число  $c = 2$ .
13. Определить сорт ткани по порокам внешнего вида.
14. Определить сорт ткани при приемке по ГОСТ 21768 для заданных физико-механических показателей.
15. Построить графики градиента неровноты для коротковолновых и длинноволновых колебаний толщины (случайных и периодических).
16. Определить необходимое число наблюдений за обрывностью в зависимости от различных способов ее контроля.
17. Подсчитать вероятность и возможное число обрывов нитей основы на ткацком станке для различных вариантов натяжения и прочности нитей, если фон основы составляет  $10^4$  нитей.
18. Построить блок-схему управления качеством продукции (УКП) для конкретного текстильного производства.
19. Перечислить возможные факторы помех при УКП на конкретном текстильном производстве.
20. Разработать планы повышения качества конкретного вида текстильной продукции.
21. Составить план мероприятий по работе с поставщиками сырья и потребителями конкретной текстильной продукции.
22. Разработать мероприятия по повышению качества труда основных рабочих конкретного текстильного цеха.
23. Установить по действующим стандартам требования к аттестации уровня качества конкретных видов нитей и текстильных полотен.
24. Дать примеры использования принципов и основных положений известных систем управления качеством продукции на текстильных предприятиях.
25. Показать, как можно использовать МС ИСО 9000 на текстильном предприятии.
26. Разработать план внедрения СУКП на текстильном предприятии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Кукин Г. Н., Соловьев А. Н. Текстильное материаловедение (исходные текстильные материалы). — М.: Легпромбытиздат, 1985. — 213 с.
- Кукин Г. Н., Соловьев А. Н., Кобляков А. И. Текстильное материаловедение (волокна и нити). — М.: Легпромбытиздат, 1989. — 352 с.
- Кукин Г. Н., Соловьев А. Н., Кобляков А. И. Текстильное материаловедение (текстильные полотна и изделия). — М.: Легпромбытиздат, 1992. — 272 с.
- Лабораторный практикум по текстильному материаловедению / Под ред. А. И. Коблякова. — М.: Легпромбытиздат, 1986. — 344 с.
- Соловьев А. Н., Кирюхин С. М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. — М.: Легкая индустрия, 1984. — 213 с.
- Кирюхин С. М., Соловьев А. Н. Контроль и управление качеством текстильных материалов. — М.: Легкая индустрия, 1977. — 310 с.
- Садыкова Ф. Х., Садыкова Д. М., Кудряшова Н. И. Текстильное материаловедение и основы текстильных производств. — М.: Легпромбытиздат, 1989. — 288 с.
- Бузов Б. А., Алыменкова Н. Д. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство). — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 448 с.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- Геценко Б. И. Статистический контроль процесса ткачества. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 88 с.
- Джордж С., Ваймерскирх Ф. Всеобщее управление качеством. — Санкт-Петербург: Victory, 2002. — 256 с.
- Додонкин Ю. В., Кирюхин С. М. Ассортимент, свойства и оценка качества тканей. — М.: Легкая индустрия, 1979. — 192 с.
- Кричевский Г. Е. Качественный и количественный анализ волокнистого состава текстильных материалов. — М.: Из-во МГУ, 2002. — 202 с.
- Жихарев А. П., Петропавловский Д. Г., Кузин С. К., Мишаков В. Ю. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности. — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 448 с.
- Окрепилов В. В. Управление качеством. — М.: Экономика, 1998. — 639 с.
- Орленко Л. В. История текстиля и моды. — М., 1997. — 475 с.
- Перепелкин К. Е. Прошлое, настоящее и будущее химических волокон. — М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2004. — 208 с.
- Стельмашенко В. И., Розаренова Т. В. Материаловедение швейного производства. — М.: Легпромбытиздат, 1987. — 224 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Предисловие .....                                                                   | 3   |
| Глава 1. Общие положения (С. М. Кирюхин) .....                                      | 5   |
| 1.1. Предмет текстильного материаловедения .....                                    | 5   |
| 1.2. Свойства и показатели качества текстильных материалов .....                    | 13  |
| 1.3. Испытания текстильных материалов .....                                         | 19  |
| 1.3.1. Отбор образцов и проб. Подготовка к испытанию .....                          | 20  |
| 1.3.2. Проведение испытаний .....                                                   | 23  |
| 1.3.3. Запись и обработка результатов испытаний .....                               | 27  |
| Глава 2. Текстильные волокна (С. М. Кирюхин) .....                                  | 39  |
| 2.1. Классификация и основные виды текстильных волокон .....                        | 39  |
| 2.1.1. Натуральные волокна растительного происхождения .....                        | 40  |
| 2.1.2. Натуральные волокна животного происхождения .....                            | 46  |
| 2.1.3. Химические волокна .....                                                     | 50  |
| 2.2. Вещества текстильных волокон .....                                             | 54  |
| 2.3. Получение, особенности строения и свойства натуральных волокон .....           | 66  |
| 2.4. Производство, особенности строения и свойства химических волокон и нитей ..... | 87  |
| 2.5. Показатели качества волокон и методы их определения .....                      | 103 |
| 2.5.1. Геометрические свойства волокон .....                                        | 104 |
| 2.5.2. Механические свойства волокон .....                                          | 112 |
| 2.5.3. Физические свойства волокон .....                                            | 119 |
| 2.5.4. Чистота волокон .....                                                        | 123 |
| Глава 3. Текстильные нити (Ю. С. Шустов) .....                                      | 127 |
| 3.1. Классификация текстильных нитей .....                                          | 127 |
| 3.2. Показатели качества текстильных нитей и методы их определения .....            | 136 |

|                                                                              |            |
|------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.2.1. Геометрические свойства нитей .....                                   | 138        |
| 3.2.2. Механические свойства нитей .....                                     | 147        |
| 3.2.3. Гигроскопические свойства нитей .....                                 | 158        |
| 3.2.4. Чистота нитей .....                                                   | 160        |
| <b>Глава 4. Текстильные изделия (Ю. С. Шустов) .....</b>                     | <b>164</b> |
| 4.1. Общие сведения .....                                                    | 164        |
| 4.2. Показатели качества текстильных полотен и изделий .....                 | 167        |
| 4.3. Ткани .....                                                             | 168        |
| 4.4. Трикотаж .....                                                          | 174        |
| 4.5. Нетканые материалы .....                                                | 181        |
| 4.6. Механические свойства текстильных изделий .....                         | 184        |
| 4.7. Изгиб текстильных изделий .....                                         | 194        |
| 4.8. Трение и цепкость текстильных изделий .....                             | 202        |
| 4.9. Осыпаемость и раздвижка текстильных изделий .....                       | 203        |
| 4.10. Пиллингуемость текстильных изделий .....                               | 204        |
| 4.11. Изменение линейных размеров текстильных полотен .....                  | 207        |
| 4.12. Физические свойства текстильных изделий .....                          | 209        |
| 4.12.1. Гигроскопичность .....                                               | 209        |
| 4.12.2. Проницаемость .....                                                  | 211        |
| 4.12.3. Тепловые свойства .....                                              | 216        |
| 4.12.4. Электризуемость .....                                                | 223        |
| 4.12.5. Оптические свойства .....                                            | 224        |
| 4.13. Износостойкость текстильных изделий .....                              | 227        |
| <b>Глава 5. Качество текстильных материалов (С. М. Кирюхин) .....</b>        | <b>237</b> |
| 5.1. Квалиметрия текстильных материалов .....                                | 237        |
| 5.2. Оценка качества текстильных материалов .....                            | 246        |
| 5.2.1. Выбор номенклатуры определяющих показателей качества .....            | 247        |
| 5.2.2. Определение числовых значений показателей качества<br>продукции ..... | 256        |
| 5.2.3. Выбор и установление базовых показателей качества .....               | 264        |
| 5.2.4. Сравнение фактических показателей качества с базовыми .....           | 266        |
| 5.3. Контроль качества текстильных материалов .....                          | 275        |
| 5.3.1. Входной ТК .....                                                      | 283        |
| 5.3.2. Приемочный ТК .....                                                   | 291        |
| 5.3.3. Производственный ТК .....                                             | 303        |
| 5.4. Управление качеством текстильных материалов .....                       | 313        |
| 5.4.1. Управление качеством продукции. Основные положения .....              | 313        |
| 5.4.2. Системы управления качеством .....                                    | 328        |
| 5.4.3. Международные стандарты ИСО 9000 .....                                | 343        |
| Список литературы .....                                                      | 358        |