

ББК 37.23
К89
УДК 677.03:620.2 (075.8)

Рецензенты: кафедра текстильного производства Каунасского политехнического института (зав. кафедрой д-р техн. наук проф. А. В. Матуко-нис), канд. техн. наук Н. В. Васильчикова (ИВТИ им. М. В. Фрунзе)

Кукин Г. Н., Соловьев А. Н.
К89 Текстильное материаловедение (исходные текстильные материалы): Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Легпромбытиздат, 1985.—216 с.

Даются общие сведения о текстильном материаловедении. Приводятся классификации текстильных материалов, современные области их использования, данные о развитии производства, кратко излагаются свойства и особенности веществ, составляющих материалы. Описываются получение и первичная обработка натуральных волокон и витей, а также производство химических волокон. По сравнению с первым изданием (1961 г.) приведены данные о новых видах текстильных волокон и способах их получения.
Для студентов текстильных вузов.

К 3102000000—116
044(01)—85

116—85 ТП «Легкая и пищевая
промышленность»

ББК 37.23
6П9.2

© Издательство «Легкая промышленность и бытовое обслуживание», 1985

ГЛАВА I. НАУКА О ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Текстильное материаловедение является наукой о строении, свойствах и оценке качества текстильных материалов. Она относится к группе естественных наук, а среди них — к техническим и является одной из тех, которые изучают материалы — вещества, используемые человеком в виде различных предметов или являющиеся сырьем для их изготовления.

Правильную оценку того, что собой представляет сырье и изготавливаемая из него продукция, как их экономично использовать, нельзя давать без знания, из каких химических соединений они состоят, каково их *строение* и каковы связанные с этим их отличительные особенности, т. е. *свойства*. На основе общественной практики сложились и непрерывно развиваются науки о материалах, например металловедение, изучающее металлы, электро-материаловедение, рассматривающее материалы, применяемые в электропромышленности, текстильное материаловедение, охватывающее разнообразные материалы, используемые для одежды человека и многих вещей его быта, а также широко применяемые во многих областях техники, и ряд других наук о различных материалах.

К текстильным материалам относятся те, которые состоят из текстильных волокон и нитей, и, конечно, сами волокна и нити. Почти все они состоят из полимеров — высокомолекулярных соединений.

Текстильными волокнами называются протяженные тела, гибкие и прочные, с малыми поперечными размерами, ограниченной длины, пригодные для изготовления текстильных изделий [1].

Текстильными нитями называются прочные тела также со сравнительно небольшими поперечными размерами, но значительной длины, используемые для изготовления текстильных изделий. Одиночные нити, не делящиеся в продольном направлении без разрушения, называются *элементарными*. Они в большинстве случаев являются составными частями *комплексных*, т. е. продольно сложенных нескольких элементарных,

Лишь немногие текстильные изделия изготовляют непосредственно из волокон; чаще всего волокна перерабатывают в один из основных видов нитей — *в пряжу*. Для этого они в достаточно распрямленном состоянии располагаются в небольших количествах в продольном направлении и скрепляются между собой скручиванием или другими способами. Средние значения длин волокон отдельных видов колеблются в пределах от нескольких миллиметров (единиц или десятков) до нескольких метров (единиц). Нити же вырабатывают большой непрерывной длины, измеряемой многими сотнями и тысячами метров; их легко можно делить на отрезки любой длины. Пряжу и комплексные нити непосредственно или после скручивания перерабатывают в разнообразные текстильные изделия.

По источникам получения волокна и нити делят на два типа — *натуральные*, которые образуются в природе без непосредственного участия человека (например, развиваются в растениях — хлопок, лубяные волокна — лен, пенька, джут и др.; на коже животных — шерсть, выделяются насекомыми из желез — шелк), и *химические*, изготовляемые заводским путем в результате проведения различных химических, физико-химических и других процессов*. К химическим относятся *искусственные*, которые изготовляют из природных полимеров, и *синтетические*, для которых сами полимеры предварительно необходимо синтезировать из более простых соединений (мономеров). Волокна и элементарные нити называют *исходными текстильными материалами*.

Единое определение для всех *текстильных изделий* ввиду их большого разнообразия давать нецелесообразно; их основные типы проще перечислить, тем более что они общеизвестны. Прежде всего следует назвать изделия в виде *полотен* и среди других в первую очередь — *ткани*, от латинского названия которых — *textum* — получили наименование и все родственные материалы, а также перерабатывающая их промышленность (текстильная) и работающие в ней люди (текстильщики). Ткани обычно вырабатывают путем переплетения в них двух взаимно перпендикулярных систем параллельно расположенных нитей — продольных, называемых *основой*, и поперечных, называемых *утком*. Затем следует назвать *трикотаж*, получаемый или из одной нити, или многих нитей одной системы путем образования петель и их переплетения. **Наконец, необходимо упомянуть так называемые нетканые полотна, получаемые скреплением различными способами словы волокон — холстом или параллельно расположенных нитей и др. К текстильным изделиям относятся также крученые изделия — канаты, веревки и т. п., плетильно-войлочные изделия и др. Большая часть текстильных изделий, преж-**

* Вследствие этого в странах **виргинского рынка их часто называют** *made* — сделанные человеком.

де чем использоваться потребителем, нуждается в дополнительной обработке. Например, из ткани предварительно шьют одежду, бытовые вещи и т. д. Такие окончательно переработанные материалы целесообразно называть *готовыми изделиями*. Лишь немногие текстильные изделия (например, чулки и др.) сразу выпускаются как готовые, но и их, чтобы сделать годными для потребителя, приходится дополнительно обрабатывать.

2. ПРЕДМЕТ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Перед тем как излагать основы науки о текстильных материалах, необходимо раскрыть приведенное выше краткое ее определение.

О строении текстильных материалов. Строение, или, как иначе его называют, структура, любых материалов и предметов раскрывается путем познания следующих трех факторов: химического состава, форм, размеров и других характеристик частиц, слагающих материал; расположения частиц относительно друг друга; связей между частицами.

Все текстильные материалы имеют сложные структуры, которые изучаются на разных уровнях. Рассмотрим, например, ткань, выработанную из пряжи. Частицами, из которых непосредственно ее получают, являются переплетающиеся между собой отрезки пряжи. Расположение последних определяется расстояниями между ними, их изогнутостью при взаимном переплетении и другими особенностями, а связи — силами трения, возникающими в местах контактов нитей друг с другом. Пряжа в свою очередь состоит из волокон, которые являются ее частицами. Волокна в пряже располагаются в продольном направлении по винтовым линиям, связи между волокнами также создаются трением. Ввиду малости размеров структурных частиц их рассматривают, прибегая к различным физическим методам, дающим различные степени увеличения. Для изучения описанных первых уровней строения, часто называемых текстильной структурой, обычно достаточно различных способов световой и растровой электронной микроскопии. Если в изучении строения идти глубже, то необходимо характеризовать продольные частицы — макрофибриллы, из которых состоят волокна или элементарные нити, и далее изучить надмолекулярную и молекулярную структуру слагающего их вещества. Здесь исследования требуют более сложных физических методов — электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа, различных видов спектроскопии и др. Для познания природы веществ, слагающих волокна и нити, используют химические анализы.

Из сказанного следует, что всегда необходимо учитывать, на каком уровне проводилось изучение строения. Естественно, что сложность структур текстильных материалов резко сказывается на их свойствах.

О свойствах текстильных материалов. Свойствами материалов называют их основные отличительные особенности.

Свойства делят по их характеру на *геометрические* — определяющие форму и размеры материалов, *механические* — выражающие действие на них сил и полей, *физические* — описывающие воздействие других тел или видов энергии, но при условии, что при этом не изменяется их химический состав*, *химические* — наоборот, связанные с такими изменениями и, наконец, *биологические* — говорящие о взаимоотношениях с живыми организмами (в основном микроорганизмами). Эти основные особенности делят на группы, охватывающие ряд частных свойств (например, говоря о физических свойствах, отмечают среди них тепловые, оптические, электрические и др.). Изучение свойств с помощью чувств человека (на взгляд, на ощупь и т. д.), так называемыми органолептическими способами, не гарантирует правильную их оценку, а многие свойства вообще невозможно изучить органолептически. Поэтому эти способы сейчас уже мало применяются в материаловедении. В современных условиях частные свойства изучают с помощью различных приборов и методов и выражают определенными величинами, имеющими конкретные размерности и называемыми *характеристиками*. Числовые выражения характеристик именуют *показателями*. Часто термином «показатель» объединяют оба последних понятия.

Ниже рассмотрен пример использования перечисленных терминов. Геометрические свойства описывают размеры и формы материалов. Одной из их характеристик является длина, выражаемая для различных текстильных материалов метрами, сантиметрами, миллиметрами и т. д. Конкретная длина какого-либо материала, например хлопкового волокна, равная 35 мм, является показателем этой характеристики.

Следует подчеркнуть, что часто понятие «свойство» смешивают с требованиями, предъявляемыми к их показателям. Так, иногда говорят о «гигиенических свойствах». Но гигиена — наука о сохранении здоровья человека. Гигиена предъявляет различные требования к текстильным материалам. Один и тот же материал может в одних условиях быть гигиеничным, в других нет. Например, материал с хорошими теплозащитными свойствами в зимних условиях для зимней одежды гигиеничен, так как предохраняет от охлаждения, в летних условиях он будет негигиеничен, так как будет вызывать перегрев. Материал в обоих случаях один и тот же, с низкой теплопроводностью. Итак, следует говорить не о гигиенических свойствах, а о гигиенических требованиях к материалам. Подобные требования носят название эргономических. Они определяются эргономическими свойствами человека и устанавливаются с целью оптимизации его

* Свойства, выявляющиеся при воздействиях, проходящих на молекулярном уровне, принято называть физико-химическими (например, сорбционные).

деятельности. К эргономическим свойствам человека относятся антропометрические, физические, психофизиологические, психологические его свойства, обуславливающие эффективность его деятельности в системе человек — изделие — среда (ГОСТ 16035—70).

Иногда пользуются терминами «прядаильные свойства», «пошивочные свойства», «технологические свойства» и другими, имея в виду те частные свойства или характеристики, необходимый уровень показателей которых обеспечивает какие-либо процессы переработки. Однако, учитывая разнообразие процессов и вследствие этого различие требований, перечисленные термины часто являются недостаточно определенными. В этих случаях лучше говорить о требованиях.

Напомним еще об одном термине, в который входит слово «свойство». К. Маркс для пояснения понятия «потребительная стоимость» (т. е. полезность вещи) упоминает о «потребительных свойствах» (Gebrauchseigenschaften), т. е. говорит в общем виде о свойствах товаров, которые нужны потребителю. Этот общий термин, поясняющий особенности понятия товара, иногда применяют в частных случаях, а вдобавок порой называют отдельные свойства материалов «потребительскими», что неправильно. К. Маркс отмечает, что «потребительные стоимости товаров составляют предмет особой дисциплины — товароведения»*. Об этой дисциплине говорится на с. 9. Значит, и в данном случае речь идет в общем виде о разных свойствах материалов, определяющих их полезность, а не о каких-либо отдельных, оценивающих частные особенности данного материала.

О качестве материалов. Завершая рассмотрение определения предмета текстильного материаловедения, следует остановиться на оценке качества материалов.

Качество материалов представляет собой существенные их определенности, в силу которых эти материалы являются именно данными, а не какими-либо иными. Качество связано с особенностями материалов, т. е. с показателями их свойств. При оценке качества некоторого конкретного материала эти показатели сравниваются с требованиями к их уровню. При этом, конечно, следует учитывать, правильно ли используется материал по его назначению.

ГОСТ 15467—79 определяет качество продукции как «совокупность свойств, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением» [2].

Таким образом, качество не является неизменным понятием. Изменяются запросы, области применения материалов и условия их использования, соответственно меняются и требования к уровню показателей их свойств, но в определенных условиях всегда

* Маркс К., Энгельс Ф. Соч. Изд. 2-е, т. 23, с. 44.

естественным является стремление к тому, чтобы этот уровень вполне отвечал требованиям, т. е. качество было бы высоким [3]. В странах социализма, где заботятся о человеке и его нуждах, это стремление становится одной из главнейших задач. В последние десятилетия вопросы качества находят отражение во многих партийных и правительственных документах. Борьба за высокое качество материалов и изделий стала делом всего нашего народа.

В Отчетном докладе ЦК КПСС XXVI съезду КПСС об уровне требований, предъявляемых к качеству продукции, говорится следующее: «... он должен быть самым высоким. Соответствие лучшим мировым и отечественным образцам — ни на что меньшее мы не можем и не должны соглашаться. К этому надо себя приучать, этого надо добиваться, решительно отбрасывая все устаревшее, отставшее, уцененное самой жизнью».* Улучшение качества работы, как указывалось в том же докладе, является одним из путей решения главной задачи — обеспечения дальнейшего роста благосостояния советских людей. Качество же всей работы в значительной мере связано с качеством сырья и продукции, которое в свою очередь зависит от их строения и свойств, изучаемых в материаловедении.

На ноябрьском (1982 г.) Пленуме ЦК КПСС вновь подчеркивалось, что необходимо не только увеличить производство, но и значительно поднять качество товаров народного потребления.

За последние годы на предприятиях и в объединениях нашей страны, в частности в текстильной промышленности, внедряется комплексная система управления качеством продукции (КС УКП), охватывающая организационно-технические, экономические и политико-воспитательные мероприятия, направленные на повышение качества продукции путем его планирования, контроля, изучения уровня и т. д. Эта система базируется на твердой регламентации всех разделов работы с помощью специальных документов — стандартов предприятий (СТП), на координации всех служб предприятия с помощью отделов управления качеством (ОУК). В их работе большое место должны занимать материаловеды.

3. СВЯЗИ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ С ДРУГИМИ НАУКАМИ

Текстильное материаловедение в социалистических странах, как всякая подлинная наука, развивается на основе марксистского философского материализма и опирается при этом на марксистский диалектический метод — единственно истинный метод познания. Поэтому, говоря о связях текстильного материаловедения с другими науками, прежде всего следует подчеркнуть необходимость глубоких знаний общественных наук. Изучение их, владение их методами помогают глубоко и правильно понимать и технические науки, в частности — материаловедение.

* КПСС. Съезд 26-й. Москва, 1981. Материалы... М., 1981, с. 43.

Из общенаучных дисциплин текстильное материаловедение широко опирается на такие науки, как физика и химия, в частности физику и химию полимеров, поскольку почти все текстильные материалы состоят из высокомолекулярных веществ. Эти науки помогают глубже изучать строение и свойства волокон, нитей, изделий.

В материаловедении применяются математика, особенно теория вероятности и математическая статистика, современные вычислительные методы для обработки результатов испытаний, установления зависимости между различными характеристиками и т. п. Тесно связано материаловедение с механической и химической технологиями текстильных материалов, т. е. науками, изучающими их переработку.

Исследования материаловедов обеспечивают технологам правильные способы оценки сырья, полуфабрикатов и изделий. Знание технологий помогает материаловедам устанавливать те изменения строения и свойств материалов, которые происходят при их переработке, и влияние последней на качество изделий. По тем же причинам в курсы материаловедения включаются сведения о получении и первичной обработке натуральных и производстве химических волокон и нитей.

Поскольку материаловедение является технической наукой, материаловедам необходимы и общие инженерные знания, получаемые при изучении ряда дисциплин — механики, теории машин и механизмов, сопротивления материалов, деталей машин, а также знания в области электротехники, электроники, автоматики и др. Без них, в частности, нельзя узнать, как устроены и работают необходимые материаловедам приборы. Следует сказать о родственных текстильному материаловедению дисциплинах, в первую очередь о *товароведении промышленных товаров*, в котором наряду с другими рассматриваются и текстильные товары.

Задачи материаловедения и учебных дисциплин, связанных с ним, состоят в изучении строения, свойств и оценки качества материалов независимо от того, являются ли они товарами, т. е. предметами, удовлетворяющими какую-либо потребность человека и произведенными для обмена. Текстильные материалы в наших условиях в ряде случаев не используются как товары, а распределяются в порядке государственного снабжения (например, большинство технических текстильных изделий). Товароведение является дисциплиной, в которой на основе тех же научных положений, что и рассматриваемые в материаловедении, изучаются потребительские стоимости товаров. В товароведении уделяется большое внимание ассортименту изделий, особенно готовых, являющихся товарами, а также ряду вопросов, связанных с торговлей, например упаковке, транспортировке, хранению изделий. В специальные курсы по товароведению текстильных товаров включены также элементы механической и химической технологии текстильных материалов. Все эти вопросы в материаловедении не рассматриваются.

Из других родственных дисциплин следует еще сказать о *материаловедении швейного производства*, которое является курсом в основах своих сходным с текстильным материаловедением, но специализированным для швейников. Ввиду этого сведения о материалах, непосредственно не используемых в швейном производстве (например, о волокнах), в нем изучаются очень кратко. Зато добавляются сведения об отделочных материалах нетекстильного характера (натуральной и искусственной коже, мехе, прикладе и др.). Кроме того, как и в товароведческих курсах, сообщаются сведения о принципах переработки текстильных материалов.

Таким образом, научные основы перечисленных дисциплин одинаковые, а учебные курсы, в связи с тем что готовят специалисты для работы в разных областях, несколько отличаются.

4. ЗАДАЧИ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Заканчивая рассмотрение общих положений о текстильном материаловедении, остановимся на задачах, которые стоят перед ним, особенно в нашей стране. Прежде всего это задачи, которые определяют утвержденные XXVI съездом КПСС «Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года». В них отмечается необходимость «Значительно повысить качество всех видов выпускаемой продукции, расширять и обновлять ассортимент изделий в соответствии с современными требованиями развития народного хозяйства и научно-технического прогресса, а также растущими потребностями населения»*. Далее требуется «...ускорить внедрение автоматизированных методов и средств контроля качества и испытания продукции как составной части технологических процессов;...»** Решение перечисленных вопросов не может осуществляться без участия материаловедов. При этом следует учитывать, что совершенствование методов и приборов необходимо вести с учетом того, что они должны позволять моделировать в лабораторных условиях воздействия, переносимые материалами при их переработке и использовании, должны быть стандартизированы и унифицированы для материалов, близких по своему виду. Очень важна разработка номенклатуры комплексов тех видов испытаний, которые должны отражать главные требования, предъявляемые к тем или иным группам материалов. Такие комплексы должны состояться для сравнительно небольшого числа показателей (пяти-шести), так как при большом их числе значение каждого отдельного, а следовательно, и его влияние на общую оценку слишком мало [4]. Комплексы должны разрабатываться для сходных групп материалов (например, тканей одного назначения; волокон, проходящих одинаковую обработку, и т. д.). В отдельных случаях целесообразно применение и обобщенных (интегральных) показателей, определяемых с учетом всех входящих в комплекс частных (дифференциальных) показателей. Наконец, важной задачей материаловедов должно быть обеспечение нужд управления качеством продукции путем широкого использования методов этой науки в решении практических вопросов планирования качества, технического контроля в производстве, оценки итогов по изменению качества и др. [5].

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. I

1. ГОСТ 13784—70. Волокна и нити текстильные. Термины и определения.
2. ГОСТ 15467—79. Управление качеством продукции. Основные понятия, термины, определения.
3. ГОСТ 16035—81. Показатели качества изделий эргономические. Термины, определения, классификация, номенклатура. Взамен ГОСТ 16035—70.

* КПСС. Съезд 26-й. Москва, 1981, Материалы... . М., 1981, с. 141.

** Там же, с. 144.

4. **Выбор номенклатуры показателей свойств для оценки качества одежных тканей/Кукин Г. Н., Соловьев А. Н., Потапова Л. В., Литовченко С. Ф.** — Текстильная промышленность, 1982, № 3, с. 64—68.

5. **Кукин Г. Н. и др.** 10-я Всесоюзная научная конференция по текстильному материаловедению/Кукин Г. Н., Матуконис А. В., Бузов Б. А. — Текстильная промышленность, 1981, № 2, с. 63—67.

ГЛАВА II. ЗНАЧЕНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. ОБЛАСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Текстильные материалы служат для удовлетворения потребностей человека, в частности в одежде. Однако, кроме одежды, они необходимы и для удовлетворения многих других потребностей; среди них следует упомянуть бытовые и хозяйственные вещи, например постельное белье и одеяла, полотенца, скатерти, салфетки, отделочные материалы, занавески и ковры и многие другие вещи. Широкое применение текстильные материалы нашли в технике, они используются почти во всех отраслях промышленности. Достаточно напомнить о канатах и тканых приводных ремнях, конвейерных лентах и корде — редкой ткани из крученых нитей, составляющей основу автомобильных, авиационных и других шин, разнообразной таре и других упаковочных материалах, о парусах, рыболовных снастях, о разнообразной тепловой, электрической и других видах изоляций, о ситах и фильтрах и т. д. Парашюты, костюмы космонавтов и многое другое, необходимое для авиации и покорения космоса, также изготавливается из текстильных материалов. Медицина применяет их в качестве перевязочных и протезных материалов. В убранстве театральные, клубные, школьные помещений, в переплетном деле также их используют.

Области применения текстильных материалов подвержены изменениям. Использование в некоторых сокращается, зато возникают новые, ранее неизвестные их виды применения. Так, с развитием производства пленочных материалов они часто заменяют ткани для отдельных видов верхней одежды; нетканые полотна широко используются как основа искусственной кожи, фильтры, материалы для покрытия дорог и др.; появились даже трикотажные протезы кровеносных сосудов, световоды из стеклянных нитей и др. Широкое распространение получили пластики, армируемые различными видами волокон, в том числе стеклянными, углеродными. Появились новые волокна, получаемые дроблением пленок.

При изготовлении одежды широко применяются хлопковое и разнообразные химические волокна, шерсть и в небольших количествах — лен и шелк; для носильного белья — главным образом хлопковое и разнообразные химические волокна; для технических изделий — все виды волокон.

Статистические данные показывают, что в промышленно развитых странах умеренного климата из общего количества потребляемых текстильных материалов на одежду и носильное белье расходуется до 35—40 %, на бытовые и хозяйственные потребности (белье постельное и столовое, бытовые предметы) — 20—25 %; в технике потребляется до 30—35 %, на прочие потребности (тара, культурные нужды, медицина и др.) — до 10 %. Естественно, что в отдельных странах эти соотношения существенно колеблются в зависимости от социальных условий, климата, развития техники и др. Такое широкое использование текстильных материалов объясняет весьма значительный объем их производства. Вместе с металлами и пищевыми продуктами они составляют главнейшие материалы, производимые человеком.

2. РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основными факторами, определяющими непрерывный рост мирового производства текстильных материалов, являются следующие: увеличение народонаселения земного шара, рост благосостояния и культуры населения в социалистических странах, особенно в СССР, а отчасти и в странах, освободившихся от колониальной зависимости, появление новых областей применения текстильных материалов.

В нашей стране партия и правительство проявляют неустанную заботу о развитии производства текстильных материалов. Уже в первые годы Советской власти Советом народных комиссаров были изданы декреты об укреплении и развитии тонкорунного овцеводства (1919 г.), о восстановлении и развитии хлопководства в Средней Азии и в Азербайджане (1920 г.). В дальнейшем в решениях съездов партии, в ряде специальных постановлений ЦК КПСС и правительства определялись меры для увеличения производства различных текстильных материалов и улучшения их качества. В результате проведения этих мероприятий и огромной работы нашего народа за годы существования Советской власти производство всех текстильных материалов резко возросло. Так, производство хлопка увеличилось в 13 с лишним раз, производство тканей в 3,8 раза и т. д.

Огромное развитие получило производство химических волокон, переработка которых ведется как в чистом виде (в основном в шелковой промышленности), так и в смесях со всеми видами волокон во всех других отраслях. Натуральный шелк, производство которого хотя увеличилось почти в 9 раз, по своему объему составляет теперь в шелковой промышленности менее 5 %.

Большое развитие получило производство трикотажных изделий; быстрыми темпами растет производство нетканых материалов. Советский Союз стал крупным экспортером текстильных

Табл. II.1. Производство основных видов текстильных материалов в СССР [1]

Вид материала	1928 г.	1940 г.	1950 г.	1960 г.	1970 г.	1975 г.	1980 г.	1985 г. (план)
Первичное сырье, волокна, нити, тыс. т								
Хлопок-сырец (семена с волокнами)	821	2337	3539	4290	6890	7860	9962	9200— 9300***
Хлопковое волокно*	—	849	953	1546	2129	2648	2804	—
Лен	324	349	255	425	456	493	291	—
Шерсть грязная**	—	161	180	357	419	467	461	470— 480***
Шелк-сырец	0,6	1,8	1,9	2,4	3,0	3,5	3,6	—
Химические волокна и нити	0,2	11	24	211	623	955	1176	1600
Ткани, млн. м²	2198	3320	3374	6636	8852	9956	10 746	12 700
В том числе								
Хлопчатобумажные	1821	2715	2745	4838	6152	6634	7068	—
Льняные	177	272	257	516	707	779	687	—
Шерстяные	112	155	193	439	643	740	762	—
Шелковые	8	67	106	675	1146	1508	1769	—
Трикотаж								
Чулочно-носочный, млн. пар	68	489	473	964	1338	1495	1669	—
Бельевой, млн. шт.	7	124	150	472	820	953	1144	} 2060
Верхний, млн. шт.	1	59	47	112	414	466	479	
Нетканые изделия, млн. м ²	—	—	—	10	258	411	653	—
В том числе								
Типа тканей	—	—	—	0,8	78	151	328	—

* Выход волокна из хлопка-сырца ~0,35.

** Выход мытой шерсти из грязной ~0,5.

*** Среднегодовое за одиннадцатую пятилетку.

материалов. Следует иметь в виду, что рост текстильной промышленности за последние годы по общему объему продукции был весьма значительным. Если объем 1970 г. принять за 100 %, то за период по 1980 г. он составил 144 %.

Данные о производстве текстильных материалов в СССР приведены в табл. II.1, а данные о мировом производстве волокон и нитей некоторых видов — в табл. II.2. Рост мирового производства в последние годы в значительной мере определяется ростом производства в СССР и социалистических странах. Следует отметить, что наша страна в мировом масштабе является крупнейшим производителем текстильных материалов. Общее

Т а б л. II.2. Мировое производство основных текстильных волокон и нитей, млн. т [2]

Волокна и нити	1940 г.	1950 г.	1960 г.	1970 г.	1980 г.
Хлопковое волокно	6,7	6,3	10,1	11,69	14,1
Лубяные волокна					
лен	0,78	0,88	0,62	0,62	—
джут	2,22	1,84	2,23	3,31	—
пенька	0,5	0,46	0,25	0,21	—
жесткие листовые	0,49	0,68	0,8	0,9	—
Шерсть	1,07	1,72	1,46	1,6	1,58
Шелк-сырец	0,06	0,01	0,03	0,04	0,05
Химические ¹	1,12	1,67	3,41	8,88	13,73
волокна	0,59	0,74	1,76	4,38	7,84
нити	0,63	0,93	1,65	4,5	5,89
В том числе					
Искусственные	1,1	1,54	2,59	3,43	3,24

¹ Данные по химическим волокнам и нитям несколько занижены, так как отдельные страны не сообщают об объеме производства стеклянных и некоторых других нитей.

количество вырабатываемых волокон и комплексных нитей составляет свыше 5 млн. т. Сопоставление данных табл. II.1 и II.2 показывает, что СССР производит более 14 % всего мирового текстильного сырья, тогда как население СССР составляет 6 % населения земного шара. По производству ряда волокон СССР занимает первое место в мире (по хлопку, льну и др.).

Мировая статистика производства текстильных изделий отсутствует. Получить сводные данные о нем затруднительно, так как в различных странах учет ведется по-разному (например, учет производства тканей осуществляется в одних странах в погонных метрах, в других — в квадратных метрах, в третьих — в тоннах).

Для сопоставления объема производства основного типа текстильных изделий — тканей в СССР и США приведены данные за последние три десятилетия (табл. II.3). Данные показывают

Страна	1950 г.	1960 г.	1970 г.	1980 г.
СССР	4522	8226	10 134	11 301
США	11 790	11 018	10 463	9669

непрерывный рост производства в нашей стране и падение его в США. Производство на душу населения в обеих странах в последние годы примерно одинаково: по шерстяным тканям оно выше в СССР.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. II

1. Центральное статистическое управление СССР. Народное хозяйство СССР в 1980 г.: Статистический ежегодник. М., 1981.
2. World production of certain textile filers. — Textile Organon, LII, 1981, № 6, p. 73.
3. Broad woven goods & tire production. — Textile Organon, LII, 1981, № 5, p. 65.

ГЛАВА III. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

1. ПЕРВОНАЧАЛЬНОЕ НАКОПЛЕНИЕ ЗНАНИЙ О ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Уже в глубокой древности возникал интерес к определению отдельных свойств некоторых текстильных материалов. Например, известно, что греческий механик Филон Византийский (около 250 г. до н. э.) изучал вопросы прочности и упругости канатов [1]. Однако вплоть до эпохи Возрождения были сделаны только самые первые шаги в изучении этих материалов. В начале XVI в. Леонардо да Винчи изучал трение канатов, влажность текстильных волокон. В упрощенной форме он предвосхитил закон трения, сформулированный почти на два века позднее (в 1699 г.) французским ученым Г. Амонтоном. Ко второй половине XVII в. относятся работы известного ученого Р. Гука. Им в 1660 г. впервые был высказан, а затем спустя 26 лет опубликован известный закон о пропорциональности между усилием, или напряжением, и деформацией («каково натяжение, таково и действие»). Р. Гук пояснил в других работах, что усилие, создаваемое пружиной, пропорционально растяжению; под термином «пружина» он имел в виду различные изучавшиеся им твердые, в значительной мере жесткие и упругие тела, в том числе такие, как лен, шелк и др. (Одновременно эти же вопросы изучал французский физик Э. Мариотт.) В своих исследованиях по микроскопии, изложенных в книге «Micrographia» (1665 г.), Р. Гук описал строение тонкой шелковой ткани и высказал идею о возможности изготовления химических нитей [2, 3].

Потребность в систематических исследованиях строения и свойств текстильных материалов начала ощущаться все больше и больше с развитием крупных мануфактур. Пока господствовало простое товарное производство и производителями выступали мелкие ремесленники, они не имели дела с большим количеством сырья и массовой продукцией; каждый из них ограничивался личной примитивной оценкой свойств и качества своих материалов. Концентрация в мануфактурах больших их количеств потребовала другого отношения к их оценке и вызвала необходимость их изучения.

В Западной Европе мануфактурный период начался в основном с конца XVI в. и продолжался до последней трети XVIII в.; в России он начался несколько позднее. В этот период исследований текстильных материалов с годами становилось все больше и больше, закладывался фундамент будущей науки о них.

Так, свойства текстильных материалов явились объектами исследований известного французского физика XVIII в. Р. Реомюра. Изучая крученые нити, составленные из нескольких одиночных, он показал, что вследствие неодновременности разрыва последних прочность крученой нити меньше суммы прочностей составляющих ее одиночных. Р. Реомюр сконструировал одну из первых рычажных разрывных машин для определения прочности материалов. Он, как и Р. Гук, высказывал мысли о возможности получения искусственных нитей.

С конца XVII — начала XVIII в. в ряде стран Европы устанавливаются официальные требования, предъявляемые к показателям свойств текстильных материалов различных видов. Они утверждаются правительственными учреждениями в виде различных регламентов, даже законов. Несмотря на то что часто использовались простейшие органолептические методы оценки, эти документы все же способствовали накоплению знаний о свойствах материалов и улучшению их качества.

Примером могут служить русские законы XVIII в. о качестве и способах сортировки льна и пеньки, шедших на экспорт и на снабжение мануфактур, вырабатывавших пряжу и парусину для быстро развивающегося флота, а также сукно для снабжения армии и др.

Первым по времени издания из этих законов явился закон № 635 от 26.04.1713 «О браковании пеньки и льна у г. Архангельска». Затем последовали законы о ширине, длине и весе льняных полотен (1715 г.), о контроле толщины, крутки и влажности пеньковой пряжи (1722 г.), усадке — укорочении сукон после мочки (1731 г.), их длине и ширине (1741 г.), качестве их окраски и долговечности, определявшейся путем опытной носки (1744 г.) и ряд других. Появляются хотя и простейшие, но объективные способы испытаний. Так, толщину пеньковой пряжи для канатного производства определяют протаскиванием ее образцов через отверстия различных размеров, сделанные в железных досках, прочность при растяжении — путем подвешивания грузов и т. п. [4].

В 1750 г. в Турине (Италия) возник первый «кондицион» — учреждение, осуществлявшее контроль влажности шелка-сырца. Название «кондицион» произошло от итальянского слова «condizione» — состояние, условие. Поскольку шелк легко поглощает влагу, недобросовестные продавцы нередко подмачивали его, чтобы увеличить его массу. Первой задачей кондициона и являлось установление состояния шелка по влажности. Шелк был наиболее дорогим текстильным материалом, и естественно, первые методы испытаний разрабатывались применительно к нему. Позднее в кондиционах, которые стали появляться и в других странах (например, во Франции), все чаще проводят и другие виды испытаний: исследуют шерсть, пряжу различных видов и т. д.

Не только в кондиционах изучались свойства текстильных материалов. В России, где кондицион не было, исследования вели отдельные ученые. Так, изучением свойств текстильных волокон, поисками новых их видов занимался во второй половине XVIII в. первый член-корреспондент Российской Академии наук П. И. Рычков — известный географ и экономист. Другой рус-

ский ученый А. Т. Болотов вслед за голландцем А. Левингуком изучал с помощью микроскопа строение волокон.

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. Первым конструктором этих приборов, по-видимому, явился англичанин Матей, работавший в Северной Италии (в Пьемонте). В начале XIX в. появились приборы для определения толщины волокон в виде приспособлений к микроскопу (для шерсти — прибор Доллонда) или микрометров (для шелка — итальянца Фабриса, для шерсти — русского механика И. Скиадана, немецкого ученого Келлера); приборы для определения прочности шелка при растяжении до разрыва (сериметры* француза Э. Ренье) и др. [5].

В эти же годы появляются разрывные машины для ткани. Имеются сведения о постройке подобной машины на Александровской мануфактуре в Петербурге.

В 1832 г. французский инженер Л. Талабо провел исследование влажности шелка-сырца и предложил конструкцию прибора для ее определения путем высушивания образцов — кондиционного аппарата. Приборы усовершенствованных конструкций, основанные на этом принципе, используются и поныне.

Немецкий ученый В. Вебер в 1833 г. провел интересные опыты с шелковыми нитями, которые он использовал для физических приборов. При этом впервые были выявлены особенности деформирования полимерных материалов.

В 1843—1848 гг. французский исследователь М. Робинэ провел исследование шелка-сырца, детально изучив его механические свойства.

В середине XIX в. были проведены большие работы в области изучения химических свойств растительных волокон (работы английского инженера Д. Мерсера, немецкого химика Швейцера). К этому же периоду относятся и первые работы о строении целлюлозы швейцарского ученого К. Негели (1847 г.).

В первой половине XIX в. в некоторых странах (Россия, Англия) возникают учебные заведения, выпускающие специалистов, которым в учебных курсах уже сообщаются сведения о свойствах текстильных материалов. В России к числу таких средних учебных заведений следует отнести открытую в Москве в 1806 г. Практическую академию коммерческих наук, выпускающую товароведов, а к числу высших — Технологический институт в Петербурге, основанный в 1828 г.**

Первым профессором механической технологии текстильных материалов в Технологическом институте был А. Ф. Озерский, написавший известную книгу «О хлопчатой бумаге и прядении оной» (1833 г.), в которой рассматривались и материаловедческие вопросы — классификация хлопка, теория «сортировальных весков» — квадранта для пряжи и др.

В целом можно утверждать, что ко второй половине прошлого столетия были накоплены знания о строении текстильных материалов на основе использования тогдашнего уровня развития световой микроскопии и других простых приборов. Были разработаны основные способы определения некоторых важных геометрических свойств (прежде всего толщины нитей), а также ос-

* Шелк — sericum (лат.).

** Первоначально институт назывался Практический технологический институт и полностью статус высшего учебного заведения получил только в 1862 г.

новых механических и физико-химических свойств. Так был закончен период первого накопления и обобщения знаний о строении и свойствах текстильных материалов, т. е. период становления текстильного материаловедения как науки.

2. РАЗВИТИЕ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XIX И НАЧАЛЕ XX В.

В России в середине 19-го столетия развитие науки о текстильных материалах в большой мере связано с учебными заведениями.

В 50-х годах XIX в. в Московском университете развернулась деятельность выдающегося товароведа проф. М. Я. Киттары, который организовал при кафедре технологии техническую лабораторию, а затем и музей. Им была дана общая классификация товаров, особенно текстильных. Позднее он руководил разработкой методов испытания и правил приемки текстильных изделий для русской армии и организовал лабораторию их испытания. В изучении текстильных материалов большую роль сыграло Московское высшее техническое училище. Начало этим работам было положено Ф. М. Дмитриевым. Его преемник — один из выдающихся русских ученых-текстильщиков проф. С. А. Федоров — в 1895—1903 гг. организовал в МВТУ лабораторию механической технологии текстильных материалов и при ней «испытательную станцию».

В работе «Об испытании пряжи» (1897 г.) он обобщил все основные применявшиеся в то время методы исследования нитей; отметил, что принятые в то время органолептические методы оценки следует заменять лабораторными испытаниями. С. А. Федоров писал: «...кто работал с измерительными приборами, знает, что приборы эти во многих случаях подтверждают наши выводы, сделанные на взгляд и на ошупь, 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» [6].

Лаборатория МВТУ сыграла большую роль в развитии русского текстильного материаловедения. В 1911—1912 гг. в этой лаборатории проводились исследования свойств тканей, были уточнены методы их испытания. Их результаты 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 том же МВТУ в 1910—1914 гг. был проведен также ряд исследований выдающимся русским ученым-текстильщиком проф. Н. А. Васильевым [7]. Среди них были работы по оценке методов испытания пряжи и тканей.

В 1889 г. в России организовалось первое научное общество

текстильщиков — «Общество для содействия улучшению и развитию мануфактурной промышленности».

В «Известиях» общества — первом русском научном текстильном журнале, издававшемся под редакцией Н. Н. Кукина, был напечатан ряд работ по изучению свойств текстильных материалов, в частности работы А. Г. Разуваева. С 1882 по 1904 г. этот исследователь провел многочисленные испытания различных тканей; результаты их были обобщены в его работе «Исследование сопротивления волокнистых веществ», в которой он подчеркнул огромное значение фактора времени при определении механических свойств текстильных материалов, т. е. влияние длительности приложения сил на вызываемую ими деформацию [8].

А. Г. Разуваев и австрийский инженер А. Розенцвейг одновременно — в 1904 г. — впервые применили методы математической статистики к обработке результатов испытаний текстильных материалов.

В 1914 г. выдающийся педагог и специалист в области испытаний текстильных материалов А. Г. Архангельский выпустил книгу «Волокна, пряжа, ткани», явившуюся первым систематическим руководством на русском языке, в котором описывались свойства и методы их испытаний [9].

Большое значение для развития русского материаловедения имели работы и курсы, читавшиеся в конце XIX и начале XX вв. в различных товароведно-экономических высших и средних учебных заведениях Москвы профессорами Я. Я. Никитинским и П. П. Петровым и в Киеве — профессорами П. Ф. Ерченко, В. Г. Шапошниковым и Ф. Ф. Бобровым. Последний в 1916 г. выпустил книгу «Теория и практика испытания тканей и других волокнистых материалов». В ней подробно рассматривались механические свойства пряжи и тканей и был сделан ряд ценных рекомендаций о развитии их исследований [10].

За рубежом в этот период ряд интересных работ, важных для становления текстильного материаловедения как науки, проводился в Германии и Англии. Еще в 60-х годах XIX в. начались исследования механических свойств одиночных волокон, которые до этого времени не проводились.

Среди этих исследований можно отметить работы немецкого ученого И. Бома по шерсти (1862 г.), английского исследователя О'Нейля по хлопку (1865 г.) и др. В 80-х годах немецкий ученый А. Гартиг сконструировал диаграммный прибор для записи кривой растяжения и ввел в практику материаловедческих исследований определение по ней «работы разрыва» — энергии, затрачиваемой на растяжение текстильных материалов до разрыва. В ряде стран Западной Европы в 80-х годах — в Англии (в Брэдфорде), Бельгии (в Вербье), Германии (в Крефельде) и других — открылись кондиционные учреждения, в которых испытывались не только шелковые материалы, но и шерсть и другие волокна. Появился кондицион и в США (в Хобокене под Нью-Йорком). В Германии исследования текстильных материалов сосредоточивались в основном в высших технических школах, где крупные кафедры принято называть институтами.

Одним из таких центров являлся институт Высшей технической школы в Дрездене. В нем еще в 80-х годах XIX в. Э. Мюллер провел ряд работ по созданию методов расчета основных показателей свойств пряжи — ее влажности, прочности, занимаясь усовершенствованием приборов для определения длины волокон, разрывной нагрузки и др. В Рейтлингене (при Штутгартской высшей технической школе) ряд работ по исследованию геометрических и ме-

ханических свойств хлопка провел О. Иогансен; как там, так и в других лабораториях было начато создание новых приборов для определения механических и физических свойств волокон, нитей, тканей (приборы П. Крайса, Э. Герцога и др.). Возник ряд фирм, производивших приборы для испытания текстильных материалов; среди них ведущее место заняла фирма «Л. Шоппер» в Лейпциге (ныне в ГДР — Народное предприятие «Веркштофируфмашинен»).

В Англии основные исследования свойств текстильных материалов велись в институтах и лабораториях, организовавшихся в отдельных отраслях промышленности и лишь отчасти в высших школах. Следует отметить научно-исследовательский институт хлопчатобумажной промышленности — Шерли.

В конце XIX в. в Манчестере было организовано научное общество текстильщиков — «Текстильный институт», которое проводит большую научно-организационную работу — издает научный журнал («Журнал текстильного института» непрерывно выходит с 1910 г.), сборники обзоров по отдельным отраслям текстиля (в том числе по определению свойств материалов), различные монографии, проводит многочисленные конференции. В Англии в начале XX в. проведены большие исследования свойств хлопка, разработаны методы оценки его длины. В Англии, как и в Германии, возникло несколько заводов, специализированных на выпуске приборов для испытания текстильных материалов.

В других странах Западной Европы (во Франции, Швейцарии, Италии, Австро-Венгрии), а также в США в описываемый период также велись отдельные исследования строения и свойств текстильных материалов, но в целом объем их был невелик. Развивались они в основном при кондиционных учреждениях и в высших школах.

В качестве примера интересных работ можно привести исследование французского автора Ш. Жегоффа по прочности пряжи, в Италии — ряд работ Г. Коломбо по исследованию шелка и др. Впервые стали появляться фундаментальные обзоры по волокнам и другим материалам. Примером их может служить монография М. Метьюса (США), напечатанная в 1913 г. и впоследствии выдержавшая ряд изданий.

3. РАЗВИТИЕ ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ В XX В.

Рассматривая развитие текстильного материаловедения в 20-м столетии [11—14], прежде всего остановимся на его развитии в России. В условиях царской России деятельность отдельных русских ученых и специалистов в области материаловедения не могла получить большого развития. Ей не способствовали наличие большого числа мелких предприятий, зависимость от иностранного капитала, недостаточность своей сырьевой базы — большие количества хлопка, шерсти и шелка возились из-за рубежа.

Положение резко изменилось в годы Советской власти. Уже в середине 20-х годов, в период восстановления промышленности, развернулись работы по текстильному материаловедению. Организованный в 1919 г. техникум вскоре был преобразован в высшее учебное заведение — Московский текстильный институт

(МТИ)*. В этом вузе в 1923 г. Н. И. Слобожаниновым была создана большая испытательная лаборатория. В промышленности возник ряд отраслевых лабораторий, а в 1927 г. впервые в нашей стране был создан Научно-исследовательский текстильный институт (НИТИ), в котором под руководством Н. С. Федорова развернула свои работы большая испытательная лаборатория «Бюро испытания текстильных материалов» (БИТМ). Крупными исследованиями явились работы, связанные со стандартизацией шерсти, проведенные в МТИ в 1923—1926 гг. Они велись под руководством проф. Н. Я. Канарского, при участии проф. С. А. Федорова, А. А. Синицина, академиков ВАСХНИЛ М. Ф. Иванова и А. И. Николаева и др.; по стандартизации шелка-сырца были проведены работы проф. В. В. Линде и его сотрудниками. В НИТИ и других организациях проф. В. Е. Зотиковым, проф. В. С. Федоровым, В. Н. Жуковым, проф. А. Н. Соловьевым была создана отечественная методика испытания хлопкового волокна, нашедшая отражение в наших стандартах и оказавшая влияние на развитие методов испытания других волокон.

Исследования НИТИ позволили улучшить методы испытания различных текстильных материалов. Изучались строение хлопка (проф. Л. И. Беленький, Е. Г. Эйгес), свойства шелка и химических нитей (С. А. Анучин, И. С. Павлов, С. А. Тумаян), механические свойства нитей (Н. С. Федоров, проф. А. Н. Соловьев и др.), различных изделий (Б. П. Поздняков, В. И. Теплин), неровнота пряжи по толщине (проф. В. Е. Зотиков и др.). Работы НИТИ способствовали внедрению математических методов обработки наблюдений.

В конце 20-х — начале 30-х годов в нашей стране широко развернулась работа по стандартизации текстильных материалов; были разработаны первые стандарты на нити, ткани и другие изделия. Ряд интересных исследований был в эти годы проведен работниками вузов и предприятий. В Московском и Ивановском** текстильных институтах проф. Н. Г. Новиков и его сотрудники изучили влияние структуры ткани на ее свойства; в Московском текстильном институте А. Н. Бояркин — строение волокон, Н. И. Слобожанинов — методы определения прочности пряжи.

В 30-х годах в Промакадемии легкой индустрии проф. А. Г. Архангельский и его сотрудники (Т. А. Модестова и др.) создали хорошо оборудованную испытательную лабораторию; были начаты исследования усталости нитей, выпущено несколько учебников.

В 1934 г. НИТИ был разделен на отдельные отраслевые институты — хлопчатобумажной промышленности (ЦНИХБИ), лубяной (ЦНИИЛВ), шерстяной (ЦНИИШерсти), шелковой (позднее ставший институтом по переработке химических волокон — ВНИИПХВ), трикотажной промышленности (ВНИИТП), были открыты новые исследовательские институты — Ивановский научно-исследовательский институт хлопчатобумажной промышленности (ИвНИТИ), Центральный научно-исследовательский институт швейной промышленности (ЦНИИШвейпром) и др.

* Ныне Московский ордена Трудового Красного Знамени текстильный институт им. А. Н. Косыгина.

** Ныне Ивановский ордена Трудового Красного Знамени текстильный институт им. М. В. Фрунзе.

В послевоенный период возникли научно-исследовательские институты текстильной и легкой промышленности в ряде союзных республик (УССР, ГрузССР, ЛатвССР, ЛитССР, УзССР), а также в некоторых городах РСФСР (Ленинграде, Ярославле, Серпухове и др.), специализированные на решении научных вопросов как отдельных отраслей текстильной промышленности (например, Всесоюзный научно-исследовательский институт текстильно-галантерейной промышленности — ВНИИТГП), так и текстильной промышленности отдельных регионов страны, в которых они расположены. Во всех этих институтах имеются испытательные лаборатории, ведущие исследования строения и свойств текстильных материалов.

Кроме того, при большинстве производственных объединений (или при крупных фабриках) имеются лаборатории, в том числе до 100, обслуживающих по несколько предприятий, получивших наименование центральных. В них проводятся как контрольные испытания сырья, полуфабрикатов и продукции своих производств, так и отдельные научные работы, производственные проверки работ научно-исследовательских институтов. Ряд исследований по искусственным и синтетическим волокнам и нитям проводится в институтах Союзхимволокна Министерства химической промышленности.

Большое значение для развития текстильного материаловедения имели фундаментальные работы по физике и химии полимеров, по физике твердого тела, проведенные в институтах академий наук и других организациях. Среди них исследования академиков А. П. Александрова, В. А. Каргина, С. Н. Журкова, В. В. Коршака, профессоров Г. Л. Слоимского, В. Р. Регеля, Г. М. Бартеца, В. Е. Гуля, А. А. Аскадского, Ю. В. Зеленева и других, по трению и износу — акад. А. Ю. Ишлинского, проф. И. В. Крагельского и его многочисленных учеников. Большой вклад в изучение текстильных материалов вносят вузы, в которых ведется подготовка инженеров-технологов для текстильной и легкой промышленности. Это в первую очередь семь специализированных вузов текстильной и легкой промышленности и несколько политехнических, в которых имеются специализированные факультеты или кафедры, ряд торгово-экономических вузов, где готовятся специалисты по товароведению промышленных товаров, а в последние годы и вузы системы бытового обслуживания.

Начиная с 1944 г., когда в МТИ автором этой главы была организована специализированная кафедра текстильного материаловедения, подобные кафедры созданы во многих вузах. В организации и развитии кафедр, на которых читаются курсы текстильного материаловедения и при которых имеются специальные лаборатории, большая заслуга принадлежит профессорам Е. А. Санкову и М. И. Сухареву (ЛИТЛП), А. К. Киселеву (ИвТИ), акад. АН УзССР М. А. Хаджиновой (ТИТЛП), акад. АН ЛитССР И. П. Индрюнасу и проф. А. В. Матуконису, проф. Б. А. Бузову (МТИЛП). В двух вузах (МТИ, ТИТЛП) открыты специальные проблемные научные лаборатории по изучению свойств текстильных материалов и ведется подготовка инженеров-технологов, специализирующихся в этой области; кроме того, в МТИ начата подготовка по специализации — управление качеством, метрология и стандартизация в текстильной промышленности. Рассматривая развитие текстильного материаловедения в последние десятилетия, следует отметить, что во все его разделы существенный вклад внесли советские ученые. Так, вопросы строения, дефектов и оценки качества волокон и нитей подробно изучены: для хлопка — в работах М. А. Хаджиновой и Х. У. Усманова, а также Е. Г. Эйгес, В. В. Яковлева, М. У. Халматова, а хлопчатобумажной пряжи — в работах профессоров Н. М. Белищина, А. Н. Соловьева, К. И. Корнишко, для лубяных волокон и пряжи из них — в работах В. П. Добычина, И. В. Крагельского, С. Е. Лазаревой, В. Г. Комарова; для шерсти — в работах проф. Т. И. Кузнецова, С. Г. Зырина, Л. А. Лувишиса и др.; для шелка — в работах профессоров В. В. Линде, Г. Н. Кукина, Э. Б. Рубинова, а также Г. С. Окуня; для химических волокон и нитей — в работах профессоров А. И. Меоса, В. А. Берестнева, К. Е. Перепелкина, М. П. Носова, Г. И. Кудрявцева, Е. П. Краснова, А. Д. Вирника, Л. А. Вольфа, М. Н. Белищина, а также В. Н. Каминского и многих других. В области химических нитей все большее место занимают

текстурированные нити; им посвятили свои работы профессора В. А. Усенко, Ф. Х. Садыкова, Л. С. Смирнов и др.

Ряд ученых вели свои исследования в области отдельных видов изделий или определенных свойств материалов. Здесь необходимо отметить работы по тканям проф. В. П. Скляникова, проф. Ф. М. Розанова, А. А. Мартынозой, М. Д. Меньшиковой, Н. В. Васильчиковой; по трикотажу — профессоров А. С. Далидовича, И. И. Шалова, А. И. Коблякова, Л. А. Кудрявина, В. Н. Филатова; по нетканым материалам — проф. М. И. Сухарева, Ю. П. Назарова, Г. К. Мухамеджанова, Т. А. Макаровой и др.

Ряд исследований посвящен важной проблеме неровноты продуктов по толщине и оценке геометрических свойств, особенно при составлении смесей волокон. Здесь выделяются работы технологов, занимающихся также проблемами материаловедения, особенно в связи с проблемой смешивания волокон (работы профессоров А. Г. Севостьянова, В. Е. Гусева и др.).

Значительное число работ посвящено механическим свойствам, которые определяют сроки службы материалов, их пригодность быть гибкими оболочками, сохранять свою форму. В этом направлении рассматривались методы исследования и расчета прочностных и деформационных характеристик при разных типах деформирования в работах автора этой главы и его учеников, профессоров А. Н. Соловьева, И. П. Индрюнаса, А. В. Матукониса, А. М. Сталевича, В. Г. Тиранова, В. М. Милашюса, Г. С. Зарецкаса, Р. Ф. Жиемялиса и др. Создан ряд приборов, методов испытания, разработаны стандарты и др. Следует отметить работы по изучению трения текстильных материалов Н. В. Хвальцовского, М. В. Успенской, А. И. Павлова и др. В работах по исследованию физических свойств изучались проницаемость газов (воздуха) и жидкостей (воды), теплопроводность, электрические и оптические особенности материалов. Среди них были работы проф. П. А. Колесникова и К. Г. Гуциной, И. А. Дмитриевой, И. Н. Петровой, проф. Е. Н. Бершева и др.

Особую группу исследований составило изучение проблемы изнашивания, которое представляет собой ухудшение строения и свойств материалов под влиянием разных воздействий. Отдельные, наиболее развившиеся при этом направления: истирание при механических воздействиях (изучалось в работах Н. С. Федорова, Л. Г. Лейтеса, И. С. Марголина, Т. С. Луцкой, Л. В. Зайцевой, А. Г. Ковальского и др.), разрушение под действием света и атмосферных условий было предметом ряда исследований, в которых принимали участие профессора Ф. И. Садов и Г. Е. Кричевский, группа ученых под руководством проф. Г. Ф. Пугачевского (Б. Д. Семак, Я. А. Легкун, И. В. Пляша и др.).

В заключение необходимо отметить ряд работ по применению математических методов при постановке и оценке результатов материаловедческих исследований, написанных профессорами В. П. Добычиним, А. Н. Соловьевым, А. Г. Севостьяновым, Ю. С. Виноградовым, С. М. Кирюхиным, а также В. П. Левинским и Б. П. Поздняковым.

За рубежом много исследований текстильных материалов было проведено немецкими учеными. Изучались структура и геометрические свойства нитей, механические свойства, износ изделий и другие вопросы. В 20—30-х годах большой вклад внесли работы В. Френцеля, Г. Зоммера, А. Герцога, П. Коха. Значительное число работ было посвящено химическим волокнам; В. Вельциеном и П. Геерманом написаны монографии; развернуты работы по стандартизации.

После второй мировой войны в ГДР были продолжены работы по изучению химических волокон, в том числе стеклянных. Большой вклад в изучение кремнийсодержащих волокон внес В. Бобет и его сотрудники в Дрезденской высшей технической школе, сотрудники научно-исследовательского института по химическим волокнам Берлинской академии наук, научно-исследовательского текстильного института в Карл-Маркс-Штадте и др.

Г. Берингеру принадлежат интересные исследования износа.

В 1960 г. под редакцией Г. Зоммера и Ф. Винклера вышла монография, в которой рассматривается большинство вопросов, связанных со свойствами волокон, нитей и изделий. Развивается приборостроение для испытания тек-

стильных материалов. В настоящее время оно в основном сосредоточено на заводе «Ф. Гекерт» (Тюрингия).

После второй мировой войны получили большое развитие исследования свойств текстильных материалов не только в ГДР, но почти во всех социалистических странах. Так, в Лодзинском политехническом институте (ПНР) в начале 50-х годов был организован большой текстильный факультет, на котором выдающимся ученым Т. Жилинским была организована подготовка материаловедов; им же был выпущен учебник в четырех томах. Ряд больших научных работ по расчетам строения текстильных материалов принадлежит В. Журеку, различные исследования механических свойств выполнены В. Вензляком, В. Шмельтером, Г. Урбанчиком и др.; изучение нетканых материалов проведено З. Шалковским, химических волокон — А. Боряном.

В научно-исследовательских институтах текстильной промышленности (г. Лодзь), лубяных волокон (г. Познань), химических волокон (г. Лодзь) и ряде центральных лабораторий проведен ряд исследований, которые осуществлены С. Довгелевичем, К. Нарутовичем, Т. Евдрькой, Э. Шухтом и др.

В ЧССР изучение текстильных материалов развивается в высшей школе машиностроения и текстиля (г. Либерец), где сосредоточена подготовка инженеров-текстильщиков. На кафедре материаловедения акад. И. Чирлич провел работы по изучению строения и свойств шерстяных тканей, Р. Крчма — по нетканым материалам. В Научно-исследовательском институте хлопка (г. Усти над Орлицей) большие работы проведены Я. Кашпареком по изучению пряди безверетенного прядения, в Научно-исследовательском институте трикотажной промышленности (г. Брно) Б. Пиллером и другими — по изучению химических волокон и текстурированных нитей, трикотажных полотен.

В ВНР под руководством П. Фельдеша был создан и успешно работает Научно-исследовательский текстильный институт, в котором проводятся разнообразные работы по изучению текстильных материалов, разработано большое число приборов для испытания неровноты продуктов прядения, определения механических и физических свойств. Они изготавливаются на ряде приборостроительных заводов и распространяются фирмой «Метримпекс»; ВНР является страной — координатором по СЭВ в области текстильного приборостроения. Ряд научных работ по исследованию шерсти и других волокон выполнен Д. Дишкой, Т. Хоймаши, Б. Гангли, Г. и А. Шугарами и др.

В Будапештском техническом университете еще в 20-х годах возникла специализация по текстилю; Рейто излагал в своем курсе основные сведения о текстильных материалах.

В последние десятилетия ряд ценных исследований свойств тканей, трикотажных и других материалов были проведены А. Векаши, М. Зилахи, а также Л. Коци и др.

В НРБ в машино-электротехническом институте (г. София) вклад в развитие исследований свойств текстильных материалов внес А. Кеворкиан, а в настоящее время эти работы продолжаются в химико-технологическом институте (г. София), в научно-исследовательском текстильном институте (г. София) проводят исследования С. Колев, Ив. Бояджиев и др. Основное направление исследований — изучение структуры нитей, их износа и др.

В СРР в Яссском политехническом институте И. Влад, в научно-исследовательском текстильном институте в Бухаресте Е. Штефанеску и другие исследуют механические свойства текстильных материалов.

В СФРЮ работы по материаловедению сосредоточили в университетах, в которых велась подготовка инженеров-текстильщиков — Белградском, особенно Люблянском, где этой специальностью ряд лет руководил Ф. Кочевар, а также в научно-исследовательских институтах шерсти (г. Лесковца) и химических волокон (г. Белград). Следует отметить работы М. Иованович и Р. Иованович, связанные с изучением строения шерсти и др.

В тех капиталистических странах, где развита текстильная промышленность, также ведутся материаловедческие исследования. Остановимся на некоторых странах, где текстильное материаловедение развивалось более широко, и скажем об ученых, способствовавших этому.

В ФРГ в Аахенской высшей технической школе В. Вегенером и его сотрудниками проведены многочисленные исследования механических свойств

Текстильных материалов, И. Люшеншлосом — исследования текстурированных и других нитей, Г. Цааном — структуры шерсти; в Штутгартской высшей технической школе Г. Кеб изучал износ от истирания. Ряд исследований проводится и в остальных пяти вузах, подготавливающих инженеров-текстильщиков. Немецкие исследователи и приборостроители уделяют внимание созданию автоматизированных испытательных приборов. Известен ряд приборостроительных фирм «Текстехно — Г. Штейн» (г. Менхенгладбах), «Цвик» (г. Ульм), «Цвейгле» (г. Реутлинген). Выпускаются приборы, ведущие испытания по программам, задаваемым микропроцессорами.

Англия является одной из стран, в которой широко проводятся материаловедческие исследования по текстилю. В последние десятилетия значительный вклад внесли высшие школы. В ряде университетов имеются текстильные факультеты, на которых развиваются курсы и исследования по «текстильной физике» — так в Англии называют текстильное материаловедение. В Манчестерском университете в 20—40-х годах Ф. Пирс провел значительное число исследований механических свойств нитей и изделий, их продолжают в наши дни В. Е. Мортон, П. Петерс, Д. В. С. Херл; исследования строения и геометрических механических свойств в Лидском университете вели В. Г. Астбюри, Д. Б. Спикмен, Г. Д. Вудс, а в последние десятилетия — П. Гросберг, Я. Сикорский и др. В Англии издано значительное число материаловедческих монографий, обзоров. Работает ряд приборостроительных заводов — «Инстрон» (г. Хайс Викомби), выпускающий разрывные машины и другое оборудование, «Гудбранд» (г. Роудели) и др.

Во Франции исследования структуры и свойств текстиля сосредоточены в Текстильном институте Франции — в Парижском центре и его филиалах, преимущественно в Лионском и Мюльюзском. Крупные исследования физико-химических свойств шерсти, хлопка, химических волокон выполнены А. Паризо, структуры различных волокон — П. Кассенбеком и Ж. Жакемаром, механических свойств — Р. Шютцем, химических — П. Ронна. Приборы для изучения механических свойств выпускает объединение фирм «Крезю-Луар-Адамель-Ломаржи».

В США в Массачусетском технологическом институте (г. Кэмбридж), в научно-исследовательском центре Техасского технического университета (г. Лаббок), в Филадельфийском текстильном колледже и других пяти высших текстильных заведениях также проводятся различные исследования. В первом из названных вузов исследования текстильной структуры, крутки нитей вели Э. Шварц, И. Сакс и др. В последние десятилетия следует отметить работы в той же области С. Бэкера, по скоростному разрыву — В. Лайонса и т. д. Работы в лабораториях промышленных компаний посвящены в основном созданию и изучению химических волокон новых видов. Издано значительное число монографий, например В. фон Бергена — по шерсти, Г. Ф. Марка и других — по химическим волокнам, М. Харриса — по всем видам волокон и т. д. Большое развитие получила стандартизация методов испытания различных текстильных материалов; она развивается как в Национальном бюро стандартов, так и в Американском Обществе испытания материалов — промышленной организации. Ряд приборостроительных фирм выпускает приборы для испытания текстильных материалов; наиболее известны фирмы «Бауш и Ломб» (оптическая аппаратура), «Г. Л. Скотт» (приборы для механических испытаний) и др. В последние годы интересную аппаратуру для оценки влажности материалов создает фирма «Фортэ».

В Швейцарии одни из лучших приборов для испытаний текстильных материалов выпускает фирма «Целльвегер» в г. Устере. Ее приборы для определения неровности по толщине продуктов прядения распространены во многих странах. Один из руководителей фирмы — Г. Лохер является известным ученым-материаловедом. В последние годы под его руководством проводятся интересные работы по созданию аппаратуры для изучения свойств материалов непосредственно на работающем оборудовании. Из других швейцарских фирм следует отметить фирму «Пейер», выпускающую приборы для определения длины волокон конструкции бельгийского инженера Ж. Грюнье, фирму «Проктина», выпускающую оптическую аппаратуру, фирму «Ротшильд», выпуска-

ющую приборы для определения натяжения нитей и др. Научные исследования (в основном механических свойств) сосредоточены в Бернском университете.

В Японии значительные работы ведутся в университетах Ямагата, Киото и др. Так, еще в 50-х годах учеными названных университетов Т. Хондо и М. Горио были установлены особенности химического строения клеток шерстяных волокон различных видов и показана связь строения с механическими свойствами. В результате этих работ создано одно из новых направлений изучения шерсти. И. Сакурада в Киотском университете ведет большие исследования химических волокон. Имеется ряд приборостроительных фирм, выпускающих разнообразные испытательные приборы, в частности для оценки действия на текстильные материалы инсоляции и др. Среди приборостроительных фирм известны «Шимадзу Сейсакушо» (г. Токио и Киото), «Тойо Рика Инструментс» (г. Токио) и др.

В Австрии проводятся исследования (в основном по химическим и другим свойствам химических волокон) в Венской высшей технической школе и в лабораториях Ленцигского акционерного общества химических волокон; Г. Ульрихом еще в 50-х годах выпущен двухтомный справочник по химии текстильных волокон. Имеются приборостроительные фирмы.

В Бельгии в высших текстильных школах в Генте и Вербве выполнен ряд исследований по изучению различных нитей и других материалов. В первой из них, в лаборатории, носящей имя ее основателя — Де Мюльмейстера, ведутся большие исследования смешанной пряжи; их продолжает Де Реес. В Вербве были осуществлены работы по изучению шерсти и шерстяной пряжи, суммированные в монографии Ф. Монфора. Из приборостроительных фирм известна фирма «Де Френ» (г. Брюссель) и др.

В Испании глубокие исследования свойств пряжи, особенно пряжи новых способов прядения, проводятся в институте химической технологии и текстиля в Барселоне А. Бареллой-Миро и его сотрудниками; там же выполнен ряд работ по химическим свойствам текстильных материалов.

В Швеции, в Гетеборге, в высшей технической школе и в Шведском институте текстильных исследований (ТЕФО) разнообразные исследования по изучению трения волокон проведены Д. Линдбергом, Н. Граленом; по изучению механических свойств тканей — Т. Ээг-Олофссоном, Б. Олофссоном; огнестойкости тканей — А. Бернскиольдом и др.

Приведенные здесь краткие сведения о развитии текстильного материаловедения в отдельных странах, конечно, не являются исчерпывающими. Эти сведения призваны лишь показать, что в разных частях земного шара проявляется большой интерес к текстильному материаловедению, что оно является широко развивающейся наукой и советские ученые вносят в нее большой вклад.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. III

1. Henno J. La dynamométrie textile, Teintex, 1966, № 4, pp. 245—263.
2. Todhunter A. History of the theory of elasticity and of the strength of materials, Cambridge, 1886, vol. I.
3. Крагельский И. В. Трение волокнистых веществ. М., 1941.
4. Штарков В. И. Исследование свойств текстильных материалов в России в XVIII в. и первой половине XIX в. — Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, 1958, № 5/6, с. 28.
5. Persoz J. Essai sur le conditionnement..., Paris, edit. G. Masson, 1878.
6. Канарский Н. Я. и др. Русские люди в развитии текстильной науки/Канарский Н. Я., Эфрос Б. Е., Будников В. И., М., 1950.
7. Чиликин Н. М. Об испытании волокнистых материалов как особом отделе технологии волокнистых веществ. — Изв. Общества для содействия улучшению и развитию мануфактурной промышленности. М., 1915, с. 287.
8. Механическая технология волокнистых материалов. — В сб. статей ТИТИЛП. Вып. 123 (26), Ташкент, 1978, с. 99—104.

9. Архангельский А. Г. Волокна, пряжа, ткани. М., 1914.
10. Бобров Ф. Ф. Теория и практика испытания тканей и других волокнистых материалов. Киев, 1916.
11. Кукин Г. Н. Развитие текстильного материаловедения за 60 лет Советской власти. — Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, 1977, № 5, с. 10—18.
12. Die Prüfung der Textilien, herausgegeben von Prof. D-r H. Sommer (Handbuch der Werkstoffprüfung, 2-te Auflage 5-ter Band), Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1960.
13. Matthew's Textile Fibers, 6-th ed. J. Willey & Sons, Inc. New York, 1954.
14. Zylinski T. Metrologia włokiennicza. T. I, Warszawa, 1946.

ГЛАВА IV. КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

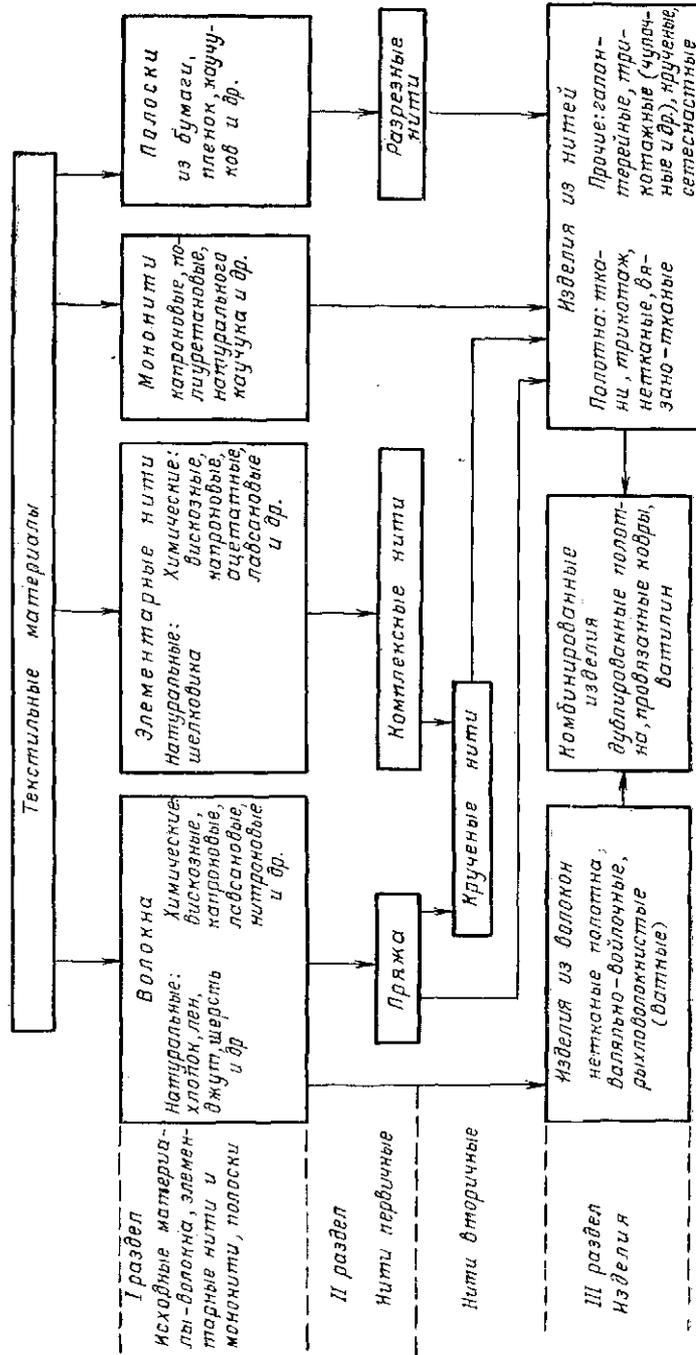
Для удобства изучения большого числа сходных предметов в науке их принято классифицировать по каким-либо основным признакам. Классифицируют и текстильные материалы. Признаками для классификации этих материалов обычно являются особенности строения, происхождение материалов или способ выработки, химический состав, а иногда и области их использования [1—4].

Первый из этих признаков наиболее удобен для построения общей классификации основных текстильных материалов, так как они существенно отличаются друг от друга прежде всего по своему строению.

На с. 28 представлена общая классификация текстильных материалов. Она охватывает три основных раздела: I — волокна и элементарные нити, II — первичные и вторичные нити, III — разнообразные изделия. Между разделами располагаются различные полуфабрикаты. Поскольку полуфабрикаты представляют собой промежуточные состояния материалов, в которых они обычно находятся кратковременно в следующих один за другим процессах переработки, они в классификацию основных материалов не вводятся и рассматриваются в соответствующих технологических курсах. Ограничимся лишь кратким перечислением некоторых из них.

Так, для того чтобы получить пряжу из большинства видов волокон, их обычно последовательно превращают в следующие полуфабрикаты: холсты, прочес, ленту и, наконец, в ровницу, из которой уже вырабатывается пряжа. При этом материалы очищаются от примесей и сора, волокна в них распрямляются, параллелизуются, а сами полуфабрикаты выравниваются вдоль своей длины, уменьшаются по толщине и ширине, постепенно приближаясь к пряже. Следует также учитывать, что могут быть неотделанные и отделанные изделия. Так, сотканная неотделанная ткань носит название суровой, прошедшая же операции химического облагораживания, крашения и других обработок —

Общая классификация текстильных материалов



окрашенной и отделанной. Общая классификация показывает, что текстильные материалы последовательно усложняются по своей структуре.

В I раздел входят те из них, которые являются исходными текстильными материалами — волокнами, элементарными нитями, полотнами. Все они не состоят из других текстильных материалов, а наоборот, другие текстильные материалы состоят из них. Сами они слагаются из волоконобразующих полимерных веществ*.

Одна часть их берется из материалов, непосредственно даваемых природой, т. е. из растений, с волосяного покрова животных (шерсть) или из выделений желез насекомых (шелк), добывается в минералах. Это *натуральные* волокна и исходные нити. Другая часть изготовляется различными способами с помощью химических и физических процессов из разнообразных веществ. Это *химические* волокна и исходные нити.

Для выделения из сырья, очистки от примесей и сора натуральные исходные материалы до поступления на перерабатывающие их текстильные фабрики проходят процессы так называемой первичной обработки, обычно выполняемые на специальных предприятиях или в особых цехах. Большинство видов исходных натуральных материалов относятся к *элементарным* (единичным) волокнам. Только некоторые растительные (лен, пенька и др.) и асбестовые волокна являются *комплексными*, т. е. состоящими из склеенных между собой или связанных межмолекулярными силами многих элементарных волокон. Их часто называют *техническими* волокнами.

Натуральные волокна используются такими, какими они формируются в природе, химические же получают путем нарезания или разрыва жгутов, составленных из большого числа элементарных нитей, на короткие отрезки или иногда путем дробления пленочных материалов на короткие продольные части (волокна, получаемые путем фибриллизации).

Элементарные нити, т. е. тонкие единичные нити, которые не делятся в поперечном и продольном направлении без разрушения, среди натуральных исходных материалов представлены только шелковинами. Склеенные вместе по две они составляют коконные нити (см. гл. X). В исходных химических текстильных материалах элементарные нити представлены многими видами, отличающимися по своему химическому составу и другим особенностям. При этом будучи очень тонкими, они всегда входят пучком в числе нескольких единиц или десятков в комплексные нити, так как формируются не по одиночке, а комплексом. В дальнейшем перерабатываются именно комплексные нити. В небольших количествах изготовляют несколько более толстые

* В редких случаях это могут быть низкомолекулярные вещества (см. классификацию волокон).

элементарные нити, их используют в одиночку для рыболовных лесок, производства тонких чулок и др. Для отличия от обычных тонких элементарных нитей их называют *мононитями*.

Значительную часть химических исходных материалов представляют одиночные волокна различного химического состава и способов производства. Следует еще упомянуть о так называемых *полосках* — узких бумажных или пленочных ленточках, которые потом скручиваются и образуют своеобразные комплексные нити, используемые преимущественно как бечевки для упаковочных целей.

На предприятиях, а иногда даже в литературе используют некоторые устаревшие термины. Например, химические волокна часто называют штапельными, элементарные нити — филаментами, химические комплексные нити — шелком*, мононити — монофилами; все эти термины ГОСТ 13784—70 не допускаются и пользоваться ими не следует. Часто химическими волокнами называют все виды текстильных материалов, выпускаемых химической промышленностью, что неверно.

Во II раздел классификации входят нити всех видов: первичные — пряжа, комплексные и разрезные нити, и вторичные — крученые, фасонные, текстурированные и другие нити, получаемые дальнейшей обработкой первичных нитей.

Пряжа является основным родом нитей; на ее долю в мировом производстве приходится примерно 85% всех видов нитей. Она изготавливается из волокон почти всех видов и из их смесей. В мировом производстве для выработки пряжи используется до 90% всех волокон, остальные непосредственно используются для выработки различных изделий. Волокна в пряже располагаются по ее длине в более или менее распрямленном виде и соединяются в основном скручиванием, а иногда склеиванием.

Комплексные нити являются вторым по своему значению родом нитей. Кроме натурального шелка, все они относятся к химическим нитям. В подавляющем большинстве случаев все составляющие их элементарные нити получаются из одного и того же полимера. Комплексные нити обычно вырабатывают средней линейной плотности или малой, в отдельных случаях производят комплексные нити большой линейной плотности, состоящие из сотен элементарных; их обычно называют жгутиками.

Чтобы удерживать элементарные нити в комплексной вместе, при выработке последней ей сообщают крутку или перепутывают составляющие ее элементарные нити между собой воздушной струей (пневмокомпактирование).

Скручиванием полосок получают так называемые *разрезные нити*. Непосредственно из первичных нитей простого и более сложного строения (фасонных, текстурированных и др.) вырабатывают изделия многих видов, однако в ряде случаев для увеличения разнообразия изделий первичные нити сначала перера-

* Этим термином следует называть только продукты, получаемые из коконов шелкопрядов, т. е. натуральный шелк.

батывают во вторичные. Так, одинаковые или разнородные нити продольно складывают в несколько концов (страчивают) и скручивают вместе, получая *крученые нити*, или видоизменяют их структуру последовательным кручением в разных направлениях, получая крученые текстурированные нити, или, сообщая специальную крутку, добиваются получения на них петелек, утолщений и других эффектов, вырабатывая фасонные нити, и т. д. Все эти нити и относятся ко вторичным.

Большая часть нитей непосредственно к потребителю не поступает. Они предварительно перерабатываются в различные изделия.

III раздел общей классификации охватывает разнообразные изделия. Основная часть их делается из нитей в виде полотен. В их числе прежде всего *ткани* — гибкие прочные изделия относительно малой толщины, сравнительно большой ширины* и различной длины, обычно образованные двумя взаимно перпендикулярными системами нитей (продольные — основные и поперечные — уточные), соединяемых переплетением за счет поочередного перекрытия друг друга. Затем — *трикотаж*, также гибкие прочные изделия малой толщины, но разнообразной формы, получаемые из одной или многих параллельных нитей путем образования петель и их взаимного переплетения.

Почти все ткани и значительная часть трикотажа вырабатывается в виде полотен; другие виды трикотажа — в виде заготовок будущих готовых изделий** (чулок, перчаток и др.). В последнее время появились изделия, называемые *тканетрикотажными*. В них уток включает небольшие участки, формируемые из трикотажных петель. В виде полотен, получаемых из нитей, вырабатывается и часть так называемых нетканых изделий, или, иначе, *нетканых материалов*. В отличие от тканей в них две системы нитей, лежащие под углом друг к другу, не переплетаются, а провязываются дополнительной нитью. Этот способ получения нетканых полотен не является единственным. Многие из них вырабатываются непосредственно из волокон.

Нетканые изделия представляют собой сравнительно новые материалы. Их производство развилось начиная с середины XX столетия. Сначала в рекламных целях их называли неткаными тканями, поскольку многие из них напоминают по внешнему виду ткани; затем стали использовать термины, приведенные выше***.

К текстильным изделиям, изготовляемым из нитей, относятся также *галантерейные изделия*. Среди них следует отметить лен-

* Обычно более 0,4 м; тканые изделия меньшей ширины называют лентами.

** К готовым изделиям относятся такие, которые используются потребителем без дополнительных переработок — швейные изделия, верхний и бельевой трикотаж и др.

*** Эта терминология используется повсеместно, хотя она и неточна, поскольку многие изделия не ткются, например трикотаж.

ты, которые, как уже указывалось, отличаются от ткани малой шириной; кружева, представляющие собой нитяные сетки с узорами; тюль, отличающийся от ткани тем, что поперечные нити в местах скрещиваний с продольными не переплетаются, а обвивают их и при этом располагаются к ним не под прямым углом; плетеные изделия — тесьма — плоские лентовидные изделия и шнуры — изделия с круглым сечением, получаемые из пучков параллельно расположенных нитей путем их взаимного поочередного переплетения; сети — тонкие, редкие, прочные и гибкие изделия, получаемые из нитей двух систем, образующих при перекрещиваниях ромбовидные ячейки, для сохранения размеров которых нити связывают узлами или проводят одни через другие. Следует также упомянуть о *крученых изделиях* — нитеподобных, но отличающихся от крученых нитей прежде всего тем, что они непосредственно или после небольших дополнительных обработок идут к потребителю, тогда как крученые нити перерабатываются в различные изделия. Кроме того, крученые изделия во многих случаях значительно толще крученых нитей. К ним относятся различные виды канатов, веревок, кордные нити, используемые в шинном производстве, швейные и другие нитки и т. д.

К некоторой части изделий относятся те, которые вырабатывают непосредственно из волокон. Это *нетканые изделия* (иначе нетканые материалы) в виде полотна, для получения которых волокна несколько параллелизуются и ориентируются, а затем из них образуется тонкий слой — холст, который скрепляется различными способами — механическими (протягиванием и др.) или химическими (проклеиванием, сваркой и др.).

Валяльно-войлочные изделия представляют собой гибкие, прочные, различной формы и размеров, получаемые путем перепутывания, сцепления и уплотнения слоев волокон, в основном шерстяных (иногда в смеси с другими). Такими изделиями являются войлоки, шляпные изделия и др.

Рыхловолокнистые изделия (вата и ватные изделия различных видов) представляют собой рыхлую массу волокон с несколько упорядоченным расположением (некоторой параллелизацией), в той или иной мере очищенную от посторонних примесей.

Третий род изделий — *комбинированные* — охватывает те из них, которые вырабатываются из материалов разных видов путем их дублирования. Некоторые виды нетканых материалов получают путем накладывания холста из волокон на ткань и их последующего скрепления, ковры — протягиванием жгутиками полотна. Рыхловолокнистые изделия иногда комбинируют с тканями, бумагой и другими материалами путем их наклеивания на последние (так называемые ватилены). Наконец, для пальтовых и других готовых изделий тканые, трикотажные, нетканые полотна порой склеивают с пористыми пленками, утепляющими

сти готовые изделия. Такие полотна называются дублированными.

Из сказанного можно сделать вывод об очень большом разнообразии текстильных материалов. Ввиду этого ниже отдельные разделы общей классификации рассматриваются более подробно.

2. КЛАССИФИКАЦИЯ ИСХОДНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ (ВОЛОКОН, ЭЛЕМЕНТАРНЫХ НИТЕЙ И ДР.)

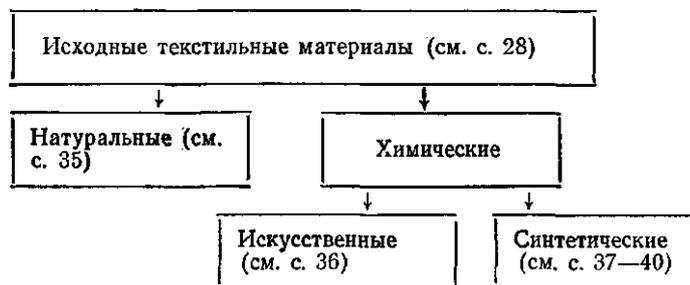
Основными исходными материалами являются волокна. Существует большое число классификаций текстильных волокон.

Одной из первых классификаций текстильных волокон явилась разработанная в 1860 г. русским ученым М. Я. Киттары, базировавшаяся на общей классификации добываемых в природе различных материалов, предложенной еще в XVII в. французским химиком Н. Лемери. По классификации Н. Лемери эти материалы делились на продукты растительного, животного и минерального происхождения.

Химические волокна и нити тогда еще не производились, поэтому названная классификация охватывала только натуральные; химические стали включаться в классификации намного позже. Одним из первых их начал учитывать американский ученый Д. М. Метьюс (1904 г.) С тех пор предложено большое число подобных классификаций. В числе их можно отметить классификации академика ГДР В. Бобега (1975 г.).

В основу всех классификаций положено два принципа — для натуральных материалов их происхождение, для химических — состав основных слагающих их веществ. Для понимания существа классификаций необходимо иметь в виду их общую схему (см. с. 28) и принципы построения, поясняющие классификационные категории (см. с. 34). Классификации материалов отдельных типов приведены на с. 35—40.

Типы и подтипы исходных текстильных материалов (волокон и элементарных нитей)



Условные обозначения на схемах (см. с. 35—40):

ВМС — высокомолекулярные соединения, НМС — низкомолекулярные соединения, НМВ — низкомолекулярные вещества, СВМ — сверхвысокомолекулярные материалы, в — волокна, эн — элементарные нити, мн — монопнити, тв — технические волокна, мн — монопнити, рп — разрезные полоски, фв — волокна из фибриллизованной пленки, ХМ — химически модифицированные, РУ — разноусадочные волокна, БК — бикомпонентные волокна

Наиболее распространенные виды материалов выделены полужирным шрифтом. Некоторые дополнительные сведения даны в виде условных обозначений на общей схеме (см. с. 33). Напомним, что элементарные нити выпускаются пучками, составляющими комплексные нити.

Принципы построения схем классификаций исходных текстильных материалов (волокон, элементарных нитей и др.)

Классификационные категории	Что характеризует данная категория
Тип	Определяет происхождение и способ получения исходных материалов
Подтип	То же
Класс	Определяет, к каким химическим веществам относятся основные вещества материала
Подкласс	Уточняет химические особенности основных веществ материалов
Группа	То же
Подгруппа	»
Род	Конкретизирует вид сырья, из которого получается основное вещество материала (или сам материал), и определяет текстильную структуру материала — получается ли она в виде волокон [в], элементарных нитей [эн], монопитей [мп] или др.
Вид	Дает названия материала, принятые в СССР
Разновидность	Перечисляет сходные материалы, но с отдельными отличиями в свойствах, приводя их фирменные названия, принятые в различных странах

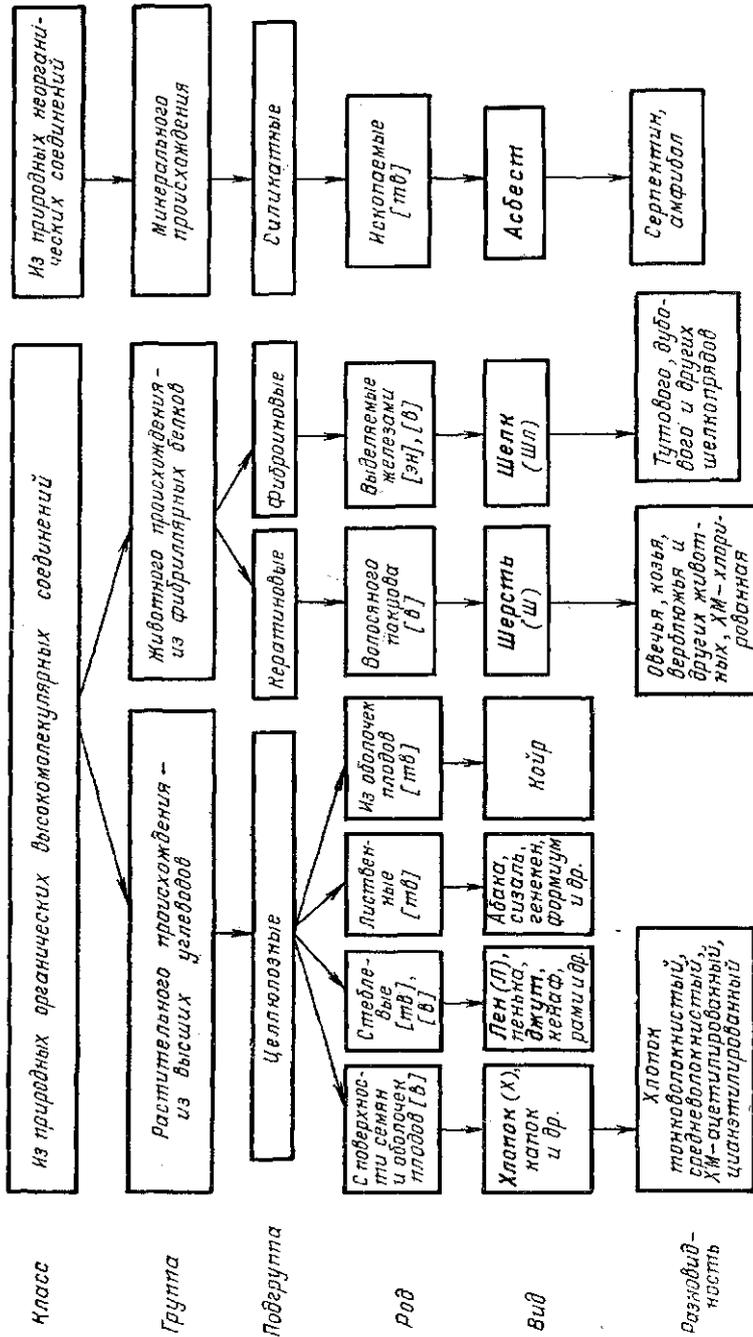
Среди разновидностей встречаются химически *модифицированные материалы*. Это материалы тех же видов, но получившие дополнительные химические обработки, приводящие к изменениям их состава, структуры и свойств, улучшающие показатели их характеристик. Подробности, касающиеся отдельных видов исходных материалов, приводятся в соответствующих главах этой книги.

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРВИЧНЫХ И ВТОРИЧНЫХ НИТЕЙ

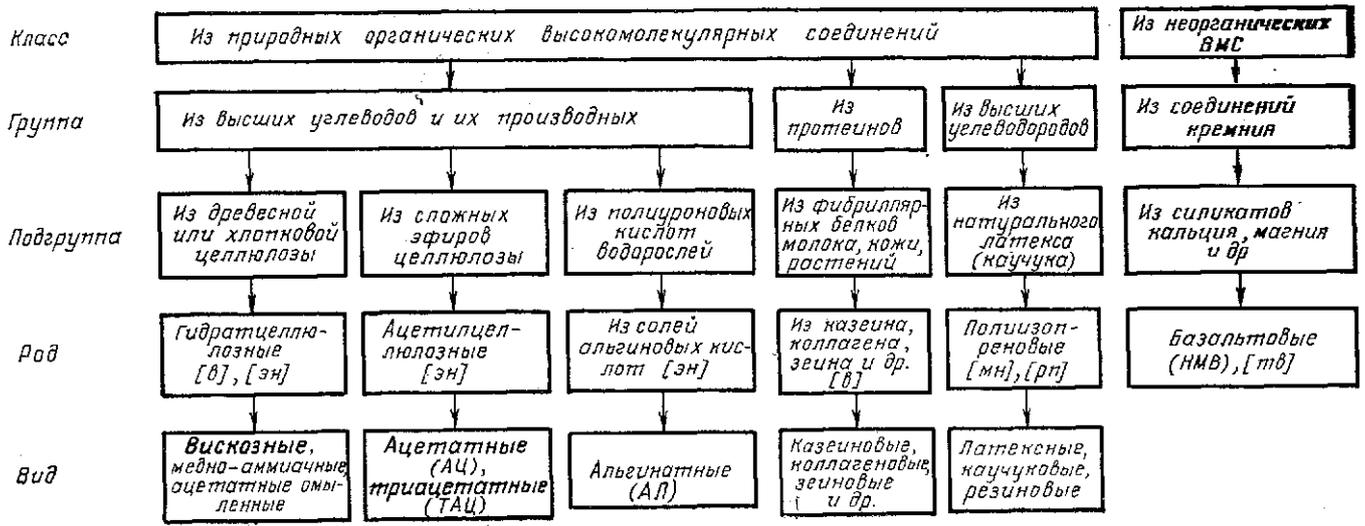
Перейдем к подробному рассмотрению материалов, отнесенных ко II разделу общей классификации (см. с. 28). Для них основной классификацией является деление по характеру текстильных структур, так как именно они в значительной мере определяют строение самих нитей и существенно влияют на свойства дальнейших вырабатываемых из нитей материалов — изделий.

Классификация нитей представлена на с. 41 и 42. Следует иметь в виду, что, кроме главной классификационной категории «тип», отмечающий, какие нити получаются вначале (первичные) и какие вырабатываются из них потом (вторичные), важ-

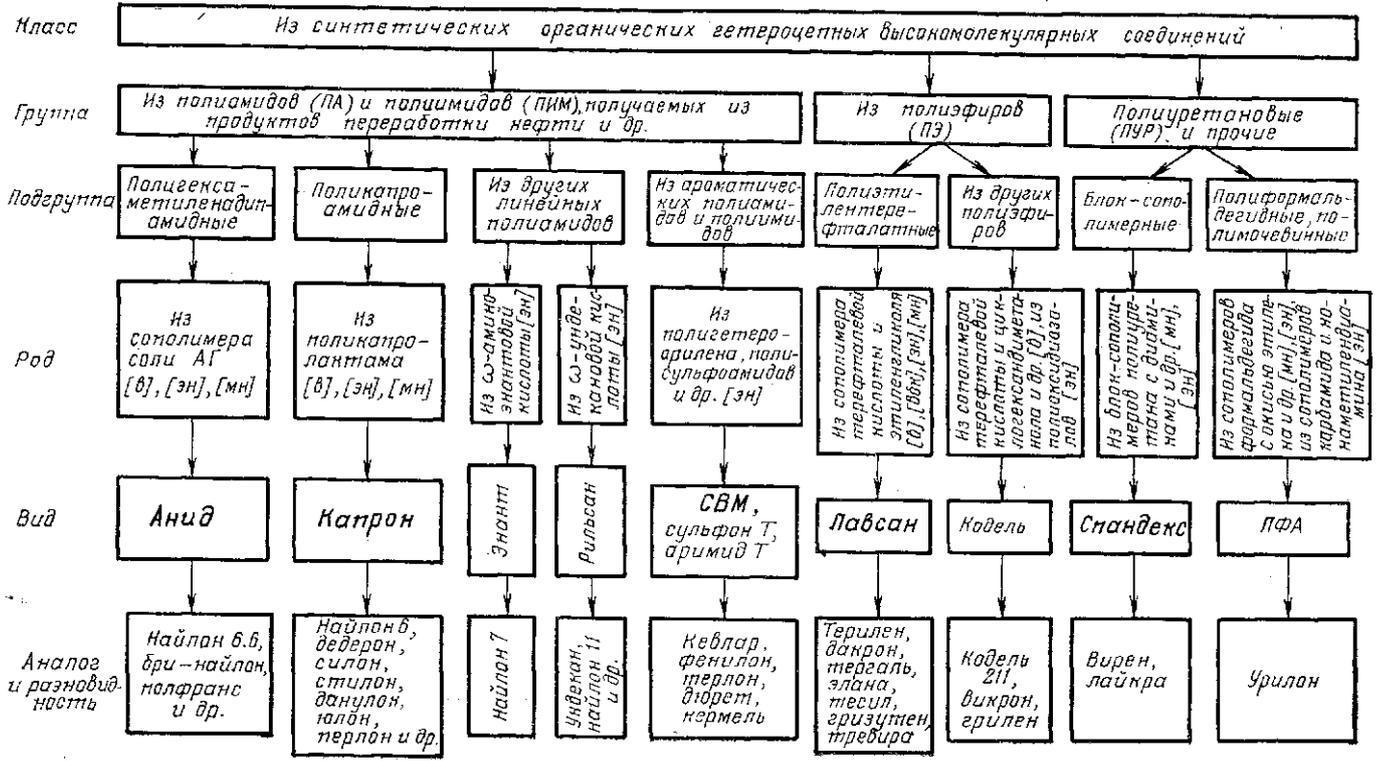
Классификация натуральных исходных текстильных материалов

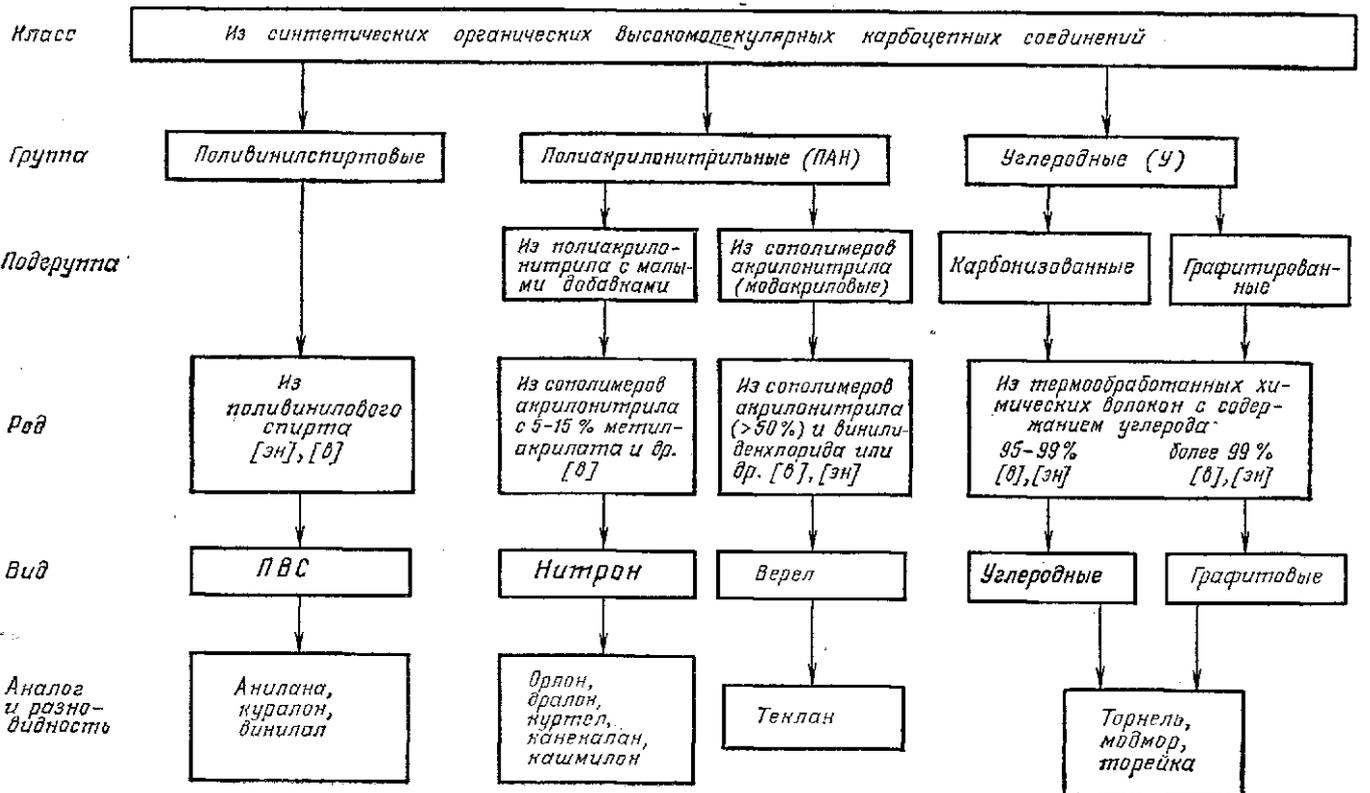
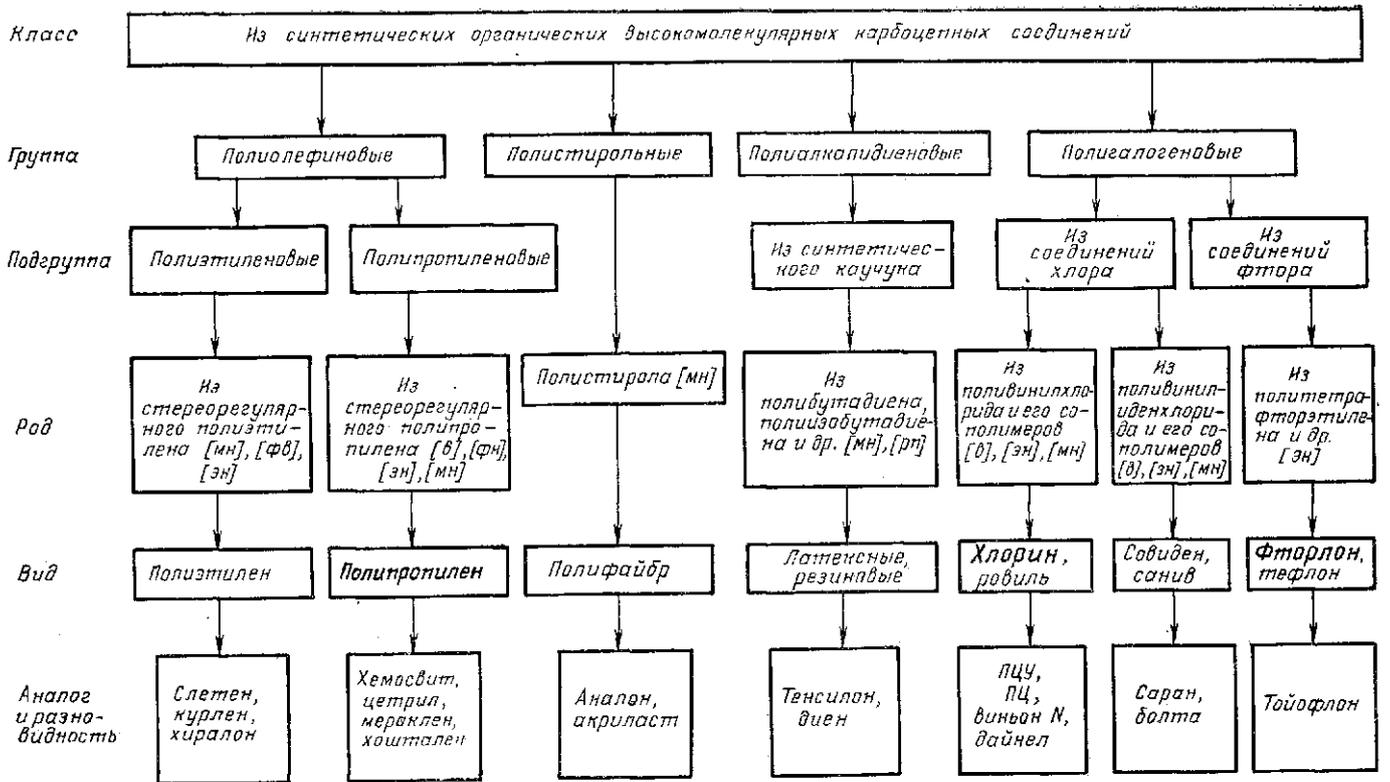


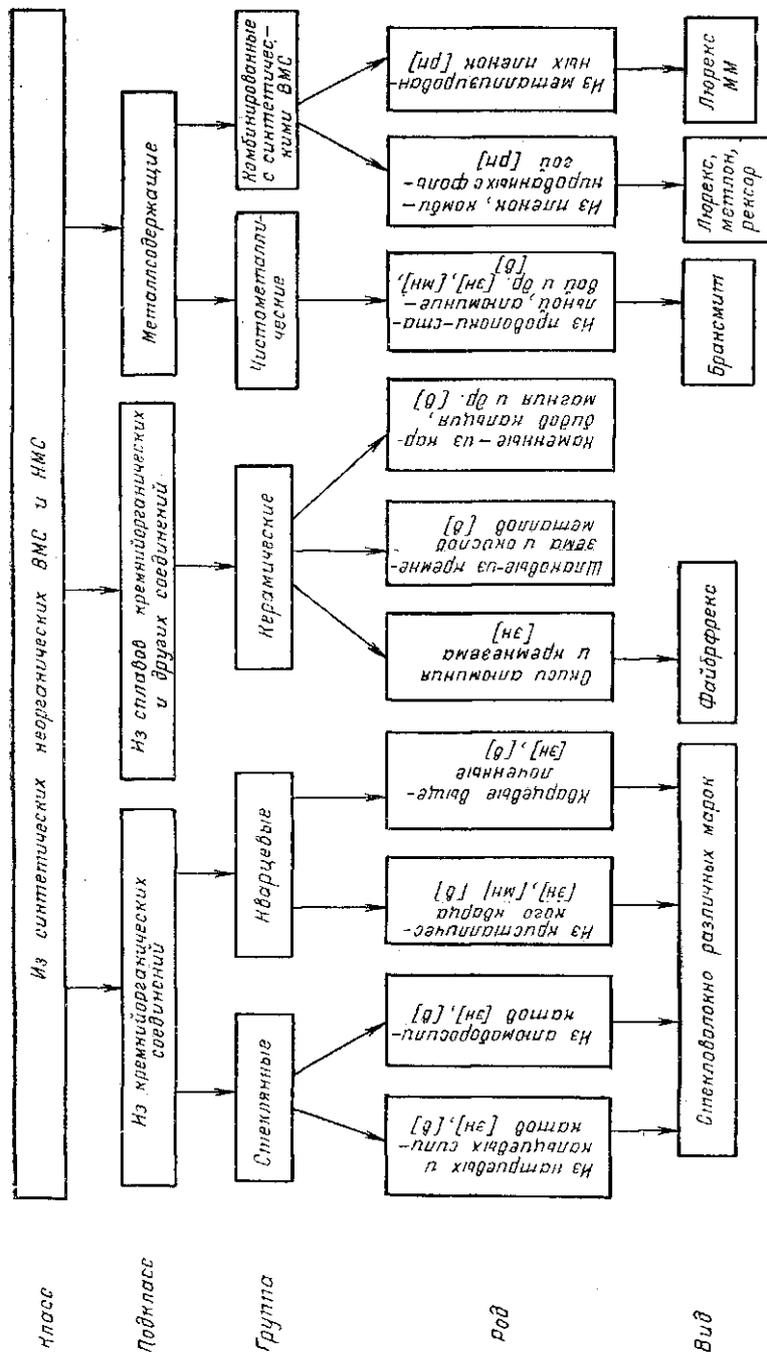
Классификация искусственных исходных текстильных материалов



Классификация синтетических исходных текстильных материалов







Классификация первичных нитей

Подтип	Класс	Группа	Вид
Пряжа	Простая	Однородная	Из волокон одинакового вида
		Смешанная	Из волокон различных видов
	Скрученная или склеенная	Однородная	Из волокон одинакового вида
		Смешанная	Из волокон различных видов
	Текстурированная (высокообъемная)	»	Из волокон одного вида, но РУ волокон БК, а также волокон различных видов
	Фасонная (иногда с ровницей и пучками волокон)	Однородная	Из волокон одинакового вида
		Смешанная	Из волокон различных видов
Армированная	Неоднородная	То же	
Комплек- сная нить	Простая скрученная	Однородная	Из эн одинакового вида
		Смешанная	» эн различных видов
	Простая компактированная	Однородная	» эн одинакового вида
		»	То же
	Склеенная	»	»
Жгутик	Фасонная	Смешанная	Из эн различных видов
		Однородная	» эн одинакового вида
	Смешанная	» эн различных видов	
Разрезная нить	Простой скрученный	Однородный	» эн одинакового вида
		Смешанный	» эн различных видов
	Скрученная	Однородная	Из полосок одного вида
		Неоднородная	» » различных видов

на категория «подтип». Именно она подчеркивает характер технологии получения нити — получена ли она в прядении или в других производствах. Категория «класс» определяет особенности производства нитей и получающейся вследствие этого структуры. Поясним некоторые термины [5].

Простыми нитями называются такие, строение и состав которых одинаковы по всей длине и отвечают тем, которые вырабатываются в основных технологических процессах (прядении, кручении и т. д.) без каких-либо дополнительных устройств или обработок.

Текстурированными называются нити, у которых по всей их длине вся структура видоизменена: например, у пряжи вследствие усадки и изгибов более рыхлая, чем у обычной, что дает

повышенный объем; у крученых нитей они характеризуются большой извитостью, приводящей к резкому увеличению растяжимости и т. д.

Фасонными нитями называются такие нити, у которых по их длине периодически имеются какие-либо эффекты — утолщения, петельки и т. д. Они могут создаваться различными способами в прядении, а особенно в кручении.

Армированными называются нити сложной структуры, у которых осевая обвита (обкручена или плотно оплетена) волокнами или другими нитями.

Классификация вторичных нитей

Подтип	Класс	Группа	Вид	
Крученая пряжа	Простая	Однородная	Из пряжи одинакового вида волокон	
		Смешанная	Из пряжи различных видов волокон	
	Фасонная	Неоднородная	То же	
		Однородная	Из пряжи одинакового вида волокон	
		Смешанная	Из пряжи различных видов	
		Неоднородная	То же	
	Армированная	Однородная	»	
		Неоднородная	»	
	Крученая комплексная нить	Простая скрученная	Однородная	Из комплексных простых нитей одинакового вида
			Неоднородная	То же, разных видов
Фасонная		Однородная	» , одинакового вида	
		Неоднородная	То же, разных видов	
Текстурированная		Однородная	» , одинакового вида	
		Неоднородная	То же, разных видов	
Комбинированная нить	Из первичных нитей	Неоднородная	{ Из сочетаний нитей различных подтипов, классов, групп и видов	
	Из вторичных нитей	»		
	Из первичных и вторичных нитей	»		

Компактированными называются нити, у которых отдельные ее составляющие (например, элементарные в комплексной) периодически, на коротких участках, перепутаны с помощью воздушной струи.

Комбинированными называются нити, скрученные или компактированные из нитей разных подтипов или классов.

В классификационной категории «группа» отмечаются *однородные* нити, т. е. состоящие целиком из материала одного вида; смешанные, когда они состоят из двух или более волокон, достаточно равномерно распределенных по всему поперечному се-

чению, взятому в любой точке по длине нити; *неоднородные*, когда нити состоят из двух или более материалов, неравномерно распределенных по поперечному сечению.

Следует иметь в виду, что первичные и вторичные нити получают в форме пряжи из волокон всех видов, в форме комплексных нитей из всех видов элементарных нитей, а более сложных структур из разных материалов в соответствии с особенностями структур, перечисленными выше.

В классификационные схемы не вошли некоторые особенности нитей, которые порой отмечаются для тех или иных из них. Они достаточно многочисленны. Перечислим только некоторые из них, встречающиеся чаще других.

Так, пряжу в зависимости от характера технологических процессов, проводимых при подготовке к прядению, и самого прядения подразделяют на гребенную, кардную и аппаратную, кольцевую, пневмомеханическую, аэродинамическую, роторную, самокруточную и др.; в зависимости от видов отделки и крашения — на пряжу суровую, мерсеризованную, беленую, отваренную, опаленную, гладкого и фасонного крашения, меланжевую; комплексные нити — на упрочненные, высокопрочные, блестящие, матированные, окрашенные в массу; фасонные нити — по видам эффектов; текстурированные нити — по способам текстурирования и т. д.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. IV

1. Киттары М. Я. Публичный курс товароведения, лекции V и VI.— Вестник промышленности, 1860. Т. VIII, № 5, с. 33.
2. Архангельский А. Г. Учение о волокнах. М., 1938.
3. *Matthew's Textile Fibers*, 6-ed, prepared by H. R. Mauersberger, J. Willey & Sons, N—Y, 1954.
4. *Bobeth W. Textilprüfung, 1 Lehrbrief (Lehrriefe für das Fernstudium)*, VEB Verlag Technik, Berlin, 1962.
5. *Textile Terms and Definitions*, 7-th ed., Manchester, The Textile Institute, 1975.

ГЛАВА V. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ВЕЩЕСТВ ИСХОДНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ [1]

Изучение химического состава исходных текстильных материалов (ИТМ) — волокон, элементарных нитей и полосок — показывает, что почти у всех из них какое-либо одно вещество занимает по массе подавляющую часть и потому является в их составе основным. Наряду с ним, в частности в натуральных ИТМ, встречаются второстепенные вещества, которые содержатся в небольших количествах. У ИТМ некоторых видов

могут быть одинаковые основные вещества. Так, у всех натуральных растительных и некоторых искусственных (вискозного и др.) волокон основным веществом является целлюлоза.

Однако в настоящее время используется большое разнообразие видов ИТМ, вследствие этого число различных по химическому составу основных веществ, слагающих ИТМ, также велико. Это разнообразие и является первой, хотя и не единственной причиной, вызывающей различие в свойствах ИТМ. Несмотря на это, у основных веществ есть и много общего. Прежде всего то, что почти все они относятся к высокомолекулярным соединениям (ВМС), иначе называемым полимерами. Последнее название не совсем точно, так как собственно должно относиться лишь к части ВМС, о чем говорится ниже. Но ввиду его краткости и одинакового звучания на большинстве языков оно распространилось на все ВМС и широко принято. К числу ВМС, как известно, относятся также основные вещества, составляющие многие части организмов живых существ (мускулы, кровь, кожу и т. д.), натуральные и синтетические каучуки, разнообразные пластмассы, пленки, лаки и многие другие материалы. Некоторые второстепенные вещества, входящие в ИТМ, также относятся к полимерам; примером могут служить пигменты, придающие ИТМ окраску.

Отметим главнейшие особенности ВМС.

1. Их молекулы состоят из большого числа (сотен и тысяч) атомов, связанных между собой основными химическими связями (обычно — ковалентными, для которых характерна определенная пространственная направленность). Подобные молекулы часто называют макромолекулами*; они имеют молекулярные массы, превышающие 10^3 и доходящие порой до 10^6 — 10^7 кислородных единиц.

2. Макромолекулы состоят из большого числа повторяющихся атомных групп (одного или нескольких видов), обычно называемых звеньями. Число, которым выражается количество повторяющихся звеньев, называется коэффициентом или степенью полимеризации (сокращенно 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 того же химического состава может существенно колебаться.

Таким образом, высокомолекулярные вещества являются смесями молекул с различными коэффициентами полимеризации (смеси полимергомологов). Эта их особенность называется полидисперсностью. Вследствие этого по отношению к высокомолекулярным веществам можно говорить лишь о средних зна-

* От греческого слова «макрос» (большой, длинный).

чениях молекулярных масс, причем даже они могут значительно колебаться в зависимости от способа определения.

Этими главными отличиями молекул ВМС объясняется ряд особенностей их свойств. Так, ввиду больших молекулярных масс невозможен переход этих соединений в газообразное состояние, их растворы имеют большую вязкость и т. д. Для некоторых ВМС вообще известно лишь весьма ограниченное число растворителей; встречаются и такие соединения, для которых растворители пока вообще не найдены.

С изменением средних значений молекулярных масс 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. Чаще всего по мере нагревания они размягчаются постепенно; иногда при нагреве, прежде чем расплавиться, большие молекулы распадаются на более простые с небольшой молекулярной массой.

Существование макромолекул подтверждено в современной науке самыми разнообразными способами. К числу этих способов относятся: прямые определения молекулярной массы различными методами (в частности, изучением распределения молекул разной величины в растворах с помощью ультрацентрифуг, определением вязкости растворов и др.), измерения размеров молекул по рентгенограммам, изучение наиболее крупных молекул при очень больших увеличениях в электронном микроскопе и др.

Некоторые высокомолекулярные соединения синтезируются непосредственно в природе, без участия человека (в растительных и животных организмах и др.), другие — в лабораториях, в заводских условиях. Число известных в настоящее время высокомолекулярных соединений очень велико и с каждым годом все больше увеличивается, так как ученые синтезируют все новые и новые их виды.

Напомним некоторые вопросы классификации и терминологии ВМС, часто необходимые в материаловедении. Прежде всего подчеркнем, что среди них имеются соединения, относящиеся как к органическим, так и к неорганическим. Затем отметим, что они делятся на *гетероцепные* 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, — *сополимерами*. При этом, когда в цепи подряд расположено по несколько одинаковых групп, а затем по несколько других, их называют блок-сополимерами.

Строение молекул ВМС в продольном и поперечном направлении рассматривается ниже. Здесь отметим только, что макромолекулы, не имеющие боковых ответвлений и химических связей с другими, называются *линейными*, если у них есть боковые ответвления, — *разветвленными*, а при наличии связей, дающих пространственные структуры, — *сетчатыми*. У так называемых стереорегулярных полимеров макромолекулы имеют звенья с периодически повторяющимися определенными пространственными конфигурациями. Те же, у которых конфигурации звеньев основной цепи чередуются произвольно, называются атактическими.

2. СИНТЕЗ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ [2]

Синтез ВМС представляет собой процесс соединения химическими связями многих молекул низкомолекулярных соединений (мономеров) в единую молекулу ВМС. При этом молекулы мономеров целиком (или без некоторых отделяющихся атомов) становятся звеньями макромолекул. Для того чтобы осуществился этот процесс, каждая из входящих в реакцию молекул мономера должна иметь возможность взаимодействовать (присоединять к себе) не менее чем с двумя другими молекулами, т. е. быть не менее чем бифункциональной. Следует подчеркнуть, что лишь ограниченное число органических и других мономеров в определенных условиях может образовывать необходимые связи и вступать в реакции синтеза ВМС. Основными реакциями, при которых образуются ВМС, являются полимеризация и поликонденсация.

Полимеризация представляет собой кинетический цепной процесс, протекающий в три последовательные стадии: 1) образование активных центров, 2) рост макромолекул в результате соединения мономеров, 3) прекращение роста.

В зависимости от вида мономеров активные центры возникают в результате разрыва двойных и тройных связей или циклических группировок, что является следствием воздействия световой энергии, нагрева, электрических разрядов, радиоактивных излучений и др. Активированные молекулы воздействуют на большое число других и соединяют их между собой.

Протекание реакций полимеризации облегчается при наличии инициаторов и катализаторов, понижающих величину необходимой энергии активации. К первым относятся вещества, способные легко распадаться на свободные радикалы, которые возбуждают реакцию, а затем входят в состав образующихся полимеров; ко вторым — вещества, которые способствуют осуществлению реакции, но сами в нее не входят.

Рост цепей при полимеризации обычно происходит очень быстро — достаточно нескольких десятков секунд для его осуществления. Большую роль при этом играют условия, в которых

осуществляется синтез (давление, концентрация мономера и др.). Обрыв цепи обычно является следствием столкновения двух активных молекул друг с другом. Иногда во избежание получения полимеров с очень большими молекулярными массами и потому трудно растворимых искусственно добавляют вещества, ускоряющие обрыв цепи, так называемые ингибиторы.

В реакции полимеризации могут входить как молекулы мономеров только одного вида, так и молекулы двух и более различных мономеров. В первом случае реакция носит наименование гомополимеризации*, во втором — совместной полимеризации, или сокращенно сополимеризации.

ВМС, полученные методом полимеризации, собственно и есть полимеры. Однако как уже указывалось в начале главы, этот термин часто распространяют на все ВМС и поэтому эти два термина — ВМС и полимер — считают синонимами.

Реакция поликонденсации отличается тем, что является совокупностью постепенно протекающих реакций химического взаимодействия функциональных групп сначала двух мономеров, образующих димер, затем димеров и мономеров с образованием тримера, а димеров между собой и т. д. Часто при этом выделяются побочные простые соединения (вода, аммиак и др.). В реакции этого вида вступают вещества, обладающие атомами и группами, способными взаимодействовать с замещением. Такими парами функциональных групп могут быть, например, гидроксил (ОН) и карбоксил (СООН), карбоксил и аминогруппа (NH₂) и т. д.

Прекращение роста полимерной молекулы при поликонденсации происходит вследствие того, что цепи легко замыкаются монофункциональными молекулами или одновалентными атомами. Оно может также явиться следствием повышения вязкости среды, а значит, и затруднения перемещения реагирующих молекул, или неэквивалентного соотношения реагирующих веществ.

Особенностями поликонденсации в большинстве случаев являются ее постепенное развитие, вследствие чего она протекает в отличие от полимеризации длительно (часами), обратимость, наличие при ней деструктивных процессов. Часть образующихся длинных цепей вновь распадается на короткие, тогда как при полимеризации, наоборот, нередко несколько коротких цепей объединяются вместе. Вследствие этого в полимерных продуктах, полученных путем поликонденсации, часто присутствуют остатки низкомолекулярных веществ.

Факторами, вызывающими процесс поликонденсации, также являются энергия тепла, света и т. д.

В реакции поликонденсации могут входить не только молекулы мономеров одного вида, но и двух и трех различных моно-

* От греческого слова «гомос» (одинаковый).

меров. Первые реакции называют реакциями гомополиконденсации, вторые — сополиконденсации.

3. СТРОЕНИЕ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ВЕЩЕСТВ [1, 3]

Уже отмечалось, что строение всякого вещества определяется видом и особенностями частиц, из которых оно складывается (в данном случае макромолекул), а также их взаимным

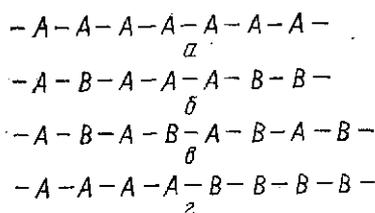


Рис. V.1. Схема расположения звеньев в линейных молекулах полимеров различных структур:

α — для простого полимера; β — для сополимера нерегулярной структуры; β — для сополимера регулярной структуры; γ — для блоксополимера

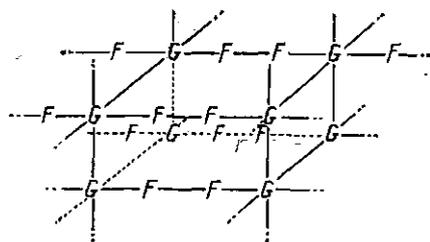


Рис. V.3. Схема расположения звеньев в молекуле полимера сетчатой (пространственной) структуры

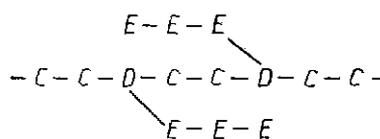


Рис. V.2. Схема расположения звеньев в разветвленной молекуле полимера

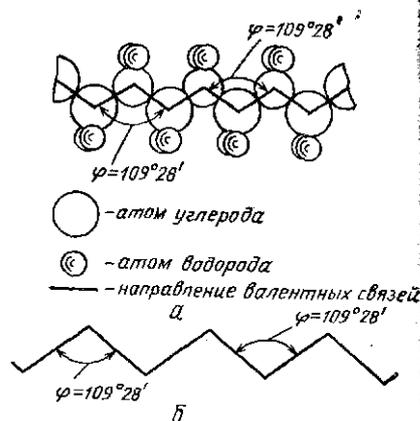


Рис. V.4. Схема расположения атомов в распрямленной простой линейной молекуле полимера

расположением и связями между ними, зависящими от их состояний и сил взаимодействия (межмолекулярных сил). При линейной структуре каждое звено связано с двумя соседними звеньями, поэтому каждая макромолекула представляет неразветвленную цепь, в которой чередуются звенья, составленные из вошедших в нее соединившихся между собой мономеров. Распо-

ложение звеньев показано на рис. V.1 (звенья каждого вида условно названы определенными буквами).

В макромолекулах разветвленной структуры некоторые из звеньев связаны более чем с двумя другими звеньями, вследствие чего из основной цепи главных валентностей образуются ответвления в виде небольших боковых цепей (рис. V.2).

В макромолекулах сетчатой (иначе пространственной или трехмерной) структуры линейные цепи (вследствие наличия в них многофункциональных звеньев) связаны между собой поперечными химическими связями и образуют большие пространственные структуры (рис. V.3).

Большинство текстильных волокон состоит из веществ, макромолекулы которых имеют линейную структуру; связи между атомами, входящими в них, ковалентные, характеризующиеся 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, получают строго определенные значения в зависимости от того, между какими атомами имеет место связь. Так, для часто встречающейся в высокомолекулярных соединениях связи С—С (простая связь углерод—углерод) валентный угол $\varphi = 109^{\circ}28'$. Вследствие этого предельно распрямленная молекула, составленная, например, из звеньев —СН₂, может быть изображена, как на рис. V.4, а. Еще более схематическое изображение той же цепной молекулы дано на рис. V.4, б. Звенья представлены прямыми отрезками, взаимно располагающимися под валентными углами (подобное изображение молекул используется в дальнейшем).

При рассмотрении строения макромолекул следует иметь в виду, что их звенья находятся в состоянии непрерывного теплового колебательно-вращательного движения. Известно, что малые по своим размерам молекулы газов, находящиеся на больших расстояниях друг от друга, относительно свободно перемещаются в занимаемом ими пространстве со скоростями в несколько сот, а порой и тысяч метров в секунду. Менее свободно, но все же относительно легко перемещаются молекулы жидкости. В то же время макромолекулы вследствие своих размеров и наличия больших сил взаимодействия между собой не имеют свободы перемещения, и лишь атомы и звенья их колеблются с огромными частотами порядка 10^{12} — 10^{14} Гц (в зависимости от температуры).

Цепные молекулы обладают значительной гибкостью, которая является следствием того, что их звенья могут поворачиваться вокруг соседних. При этом отсутствует деформация самих звеньев (т. е. увеличение межатомных расстояний) и сохраняется неизменной величина валентного угла*. Такой свобо-

* При приложении больших внешних сил возможны небольшие деформации и валентных углов, и звеньев, однако это не имеет отношения к гибкости молекул, возникающей в результате поворота звеньев.

дой поворота обладают, например, звенья, связанные простыми углеродными связями (C—C). При наличии двойных углеродных связей (C=C) поворот уже затруднен, и молекулы, в которых имеются атомы с подобными связями, более жестки.

На рис. V.5 изображен участок макромолекулы со звеньями 1, 2 и 3; показан поворот звена 1 вокруг звена 2, при повороте на 360° звено 1 описывает конус с углом при вершине, равным

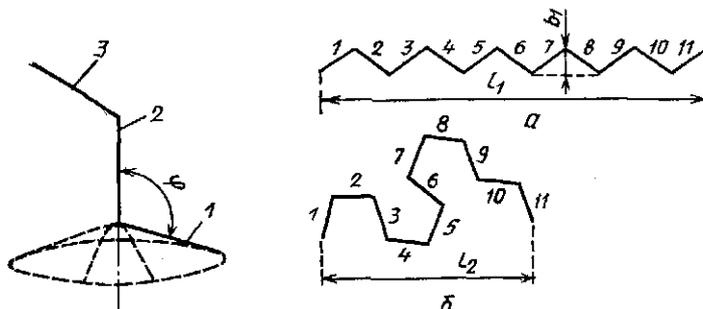


Рис. V.5. Схема поворота звеньев макромолекул

Рис. V.6. Распрямленное (а) и изогнутое (б) состояния макромолекулы

$180^\circ - \varphi$, где φ — валентный угол. Поскольку повороты звеньев являются следствием тепловых колебаний, с ростом температуры они облегчаются и, наоборот, с ее снижением — затрудняются.

Свобода поворотов звеньев ограничивается силами взаимодействия между группами и атомами, входящими как в соседние звенья, так и в другие близрасположенные молекулы. Силы притяжения мешают легкому осуществлению поворотов, создавая так называемый барьер вращения, который звеньям приходится преодолевать за счет тепловых колебаний. Число звеньев в макромолекулах 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 (рис. V.6, а) в изогнутое (рис. V.6, б). Однако при всей изогнутости сохраняется большое превышение размеров молекул в длину над поперечным. У некоторых ВМС макромолекулы по конфигурации представляют собой клубки — глобулы.

Когда осуществлены все взаимодействия между звеньями молекул, изогнутое состояние термодинамически соответствует минимуму свободной энергии и потому является тем равновесным состоянием, к которому стремится молекула под действием теплового движения.

Следует иметь в виду, что силы взаимодействия между макромолекулами — межмолекулярные силы — это водородные свя-

зи, сильные диполь-дипольные взаимодействия и так называемые силы Ван-дер-Ваальса. Первые из этих сил присущи атомам водорода, которые могут образовывать связи между двумя электроотрицательными атомами (например, кислорода, азота, фтора и др.). Они могут возникать, когда имеется ковалентно связанный атом водорода. У такого атома единственный электрон, удлиняя свою орбиту, оголяет положительно заряженное ядро, которое и притягивается свободными электронами какого-либо другого атома.

Водородные связи образуются между группами OH, COOH, NHCO и др. Как будет показано ниже, эти группы, часто встречающиеся в высокомолекулярных веществах, составляют текстильные волокна.

Силы Ван-дер-Ваальса включают в себя три вида сил межмолекулярного взаимодействия: ориентационные силы, присущие слабо полярным молекулам (диполям); индукционные силы, возникающие вследствие влияния зарядов двух молекул друг на друга; дисперсионные силы, обусловленные возникновением согласованного движения электронов двух сблизившихся молекул, что приводит к притяжению последних.

Энергия связи — это такое количество энергии, которое выделяется при образовании какой-либо связи между атомами или молекулами, или, наоборот, которое необходимо затратить для разрыва этой связи.

Поскольку при химических реакциях и изучении взаимодействия молекул чаще всего приходится иметь дело с тепловой энергией, расчеты ведут в килокалориях на моль вещества.

Энергии связей (в зависимости от вида взаимодействующих атомов или молекул) имеют примерно следующие значения, кДж/моль:

Химические связи	80—800
Водородные связи и диполь-дипольные взаимодействия	20—40 и более
Силы Ван-дер-Ваальса (1 ккал=4184 Дж).	0,4—8

При обычных температурах полимерные вещества, составляющие текстильные материалы, по своему агрегатному состоянию представляют собой твердые тела. При переходе в жидкое (расплавленное) состояние, а тем более в газообразное состояние требуется, чтобы тепловое движение макромолекул преодолевало энергию их взаимодействия друг с другом. Для этого необходим их значительный нагрев, но он у многих полимеров вызывает распад на более простые соединения еще перед переходом в жидкое состояние, а у всех остальных — до перехода в газообразное состояние. Из-за термораспада макромолекул нет полимеров, которые могли бы находиться в газообразном состоянии. В полимерных веществах твердого агрегатного состояния

встречаются два фазовых состояния — *кристаллическое* и *аморфное*.

Первое характеризуется наличием геометрически правильно-го расположения друг по отношению к другу некоторого числа звеньев соседних молекул*, в результате чего образуются небольшие кристаллические области, ввиду малых размеров которых их называют кристаллитами.

Второе характеризуется хаотическим расположением макромолекул и их отдельных звеньев, тем большим, чем дальше отстоят звенья друг от друга.

Кристаллиты, возникающие при упорядоченном расположении звеньев, естественно, имеют малые размеры (порядка 1—10 нм). Эти кристаллики бывают игольчатого или пластинчатого вида и не имеют правильных граней.

Длинные цепные молекулы, участвующие в формировании кристаллов, проходят через них лишь частью своих звеньев. Звенья располагаются в направлении меньших размеров кристаллитов (т. е. поперек иглы). Подобные микрокристаллы при внешних воздействиях (например, силовых) легко перестраиваются, образуя новые (явление рекристаллизации). Таким образом, когда речь идет о высокомолекулярных веществах кристаллического строения, не приходится говорить о наличии у них правильно построенных кристаллических граней, как это имеет место у низкомолекулярных веществ (например, у металлов, поваренной соли и многих других). Лишь в редких случаях (например, у производных целлюлозы) образуются крупные одиночные кристаллы. Полимеры не имеют целиком кристаллического строения. В них, хотя бы в небольшой доле, присутствуют аморфные зоны, поэтому, когда в достаточной мере представлены оба фазовых состояния, их нередко называют аморфно-кристаллическими (двухфазными). У аморфных полимеров степень беспорядочности расположения макромолекул, их распрямленность (изогнутость) могут значительно варьировать.

У некоторых полимеров (чаще у аморфных, реже у кристаллических) встречаются шаровидные частицы — глобулы, образованные свернувшимися в клубок одной или несколькими молекулами. Межмолекулярные связи между глобулами естественно меньше, чем у вытянутых молекул.

В зависимости от температуры полимеры могут находиться в различных физических состояниях — *стеклообразном*, *высокоэластическом* и *вязкотекучем*; все три состояния возможны для аморфных полимеров, второе и третье — для кристаллических.

В зависимости от физического состояния полимеров существенно меняются показатели их свойств. Особенно хорошо это прослеживается на термомеханических кривых, показывающих

* Имеется в виду среднее расположение во времени колеблющихся звеньев макромолекул.

изменение деформации от температуры при постоянном напряжении. В стеклообразном состоянии при низких температурах малое тепловое движение не препятствует проявлению взаимодействия между макромолекулами. Вследствие этого аморфные полимеры, находящиеся в твердом агрегатном состоянии, малодеформируемы*; у кристаллических полимеров твердость и малая деформируемость обеспечиваются уже самой кристаллизацией.

Полимеры при повышении температуры (до определенного уровня, характерного для каждого их вида) переходят в высокоэластическое состояние. В нем они особенно отличаются от низкомолекулярных веществ способностью сильно деформироваться под действием приложенных к ним напряжений. Эта особенность осуществляется за счет возможности изменения конфигурации макромолекул — их распрямления, возникающего как следствие отмеченной выше способности поворота отдельных звеньев без смещения макромолекулы в целом. После снятия напряжения под действием тепловых колебаний макромолекулы вновь принимают более изогнутую форму и деформация постепенно исчезает. Подобное изменение формы молекул называется *конформацией* (см. рис. V.6). При достаточно значительных напряжениях возможно возникновение высокоэластической деформации и у находящихся в стеклообразном состоянии аморфных полимеров. Эта деформация носит название вынужденной высокоэластической деформации; для ее исчезновения обычно требуется повышение температуры.

Высокоэластическая деформация в ряде случаев может возникнуть и у кристаллических полимеров при значительных напряжениях и повышенной температуре; она происходит за счет разрушения кристаллитов и возникновения новых (процесс рекристаллизации), а также отчасти и вследствие наличия аморфных областей. Состояние кристаллических полимеров, когда протекают подобные явления, также называют высокоэластическим.

Вязкотекучее состояние полимеров из обоих фазовых состояний возникает при дальнейшем повышении температуры; оно характеризуется тем, что при воздействии внешних сил развиваются необратимые деформации, т. е. проходит процесс течения, для которого характерно не изменение конфигурации макромолекул, а их смещение целиком или хотя бы части их звеньев.

До сих пор рассматривалось строение высокомолекулярных веществ в малых объемах. Следует еще рассмотреть строение веществ в больших объемах. Изучение структур различными методами показало, что полностью хаотическое расположение

* Некоторые полимеры, при сильно пониженных температурах, делаются хрупкими, т. е. разрушаются при очень малых деформациях.

макромолекул или образованных ими кристаллитов невозможно. Некоторое упорядочение взаимного расположения макромолекул носит название надмолекулярных структур. Для них типичны *фибриллы* — преимущественно параллельные расположения макромолекул, *сферолиты* — звездообразные расположения фибрилл, при которых макромолекулы сходятся к одной точке своими концами, *дендриты* — расположения, в которых фибриллы располагаются подобно ветвям деревьев, и др. Сферолиты могут объединяться в ленты; плоские кристаллиты иногда встречаются значительных размеров и носят название ламели; так называемые микрофибриллы, т. е. фибриллы, состоящие из малого числа макромолекул, расположенные параллельно друг другу, формируют макрофибриллы. Фибриллы — вид надмолекулярных структур, особенно типичный для волокон и элементарных нитей.

Рассмотрим еще так называемое ориентированное состояние полимеров. Это состояние относится ко всему объему состоящих из полимеров тел, в основном таких, которые слагаются из макромолекул линейного строения. Для него характерно то, что большинство составляющих тело макромолекул или частей их и их надмолекулярных образований располагается преимущественно вдоль некоторых направлений — осей ориентации. Чаще всего это достигается вытягиванием тела неориентированного строения путем приложения к нему направленного внешнего усилия. К полимерным телам, находящимся в ориентированном состоянии, относятся волокна, элементарные нити, пленки и др. Ориентация натуральных волокон происходит в процессе их роста, химических — при их производстве.

4. ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ВОЛОКОН И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ НИТЕЙ [4]

Коротко остановимся на общих особенностях строения волокон и элементарных нитей. Структура волокон не является однородной (если ее рассматривать в направлении от периферии к центру волокна). Почти все они имеют несколько (2—3) различных по своему строению (а иногда и химическому составу) концентрических слоев, из которых наружные обычно более уплотнены.

Все натуральные растительные волокна представляют собой одиночные растительные клетки трубчатого строения, т. е. имеющие канал, идущий в направлении их продольной оси и расположенный в середине их поперечного сечения. Шерстяные волокна и шелковые элементарные нити каналов не имеют. Нет их и у химических волокон и элементарных нитей, кроме специально вырабатываемых так называемых полых волокон.

Волокна и элементарные нити слагаются из концентрически расположенных слоев, состоящих из ориентированных макрофибрилл, в свою очередь объединяющих микрофибриллы. В по-

следних по длине располагаются кристаллиты или другие надмолекулярные образования, чередующиеся с аморфными прослойками. Часть макромолекул всегда участвует в образовании тех и других, переходя из кристаллита в аморфный участок, иногда по нескольку раз (проходные макромолекулы). В микрофибриллах некоторых веществ можно предположить еще наличие агрегатов, состоящих из малого числа макромолекул (например, в веществе шерстяного волокна — кератине, макромолекулы которого имеют спиралевидную структуру, наличие тесного сближения трех молекул в так называемые триплеты). Подобные образования иногда называют протофибриллами.

Микрофибриллы удерживаются друг около друга межмолекулярными силами, а также вследствие перехода отдельных макромолекул из одной микрофибриллы в другую. Поскольку межмолекулярные силы взаимодействуют лишь на малых расстояниях порядка нескольких ангстремов (10^{-10} м), контакты между макрофибриллами обычно слабее, чем между соседними макромолекулами одной микрофибриллы; поэтому при различных воздействиях (механических, химических) волокна прежде всего начинают распадаться на макрофибриллы. Отдельные концентрические слои у некоторых волокон могут существенно отличаться как по химическому составу макромолекул, так и по направлению ориентации. Особенно это относится к наружному слою. Основным определяющим направлением ориентации является продольная ось волокна, но нередко макрофибриллы располагаются по отношению к ней под значительными углами (особенно у хлопкового волокна).

Волокна шерсти, кроме того, слагаются из еще более крупных образований — веретенообразных клеток, состоящих из макрофибрилл, которые окружены тонкой мембраной, вместе с другими (матричными) веществами составляющей комплекс, скрепляющий клетки между собой.

Особенности надмолекулярной структуры приводят к тому, что в теле волокон и элементарных нитей имеется большое число продольных трещин, микропор. Вследствие этого их физические плотности по сравнению со средней плотностью (объемной массой), т. е. с отношением массы к объему по наружному контуру, разнятся на 10—30 % и более. Это обстоятельство приводит к тому, что общая поверхность волокон и элементарных нитей, приходящаяся на единицу массы этих тел — 1 г, составляет десятки, а иногда превышает сотню квадратных метров.

5. ОСНОВНЫЕ ВЕЩЕСТВА, СОСТАВЛЯЮЩИЕ ВОЛОКНА И НИТИ

Ниже рассмотрены вещества, входящие в состав наиболее распространенных волокон и нитей, которые принято называть многотоннажными. Вещества, составляющие волокна и нити, производство которых имеет сравнительно небольшой

объем и о которых достаточно иметь лишь общее представление, рассматриваются в соответствующих главах, где даются получение и область использования этих волокон и нитей.

Целлюлоза [5]

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.

Она как исходное сырье также применяется для изготовления искусственных волокон некоторых важнейших видов — вискозного, ацетатного и др. Можно считать, что целлюлоза является основным веществом более чем 70 % всех используемых в настоящее время текстильных волокон и нитей. Она также применяется для получения пленок, пластмасс, лаков и др.

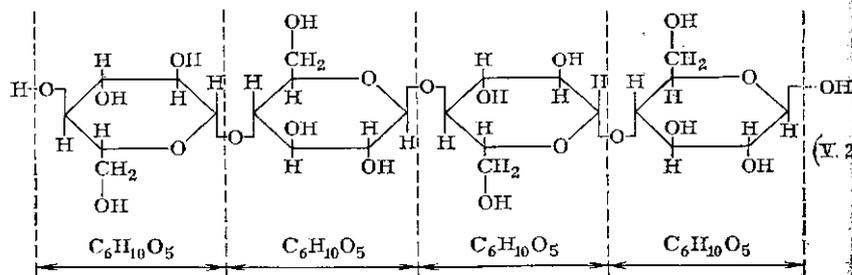
Целлюлоза является твердым телом. О ее внешнем виде лучше судить по хлопковому волокну, которое в сухом виде содержит до 94—95 % целлюлозы от своей массы. Целлюлоза представляет собой высокомолекулярное соединение, относящееся к высшим углеводам*. Синтезировать целлюлозу в лабораторных условиях пока еще не удалось.

Как показали исследования ряда ученых, биосинтез целлюлозы, по-видимому, 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, лишенный молекулы воды (ангидро- α -глюкозу). Ее формула



Напомним, что химическая формула глюкозы $C_6H_{12}O_6$.

Структурная формула природной, не подвергшейся химическим воздействиям, целлюлозы следующая



* Высшими, или сложными, углеводами (также полисахаридами) в органической химии называют углеводы, которые при гидролизе распадаются с образованием молекул моносахаридов, не гидролизующихся далее. Высокомолекулярные полисахариды некоторые авторы называют высшими полиозами.

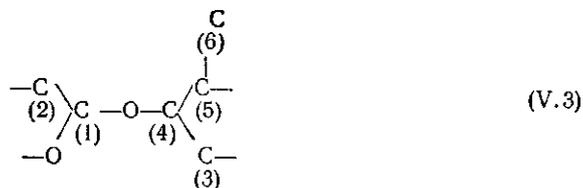
Таким образом, целлюлоза является гомополимером. Основу каждого ее звена составляют пираноидные кольца, хотя, по мнению некоторых исследователей, в ней могут (в малом числе) встречаться и звенья несколько измененных структур.

Степень полимеризации и, следовательно, молекулярная масса природной целлюлозы весьма велики. За последние десятилетия многие исследователи определяли молекулярную массу целлюлозы с помощью разнообразных методов. Полученные данные довольно сильно колеблются в зависимости от происхождения целлюлозы и примененных методов исследования. 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). Поскольку молекулярная масса одного звена равна 162, молекулярная масса всей макромолекулы может достигать 5 млн.

Установлена значительная полидисперсность целлюлозы. Коэффициент полимеризации целлюлозы, прошедшей химическую обработку, нередко снижается до нескольких сотен. При этом ее химические свойства не изменяются, но существенно меняются механические, физико-химические и другие свойства.

Исследования Х. У. Усманова и других показали, что в течение первой половины времени роста хлопкового волокна непрерывно увеличивается среднее значение коэффициента полимеризации целлюлозы.

Элементарные звенья в макромолекуле целлюлозы связаны между собой так называемой глюкозидной связью (иначе кислородными мостиками), осуществляющейся между первым и четвертым углеродными атомами через атом кислорода. Эта связь, как видно из формулы (V.2), имеет следующую атомную структуру*



Другой характерной особенностью молекул целлюлозы является наличие в каждом звене трех гидроксильных групп: при втором, третьем и шестом углеродных атомах. Благодаря этому целлюлоза обладает свойствами многоатомных спиртов и вступает в реакции, типичные для этих соединений. Наличие глюкозидной связи и трех гидроксильных групп в каждом звене целлюлозы определяет ее основные химические свойства.

* Цифра в скобках под атомами углерода означает их порядковый номер в звене целлюлозы.

Глюкозные остатки в макромолекуле природной целлюлозы повернуты один по отношению к другому на 180° . Два соседних звена (так называемый целлобиозный остаток), как показал структурный анализ, имеют размеры порядка $10,3 \cdot 10^{-10}$ 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 — порядка $(7...10) 10^{-9}$ м, продольный — $(10...15) 10^{-9}$ м. Макромолекулы в них в значительной мере распрямлены и сильно взаимодействуют между собой за счет Ван-дер-Ваальсовых и особенно водородных связей. Это позволяет отнести целлюлозу к жесткоцепным полимерам. Большинство исследователей считает, что в равновесном состоянии она имеет аморфно-кристаллическое строение. Кристаллическая фаза у природной целлюлозы из волокон составляет до 70 %, у гидратцеллюлозы — до 45 %.

Целлюлоза имеет плотность $1,54—1,56$ г/см³. Она легко поглощает различные пары и газы.

При сравнительно кратковременном (в течение нескольких часов) нагревании до температуры $120—130^\circ\text{C}$ не происходит заметных ее изменений; при нагревании выше этой температуры начинается сначала медленный, после 160°C сравнительно быстрый, а после 180°C интенсивный процесс разрушения ее молекул. Сначала идет их распад по глюкозидным связям — деполимеризация, а затем и разрушение самих глюкозных остатков с образованием разнообразных продуктов и обугливанием. При длительном нагреве указанные значения температур снижаются. При сухой перегонке (сильном нагреве без свободного доступа воздуха) из целлюлозы образуется уголь (около 40 % от ее веса), вода, уксусная кислота, углекислота, окись углерода и другие продукты.

Удельная теплоемкость целлюлозы $1,26$ Дж/(г·°C).

Под действием света целлюлоза подвергается деструкции и окисляется кислородом воздуха. Наиболее активно способствуют окислению лучи с малой длиной волны (ультрафиолетовые). При освещении прямым солнечным светом в средних широтах в течение $900—1000$ ч прочность целлюлозных материалов снижается вдвое. Целлюлоза является диэлектриком.

Целлюлоза не растворяется в воде и во всех обычных органических растворителях — спирте, бензоле, хлороформе и др. Имеется лишь небольшое число ее растворителей. Наиболее часто для растворения целлюлозы используют водный раствор медно-аммиачного комплекса

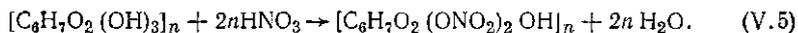


Под действием кислот происходит деструкция макромолекул целлюлозы; их гликозидные связи разрываются и присоединяют воду — гидролизуются. При этом резко ухудшаются механические свойства целлюлозы.

Очень сильную деструкцию целлюлозы вызывают минеральные кислоты (серная, соляная и др.), сравнительно слабую — органические (уксусная, муравьиная и др.). Конечным продуктом гидролиза является α -глюкоза, промежуточными — различные углеводы. Смесь продуктов гидролиза целлюлозы называют гидроцеллюлозой. Аналогично действуют на целлюлозу и растворы кислых солей.

Под действием кислот целлюлоза не только гидролизуется, но, будучи соединением, обладающим спиртовыми свойствами, дает с ними сложные эфиры. Некоторые из сложных эфиров широко применяются в народном хозяйстве для производства искусственных волокон, пленок, пластмасс, взрывчатых веществ и др.

В качестве примера рассмотрим получение азотнокислого эфира целлюлозы — нитроцеллюлозы. Реакция ее следующая:



Эта условно представленная реакция протекает между двумя из трех гидроксильных групп, имеющихся в каждом звене макромолекулы целлюлозы, и таким же числом молекул азотной кислоты. Следует иметь в виду, что остатком азотной кислоты в отдельных макромолекулах целлюлозы и ее звеньях практически замещается разное число гидроксильных групп. Если к тому же изменять количество азотной кислоты и условия протекания реакции, можно получить нитроцеллюлозу с различным содержанием азота. Нитроцеллюлозы с содержанием 11—12,7 % азота называются коллоксилинами. Их используют как исходный продукт для получения пленок, пластмасс, а ранее применяли и для изготовления одного из первых видов искусственных волокон — нитратного. Нитроцеллюлозы с содержанием 12,8—14 % азота, так называемые пироксилины, представляют собой взрывчатые вещества.

Из сложных эфиров целлюлозы и их производных наиболее важны ксантогенат целлюлозы — натриевая соль сложного кислого эфира целлюлозы и дитиоугольной кислоты, а также ацетилцеллюлозы — сложные эфиры целлюлозы и уксусной кислоты, широко используемые в производстве искусственных волокон, пленок и др.

Простые эфиры целлюлозы — оксиэтиловый, бензиловый и др. — находят применение в текстильной промышленности. Их растворы наносят на поверхность хлопчатобумажных и других целлюлозных материалов для проклеивания, для придания им водоотталкивающих свойств (гидрофобности) и т. п. Эти препараты устойчиво держатся на ткани даже после длительного кипячения. Следует подчеркнуть, что в отличие от самой целлюлозы ее эфиры в большинстве случаев легко растворимы.

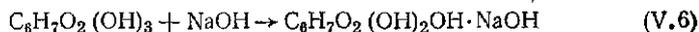
Различные окислители — гипохлориты кальция и натрия, перекись водорода и др. — довольно сильно действуют на целлю-

лозу, вызывая окисление гидроксильных групп (превращение их в карбоксильные и др.), разрыв гликозидных связей и даже пирановых колец. Смесь продуктов распада целлюлозы, полученных под действием окислителей, называют оксигеллюлозой. Оксигеллюлоза обладает пониженной прочностью; если процесс распада зашел далеко, целлюлоза превращается в порошок.

Целлюлоза обладает устойчивостью к действию щелочей. Едкий натр непосредственно не разрушает гликозидные связи, однако он способствует окислению целлюлозы кислородом воздуха и превращению ее в оксигеллюлозу, особенно если реакция протекает при нагреве.

Едкий натр соединяется с целлюлозой, образуя новое соединение — щелочную целлюлозу (по старой терминологии — алкалицеллюлозу). Это соединение, по-видимому, является комплексным (молекулярным)*, получающимся в результате взаимодействия молекул едкого натра с гидроксилами макромолекулы целлюлозы (одним или более).

Схема реакции, идущей в отдельно взятом звене макромолекулы целлюлозы, исходя из предположения, что с едким натром реагирует один из трех имеющихся в звене гидроксильных, следующая



Щелочная целлюлоза является малостойким соединением; она легко разлагается водой. При этом получается гидратцеллюлоза. Химически она не отличается от исходной — природной целлюлозы, но имеет другое строение. Это, в частности, подтверждается тем, что рентгенограмма гидратцеллюлозы отличается от рентгенограммы природной целлюлозы. В. А. Каргин и Д. И. Лейпунская показали, что в макромолекуле гидратцеллюлозы глюкозные остатки поворачиваются на 90° по отношению друг к другу. Вследствие этого число гидроксильных групп, взаимодействующих между собой, уменьшается, а физико-химические свойства гидратцеллюлозы по сравнению с природной существенно меняются. Гидратцеллюлоза легче вступает в различные реакции, сильнее поглощает разные вещества (например, воду), сильнее окрашивается и т. п. Все эти изменения структуры и физико-химических свойств наблюдаются в хлопковом волокне при мерсеризации**. Интересно отметить, что у мерсеризованного хлопкового волокна исчезает присущая ему скрученность (так называемая извитость), оно распрямляется, укорачивается в длину (усаживается) и увеличивается в поперечном сечении, вслед-

* Комплексными, или молекулярными, соединениями называются такие, которые получаются в результате взаимодействия (координации) ионов (или ионов и нейтральных молекул), образующих при этом более сложные комплексные ионы.

** Мерсеризацией называется обработка раствором едкого натра с последующей промывкой водой; процесс этот получил название по имени его изобретателя — Д. Мерсера.

ствие чего возрастает его абсолютная прочность при **растяжении**. Если при мерсеризации хлопковое волокно натянуть и не дать ему усаживаться, волокно хорошо распрямляется, приобретает правильную округлую форму, поверхность его делается более гладкой и начинает сильнее отражать световые лучи.

Структурные изменения, происходящие при превращении природной целлюлозы в гидратцеллюлозу, в известной мере обратимы. Так, в результате нагрева гидратцеллюлозы в течение нескольких часов, например в глицерине при температуре порядка 150—300 °С, происходит изменение в расположении звеньев ее молекул. Оно вновь становится таким, как у природной целлюлозы, что подтверждается рентгенограммой. Однако повышенное влагопоглощение, окрашиваемость и другие свойства сохраняются, так как число взаимодействующих гидроксильных групп остается меньшим, чем у исходной природной целлюлозы.

Широко применяемые методы поверхностных обработок, пропиток целлюлозных материалов (тканей и др.) различными веществами для придания им негорючести, малой сминаемости и других свойств в большинстве случаев дают временные эффекты, исчезающие после многократных стирок и других обработок. В последние годы начинают все шире использоваться методы химической модификации целлюлозных волокон путем привитой полимеризации. В этом случае, используя большую реакционную способность целлюлозы (или ее производных), получают сополимеры с разветвленными макромолекулами, у которых боковые цепи состоят из других веществ. Большие работы в этой области, например, проводятся в одной из проблемных лабораторий Московского текстильного института им. А. Н. Косыгина. В результате работ З. А. Роговина, Л. С. Гальбрайха и их сотрудников в течение ряда лет осуществляется промышленный выпуск волокна мтилон-В, в котором к макромолекуле гидратцеллюлозы (к вискозному волокну) привиты цепи полиакрилонитрила. Волокно мтилон-В, содержащее 60 % целлюлозы и 40 % полиакрилонитрила, обладает повышенной устойчивостью к истиранию и действию света, лучше крашится; оно используется в ковровом производстве. Получены и другие модифицированные целлюлозные материалы, обладающие бактерицидными, кровоостанавливающими, маслоотталкивающими и другими свойствами [6].

Распознавание целлюлозы может быть успешно выполнено с помощью различных цветных реакций, чаще всего обработкой хлор-цинк-йодом (смесь водных растворов хлористого цинка и йодистого калия с йодом). Под действием хлористого цинка идет гидролиз целлюлозы; продукты ее распада дают с йодом соединения, окрашивающиеся (в зависимости от концентраций растворов) в красно-фиолетовый или голубовато-фиолетовый цвета.

В растительных тканях целлюлозе сопутствует ряд других

веществ (нередко эти вещества оказываются трудноотделимыми от целлюлозы и препятствуют получению ее чистых препаратов).

1. Низкомолекулярные фракции целлюлозы и другие полисахариды (полиозы); к числу последних относятся пентозаны (ксилан и др.), гексозаны (гелактан и др.), пектиновые вещества (состоящие из одного из видов полиуроновых кислот — пектиновой кислоты и других соединений) и т. д. Значительную часть перечисленных спутников целлюлозы объединяют термином «гемицеллюлозы». Часто к гемицеллюлозам относят различные вещества, но обычно под этим термином подразумевают полисахариды, растворимые в 18 %-ном растворе NaOH. В отличие от гемицеллюлозы собственно целлюлозу, нерастворимую в этой среде, называют α -целлюлозой*. Примесь гемицеллюлоз ухудшает свойства α -целлюлозы, поэтому при производстве целлюлозных искусственных волокон от гемицеллюлоз необходимо освобождаться.

Пектиновые вещества являются веществами, склеивающими в лубяных растениях элементарные волокна между собой в пучки, а последние — с другими растительными тканями. Их приходится частично разрушать при выделении волокон из стеблей.

2. Лигнин — вещество, содержащееся в некоторых растительных тканях, особенно в древесине (ксилеме), сообщающее волокнам, составляющим эти ткани, жесткость и хрупкость. В то же время лигнин, очевидно, предохраняет целлюлозу от окисления. Лигнин, выделенный из растительных тканей, представляет собой желтый порошок. Так как при выделении он легко видоизменяется, точный химический состав его не установлен. По видимому, лигнин состоит из нескольких высокомолекулярных соединений, богатых углеродом, содержащих метоксильные ($—O—CH_3$) и другие группы. Существует ряд цветных реакций, позволяющих обнаруживать присутствие лигнина (например, спиртовые растворы малой концентрации флороглюцина, сафранина окрашивают лигнин в вишнево-красный цвет).

3. Кроме указанных веществ, вместе с целлюлозой встречаются белковые и другие содержащие азот вещества.

4. Жиры и воски, в основном участвующие в формировании наружных оболочек волокон.

5. Зольные вещества, остающиеся в золе после сгорания растительных тканей (соли щелочных металлов, окиси железа и др.).

6. Красящие вещества (пигменты) и др.

В табл. V.1, составленной по данным ряда советских и зарубежных исследователей, приводятся сведения о примерном химическом составе растительных волокон.

* Среди гемицеллюлоз иногда выделяют β -целлюлозу — фракцию, которая выпадает из указанного раствора при добавлении к нему уксусной кислоты, и γ -целлюлозу, не выпадающую из этого раствора.

Т а б л. V.1. Химический состав растительных волокон

Составные части*	Содержание, % к сухой массе			
	в хлопковом волокне	в техническом волокне		
		льна	джута	абани
α -целлюлоза	96	80,5	71,5	70,4
Пентозаны и пектиновые ве- щества	1,5	8,4	} 27,3	22,4
Лигнин	—	5,2		
Азотсодержащие и белковые вещества	0,3	2,1
Жиры и воски	1	2,7	0,4	0,2
Зольные вещества**	1,2	1,1	0,8	...

* Тире означает, что эта составная часть отсутствует, многоточие — ее доля не определена анализами.

** В зависимости от особенностей почвы, на которой произрастает хлопчатник.

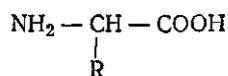
Белковые вещества — кератин, фиброин и другие [7]

У ряда текстильных волокон — шерсти, шелка, некоторых искусственных — основными составляющими их веществами являются белки отдельных видов. Белки — высокомолекулярные соединения, синтезирующиеся в природных условиях в растительных и животных организмах, входят в состав основных частей протоплазмы, веществ крови, молока, кожи, волос, мышц и т. д. В лабораторных условиях пока удалось синтезировать относительно более простые молекулы белкового типа.

Мономерами, из которых синтезируются макромолекулы всех белков, являются α -аминокислоты. Известно более тридцати различных α -аминокислот. Макромолекулы белков отдельных видов состоят из наборов остатков различных α -аминокислот, входящих в эти макромолекулы в разных количественных соотношениях. Чаще всего белковые макромолекулы слагаются из повторяющихся в разных долях остатков α -аминокислот 15—20 видов.

Группой, связующей остатки аминокислот, является пептидная (иначе карбоамидная) CONH , поэтому белки часто называют полипептидами.

Общая формула α -аминокислоты имеет вид



Через R обозначены различные, иногда довольно сложные радикалы; ими отличаются друг от друга отдельные виды аминокислот. В зависимости от числа групп, находящихся между функциональными NH_2 -аминной и COOH -карбоксильной группами, аминокислоты и получают наименование α -, β -аминокислота и т. д. Синтез идет как реакция поликонденсации между функциональными группами аминокислот с образованием карбоамидной (пептидной) группы CONH и побочно молекулы воды; поэтому белки часто называют полипептидами.

Белки делят на протеины (простые белки) и протеиды (сложные белки). Макромолекулы первых почти целиком состоят из остатков α -аминокислот; макромолекулы вторых в веществах растительных и животных организмов соединяются с другими (небелковыми) компонентами, например фосфором, нуклеиновыми кислотами и др. Большинство белков, составляющих текстильные волокна, относится к протеинам, в частности к той их группе, которая носит название склеропротеинов. Белки этой группы встречаются в животных организмах, составляя в них механически прочные образования (волосы, кожу и др.). Из отдельных белков, встречающихся в натуральных волокнах, отметим кератин — основное вещество шерсти, фиброин — основное вещество шелка, серицин — клеящее белковое вещество, скрепляющее элементарные шелковые нити; из белков, используемых для изготовления искусственных волокон, отметим казеин, содержащийся в молоке, зеин, содержащийся в кукурузе, соевый белок, содержащийся в бобах сои, белки земляного ореха (арахиса) — арахин и конарахин и др. Казеин, в состав которого входит до 1% фосфора, относится к протеидам. Данные о молекулярных массах белков, встречающихся в текстильных волокнах, противоречивы и зависят от примененных методов исследования. Все же можно считать, что молекулярная масса кератина не менее 70 000, фиброина — 100 000 и т. д.

Виды α -аминокислот, остатки которых преимущественно входят в состав макромолекул главных из перечисленных белков, слагающих текстильные волокна, перечислены в табл. V.2; в ней также указаны доли их в процентах к общей массе (в сухом состоянии). Данные эти приведены по результатам анализов ряда советских и зарубежных исследователей. Они показывают существенные колебания в зависимости от происхождения волокон (видов и пород животных, условий их содержания), методов анализа и т. п. Разнообразие особенно велико у кератина шерсти, который даже в одном и том же волокне может иметь несколько различных состав*.

* В основном слое (корковом — кортексе) различают клетки, состоящие из паракортекса, в макромолекулах которого больше аминокислотных остатков, содержащих серу, что придает жесткость, прочность, и ортокортекса, где их меньше, что соответственно влияет на свойства шерсти.

Т а б л. V.2. Аминокислоты, остатки которых наиболее часто встречаются в макромолекулах основных белковых волокон

Аминокислота	Химическая формула	Доля, % к сухой массе аминокислот, остатки которых составляют		
		кератин	фибрин	зени
Глицин (α -аминоуксусная кислота)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{H} \end{array}$	4,3— 6,5	42,6— 44,7	—
Аланин (α -аминопропионовая кислота)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	3,5— 4,1	26,4— 30,4	9,8
Лейцин (α -аминоизокапроновая кислота)	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{CH} \begin{array}{l} / \text{CH}_3 \\ \backslash \text{CH}_3 \end{array} \end{array}$	7,2— 9,7	0,8— 0,9	4,3
Пролин	$\begin{array}{c} \text{NH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH} - \text{COOH} \\ \backslash \quad / \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \end{array}$	5,9— 7,2	0,7— 1,5	9
Аспарагиновая кислота	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$	6,4— 7,3	2—2,8	3,4
Глутаминовая кислота	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH} \end{array}$	14,8— 16	2—2,2	35,6
Аргинин	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ (\text{CH}_2)_3 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{NH}_2 - \text{C} = \text{NH} \end{array}$	8,6— 9,6	1—1,1	1,6
Серин	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 - \text{OH} \end{array}$	9,0— 9,5	12,6— 16,5	1
Цистин	$\begin{array}{c} \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \quad \text{NH}_2 - \text{CH} - \text{COOH} \\ \quad \quad \quad \\ \text{CH}_2 - \text{S} - \text{S} - \text{CH}_2 \end{array}$	10,7— 11,8	—	0,9

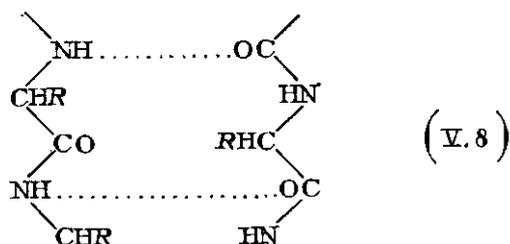
Кроме остатков, вошедших в табл. V.2, в макромолекулах встречаются остатки еще до десятка аминокислот, доли которых определяются единицами или долями процентов. Из веществ, не вошедших в таблицу, макромолекула серицина состоит в основном из остатков серина, аланина и аспарагиновой кислоты; казеина — из остатков глутаминовой кислоты, лейцина, пролина и др.

Все белковые молекулы, составляющие текстильные волокна, по своей структуре должны рассматриваться как имеющие разветвленную структуру, так как радикалы ряда аминокислот, как показано выше, представляют собой небольшие цепи.

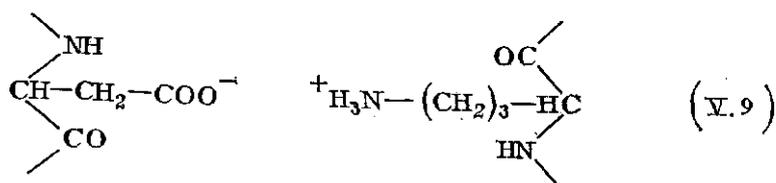
В обычном состоянии (не подвергнутые сильному деформированию вследствие приложения сил или другим воздействиям) макромолекулы некоторых белков легко принимают спиралеобразную или сильно изогнутую форму. При этом протяженность макромолекулы все же значительно (в сотни и даже тысячи раз) превышает ее малые поперечные размеры, составляющие менее $1 \cdot 10^{-9}$ м. Такие белки, имеющие достаточно вытянутые макромолекулы, называются фибриллярными. Из подобных молекул и состоят основное вещество белковых волокон.

Необходимо подчеркнуть, что макромолекулы белков взаимодействуют между собой с помощью разнообразных сил. Это определяется тем, что в них содержатся остатки разных аминокислот с различными радикалами.

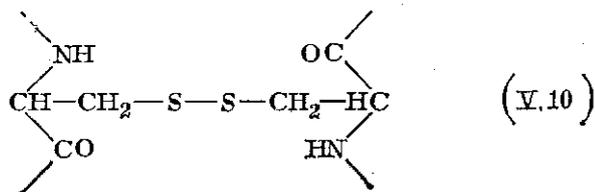
Наряду с межмолекулярными силами (Ван-дер-Ваальса, водородными связями) встречаются солевые (ионные) связи, а в некоторых белках и валентные химические связи. Возникновение водородных связей, в частности, обеспечивается наличием пептидных групп, как это видно из следующей схемы (водородная связь указана точками)



Солевые связи возникают благодаря тому, что у некоторых аминокислот имеется по две группы COOH (например, у глутаминовой и аспарагиновой кислот), а у других — по две группы NH_2 . При синтезе белковой молекулы после образования пептидных связей у остатков подобных аминокислот сохраняется еще по одной из указанных групп; они и дают солевые связи по следующей схеме



Наконец, в кератин и некоторые другие белки входит такая аминокислота, как цистин. Каждая молекула последней содержит по две группы COOH и по две группы NH_2 . Благодаря наличию цистина между молекулами возникают даже химические связи (так называемые цистиновые мостики), как это видно из следующей схемы



Подобные связи дали основание некоторым ученым (например, А. А. Стрепихееву) рассматривать кератин как вещество, состоящее из сетчатых молекул.

На основе рентгеноструктурного анализа еще в 30-х годах английский ученый В. Астбюри установил, что при большом растяжении внешними силами макромолекулы кератина из сильно извитого состояния (α -кератин) переходят в более распрямленное состояние (β -кератин)*. Поздние исследования показали, что извитость макромолекул кератина носит характер правой спирали, а три макромолекулы за счет межмолекулярных связей образуют отмеченные выше триплеты, из которых далее строится микрофибрилла.

Макромолекулы фиброина, по-видимому, достаточно распрямлены, при растяжении волокон шелка существенных изменений его рентгенограмм не происходит.

Белковые вещества, составляющие текстильные волокна, имеют сравнительно небольшие плотности: фиброин и зеин — $1,25 \text{ г/см}^3$, казеин и кератин — $1,28-1,3 \text{ г/см}^3$. Изменения, происходящие при их кратковременном нагреве, сходны с изменениями, характерными для целлюлозы, но наступают при температурах соответственно на $5-10^\circ\text{C}$ более высоких. После температуры 170°C наблюдается быстрое разрушение белковых веществ, а после $180-190^\circ\text{C}$ — их обугливание. При сухой перегонке выделяются аммиак и другие продукты. Удельная тепло-

* При снятии внешнего напряжения происходит возвращение к первоначальному состоянию.

емкость белковых веществ 1,3 Дж/(г·°С). Все они легко поглощают значительное количество воды.

Белковые вещества, особенно фиброин, под действием света легко окисляются кислородом воздуха. Они являются диэлектриками; причем диэлектрические свойства ниже у тех из них, которые поглощают больше влаги (кератин, казеин), и выше у менее влагоемких (фиброин).

Белковые вещества, составляющие текстильные волокна, относительно стойки к действию кислот. Минеральные кислоты при слабой концентрации, а органические кислоты при средней вызывают лишь небольшое снижение прочности белковых волокон. С повышением концентрации и нагревом белковые вещества волокон разрушаются быстрее. Наоборот, щелочи, особенно при нагреве, быстро разрушают белковые вещества волокон. Так, 5 %-ные растворы NaOH при нагреве разрушают их в течение нескольких минут. Щелочные растворы даже слабой концентрации заметно снижают прочность белковых волокон. Разрушение белковых веществ начинается с разрушения связей между их цепями главных валентностей — солевых, цистиновых, затем следуют разрывы пептидных групп — идет деполимеризация макромолекул. Продуктами распада являются простые полипептиды с малой молекулярной массой, аминокислоты, аммиак и др.

Растворителями всех белковых веществ являются слабые растворы щелочей, для некоторых, например фиброина, — медно-аммиачный комплекс, ортофосфорная кислота, растворы солей лития, магния и др. В воде, а также в спиртах, бензоле и подобных соединениях белковые вещества нерастворимы.

Белковые вещества обладают амфотерными свойствами, т. е. совмещают свойства и кислот, и оснований, так как располагают и кислотными (COOH), и основными (NH₂) группами. Этим объясняется их способность легко вступать в разнообразные реакции и хорошо окрашиваться.

Для распознавания белковых веществ могут служить различные цветные реакции: биуретовая, проходящая при добавлении к щелочному раствору белкового вещества нескольких капель водного раствора медного купороса, что вызывает сине-фиолетовую окраску вследствие соединения сернокислрой меди с пептидной группой; ксантопротеиновая, получающаяся при действии на белковые вещества азотной кислоты, что вызывает их окрашивание в желтый цвет вследствие образования нитросоединений с остатками некоторых аминокислот; свинцовая, получающаяся при добавлении к щелочным растворам белков, содержащих серу (например, кератина), уксуснокислого свинца, соединяющегося с серой, что вызывает коричнево-черное окрашивание раствора.

Вместе с основными белковыми веществами в волокнах шерсти и шелка в небольших количествах встречаются как белковые, так и небелковые вещества. Так, в шерстяном волокне ке-

ратин составляет немного более 90 %. Наряду с ним встречаются пептидные вещества, которые образуют наружные оболочки волокон, склеивают между собой отдельные составляющие волокно клетки и др. В фиброине в количестве до 5 % содержатся жиры, воски и др. В волокнах шерсти и шелка встречаются также красящие пигменты.

На поверхности не подвергшихся переработке шерстяных волокон находится жиропот, а шелковых — клеящее белковое вещество серицин.

Синтетические вещества [7—9]

В отличие от рассмотренных основных веществ, составляющих природные и искусственные волокна и нити, синтетические вещества необходимо предварительно синтезировать из более простых — низкомолекулярных соединений, добываемых в природе. Здесь более подробно рассматриваются лишь основные группы веществ, из которых изготавливаются многотоннажные волокна и нити, остальные кратко рассматриваются в соответствующих главах, где описаны способы их получения и области применения.

Гетероцепные соединения. Одну из наиболее крупных групп синтетических веществ, используемых для производства синтетических волокон и нитей нескольких видов, составляют *полиамиды* (см. с. 181). Промышленное производство таких нитей началось одним из первых еще в конце 30-х годов нашего столетия. К полиамам относятся гетероцепные соединения, макромолекулы которых в своей основной цепи содержат атомные группы— CONH— и CON—R— , обычно чередующиеся с метиленовыми группами— $\text{CH}_2—$, входящими в макромолекулу по несколько раз подряд, а иногда и другие группы. Волокнообразующим полиамам различных видов дают или отдельные названия (см. гл. XIV), или в странах английского языка их называют *найлоном* с соответствующими индексами, указывающими на число углеродных атомов, повторяющихся в звеньях макромолекулы*.

Исходными материалами для получения разных полиамидов служат прежде всего продукты перегонки нефти, каменного угля (бензол, фенол, циклогексан, толуол и др.), а также *рициновое* (касторовое) масло. Из них в большинстве случаев получают промежуточные вещества и, наконец, мономеры, непосредственно идущие для синтеза ВМС. Синтез различных волокнообразующих полиамидов осуществляется или поликонденсацией, или ступенчатой полимеризацией.

* Если в чередующихся звеньях повторяются разные числа углеродных атомов или они до синтеза входили в разные мономеры, индекс имеет две цифры, которые разделяют точкой (например, 6.10 или 6.6).

В настоящее время для производства нитей и волокон используются синтетические полиамиды около десяти видов. Они несколько различаются строением молекул, но для всех них характерны указанные общие черты. Преимущественно используются полиамиды, приведенные в табл. V.3.

Табл. V.3. Основные волокнообразующие полиамиды

Волокнообразующий полиамид	Исходный мономер и его формула	Реакция получения полимера	Полимер и его формула
Капрон (найлон 6)	Капролактан $\begin{array}{c} \text{CO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \end{array}$	Ступенчатая полимеризация	Поликапроамид $\left[\begin{array}{c} -\text{OC}-(\text{CH}_2)_5- \\ -\text{NH}- \end{array} \right]_n$
Анид (найлон 6.6)	1. Адипиновая кислота $\begin{array}{c} \text{HOOC}-(\text{CH}_2)_4- \\ -\text{COOH} \end{array}$ 2. Гексаметилен-диамин $\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-(\text{CH}_2)_6- \\ -\text{NH}_2 \end{array}$	Гетерополи-конденсация	Гексаметилен-дипамид $\left[\begin{array}{c} \text{OC}-(\text{CH}_2)_4- \\ -\text{CONH}-(\text{CH}_2)_6- \\ -\text{NH}- \end{array} \right]_n$

* Используется также себациновая кислота (найлон 6.10).

Полиамиды, используемые для производства синтетических волокон и нитей, имеют сравнительно малые коэффициенты полимеризации ($n=150\text{--}200$) и потому относительно небольшие молекулярные массы ($M=15\text{--}20$ тыс.). Несмотря на это, благодаря наличию большого числа водородных связей спиралеобразно извитые макромолекулы, после их некоторого распрямления и ориентации, дают вещества, отличающиеся высокой прочностью. Полиамиды имеют двухфазное (аморфно-кристаллическое) строение с большим преобладанием кристаллической фазы, особенно после значительного вытягивания. Для них типичны небольшие кристаллиты с линейными размерами порядка 7—10 нм. Подобные кристаллы легко перестраиваются (рекристаллизуются), что способствует легкому деформированию волокон из этих веществ.

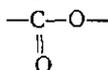
Полиамиды имеют малую плотность ($1,15\text{--}1,05$ г/см³); они плавятся при температуре 185—260 °С и выше (в зависимости от вида и молекулярной массы полиамидов).

Полиамиды поглощают сравнительно небольшое количество влаги и являются хорошими диэлектриками. Они обладают невысокой светостойкостью, так как их метиленовые группы легко окисляются.

В химическом отношении полиамиды сравнительно **стойки**. Воздействие на холоду кислот и щелочей небольшой концентрации на полиамиды существенно не меняет их механических свойств. При воздействиях достаточно концентрированных щелочей и кислот полиамиды разрушаются. Растворителями полиамидов являются фенол, крезол и другие соединения. Все полиамидные волокна хлор-цинк-йодом окрашиваются в темно-желтый или коричневый цвет.

В некоторых полиамидах иногда встречаются примеси тех мономеров, из которых они синтезируются и остатки которых не всегда удается удалить из полимера; содержание этих остатков обычно составляет несколько процентов, но они ухудшают свойства полиамидов.

Полиэфиры занимают первое место в мировом производстве по тоннажу среди веществ, используемых для получения синтетических волокон, и второе — для получения синтетических нитей. Как известно сложные эфиры образуются при взаимодействии спиртов с кислотами; гетерополиконденсация некоторых спиртов и кислот дает ВМС, звенья макромолекул которых связаны между собой сложноэфирными группами



Они и называются полиэфирами. Исходными веществами для их получения служат продукты перегонки нефти — этилен, *n*-ксилол. Из них получают промежуточные вещества, а затем мономеры, из которых синтезируется полиэфир. Это этиленгликоль и терефталевая кислота или диметиловый эфир последней, так как он легче очищается. Другие гликоли и кислоты нашли ограниченное применение. Данные об основных веществах приведены в табл. V.4.

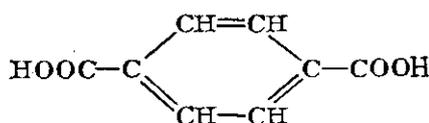
Для получения волокон и нитей используют полиэфир с молекулярной массой 15 000—20 000; в ориентированном состоянии он кристалличен и обладает хорошими механическими свойствами. Полиэтилентерефталат имеет плотность 1,38 г/см³, поглощает малое количество воды, плавится при температуре 260 °С, но мало изменяет свои механические свойства до температуры 150—170 °С и более, к действию света устойчивее, чем полиамиды; его химические свойства сходны со свойствами полиамидов.

Карбоцепные соединения. Цепи главных валентностей макромолекул карбоцепных соединений слагаются из углеродных атомов. Эти соединения используют для изготовления многотоннажных волокон. Среди них следует отметить полиолефины и др.

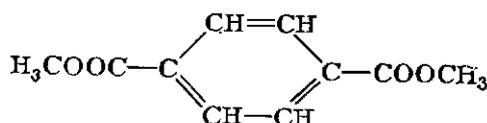
Полиолефины относятся к ВМС, получаемым при полимеризации углеводородов ряда этилена, являющихся продуктами перегонки нефти. Широкое применение получил полипропилен, когда в 50-х годах было предложено использовать при синтезе катализаторы, позволяющие получать полипропилен со стереоре-

Табл. V.4. Вещества, образующие

Волокно-образующий полимер	Исходный мономер и его формула	Реакция получения полимера
Лавсан (терилен)	1. Этиленгликоль HOCH ₂ —CH ₂ OH 2. Терефталевая кислота	Гетерополи- конденсация



3. Диметилловый эфир терефталевой кислоты



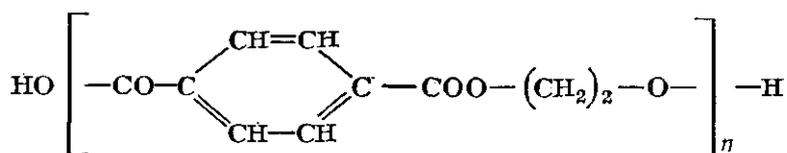
Примечание. Используются совместно 1-е и 2-е или 1-е и 3-е вещества.

гулярной (изотактической) структурой, обеспечивающей значительные межмолекулярные взаимодействия, поскольку обычный полимер атактической структуры не содержит полярных групп. Наблюдается различие в строении макромолекул изотактического и атактического полипропилена; последний имеет кристаллическое строение, используется с молекулярными массами 80—200 тыс. Полимер почти не поглощает влагу, хемостоек, имеет малую плотность—0,9—0,92 г/см³, обладает невысокой терлостойкостью (120—140 °С). Используется также полиэтилен, получаемый при полимеризации при низких давлениях (до 6 × 10⁵ Па) с применением специальных катализаторов (полиэтилен, получаемый при высоком давлении, имеет разветвленные молекулы и мало пригоден для производства волокон и нитей). Он весьма хемостоек, но менее термостоек нежели полипропилен—размягчается при температуре 120—130 °С. Плотность его 0,93—0,95 г/см³.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. V

1. Каргин В. А., Слонимский Г. Л. Краткие очерки по физико-химии полимеров. 2-е изд. М., 1967.
2. Стрелихеев А. А. и др. Основы химии высокомолекулярных соединений/Стрелихеев А. А., Деревицкая В. А., Слонимский Г. Л. 2-е изд. М., 1967.
3. Бартенев Г. М., Зелнев Ю. В. Курс физики полимеров. Л., 1976.

Полиэтилентерефталат



То же

4. Берестнев В. А. и др. Микроструктура волокон и элементарных нитей и особенности их разрушения/Берестнев В. А., Флексер Л. А., Лукьянова Л. М. М., 1982.

5. Роговин З. А. Химия целлюлозы. М., 1972.

6. Роговин З. А., Гальбрайт Л. С. Химические превращения и модификация целлюлозы. 2-е изд., М., 1979.

7. Коршак В. В. Химия высокомолекулярных соединений. М.-Л., 1950.

8. Энциклопедия полимеров. М., 1972. Т. 1—3.

9. Man-made Textile Encyclopedia, edited by J. J. Press, N—Y, Interscience Publishers Inc., 1959.

ГЛАВА VI. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СВОЙСТВАХ ВОЛОКОН И НИТЕЙ

1. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СВОЙСТВ ВОЛОКОН И НИТЕЙ

Условия получения текстильного сырья различных видов и процессы его первичной обработки влияют на свойства волокон и нитей. Поэтому необходимо знать основные характеристики важнейших свойств (см. с. 6).

Подробное описание разнообразных свойств волокон и нитей, методов их определения и оценки качества по стандартам дано во второй части учебника, а здесь кратко излагаются лишь основные свойства и наиболее часто используемые их характеристики.

Для определения свойств от партии волокон или нитей отбирают случайным методом (непреднамеренно, наугад) лишь небольшую часть, называемую *выборкой, пробой, образцом*, по которой оценивают всю партию материала.

Свойства отдельных волокон или участков нитей неодинаковы, поэтому их измеряют в выборке неоднократно.

Пусть $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n$ — результаты измерения характеристики какого-нибудь свойства.

Среднее значение показателя

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i/n, \quad (\text{VI.1})$$

а неравномерность (среднее квадратическое отклонение)

$$s = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1) \right]}, \quad (\text{VI.2})$$

$$C = 100s/\bar{x}, \quad (\text{VI.3})$$

где x_i — показатель i -го измерения; n — число измерений; C — коэффициент вариации, %.

Размерность \bar{x} и s одинакова с первичными результатами измерений. Для равномерных волокон и нитей $s=0$ и $C=0$.

Средний показатель \bar{x} и характеристики неравномерности, измеренные по небольшой выборке, можно распространять лишь ориентировочно на всю партию материала и только при большом числе выборок или измерений. Для более точного определения свойств всей партии материала необходимо учитывать доверительные границы среднего и характеристик неровноты. Их определение излагается в курсах математической статистики, ГОСТ 11.004—74, применительно к текстильным материалам — в книгах [1, 2], а кратко — во второй части учебника и лабораторном практикуме [3, 4].

Геометрические свойства волокон и нитей характеризуют показателями толщины, а волокон — еще и длины.

Длина L — это расстояние между концами распрямленного волокна. У отдельных волокон длина неодинакова, поэтому обычно по формуле (VI.1) определяют среднюю длину. Для волокон некоторых видов, например хлопка, находят модальную длину L_M , т. е. длину большинства одинаковых волокон, а также штапельную длину $L_{шт}$, т. е. среднюю из длин, больших модальной.

Длина волокон определяет способ их прядения, а также влияет на свойства вырабатываемой пряжи. Для нитей длину измеряют как количественную характеристику. Толщина волокон и нитей обычно характеризуется линейной плотностью T , определяемой отношением их массы к длине. Ее подсчитывают по формуле

$$T = m/L, \quad (\text{VI.4})$$

где m — масса образца, мг, г; L — длина образца, м, км.

Единица линейной плотности мг/м или г/км принята как международная и имеет условное наименование текс — начальная часть слова текстильный. Для волокон используют также более мелкую единицу миллитекс, или мг/км.

Обычно для волокон шерсти толщину характеризуют размерами поперечного сечения.

Тонину волокон и нитей иногда косвенно характеризуют номером — отношением длины к массе и измеряют в м/г. Чем тоньше волокна, тем выше их номер и тем более тонкую пряжу можно из них спрядать, а из нее выработать более тонкие ткани и трикотажные изделия. Номером лубоволокнистого сырья и лубяных волокон обычно обозначают их комплексную оценку качества, пропорциональную максимальной длине пряжи нормального качества, вырабатываемую из единицы массы волокон.

Извитость волокон повышает их цепкость, что облегчает процессы прядения. Различают плоскую и спиралевидную извитость волокон и нитей.

Если длина распрямленного для измерения волокна с сохранением n извитков равна L_0 , мм, а его длина после полного распрямления извитков равна L , мм, то число извитков, $1/\text{см}$

$$I = 10n/L_0, \quad (\text{VI.5})$$

а первоначальная степень извитости, %

$$I_1 = 100(L - L_0)/L_0. \quad (\text{VI.6})$$

Крутка нитей характеризуется числом витков (кручений) на длине 1 м и обозначается K , $1/\text{м}$. Например, $K=200$ $1/\text{м}$ обозначает 200 кручений на 1 м. Крутка характеризует степень скрученности нитей одинаковой линейной плотности. Для нитей разной толщины их скрученность сравнивают по коэффициенту крутки α :

$$\alpha = 0,01K\sqrt{T}, \quad (\text{VI.7})$$

где T — линейная плотность, текс.

Чем больше α , тем сильнее скручена нить.

Механические свойства определяют отношение волокон и нитей к действию различно приложенных сил. Из этих свойств чаще измеряют прочность, растяжимость, компоненты деформации, выносливость и долговечность.

Прочность одиночных волокон или нитей оценивают по разрывной нагрузке P_p , т. е. по минимальной нагрузке, которая их разрушает. Прочность материала (полимерного вещества), волокон и нитей можно оценивать, как и металлов, пределом прочности σ_p , МПа, который определяется отношением разрывной нагрузки P_p к площади поперечного сечения S .

Относительную разрывную нагрузку ρ_0 , мН/текс, сН/текс определяют как отношение разрывной нагрузки P_p к линейной плотности T . Очевидно, чем прочнее вещество волокон и нитей, тем выше его относительная прочность и предел прочности.

Следует учитывать, что разрывная нагрузка отдельного волокна или нити зависит не только от прочности вещества, но и от их толщины. Например, нить из малопрочного материала может иметь большую разрывную нагрузку при значительной линейной плотности.

Растяжимость волокон и нитей часто характеризуют разрывным удлинением ϵ_p , %, которое показывает увеличение начальной длины к моменту разрыва образца под действием постепенно увеличивающейся нагрузки:

$$\epsilon_p = 100 (L_1 - L_0) / L_0, \quad (\text{VI.8})$$

где L_0 — начальная длина образца, мм; L_1 — длина растянутого образца в момент разрыва, мм.

Жесткость, т. е. сопротивляемость волокон и нитей растяжению, характеризуют начальным модулем жесткости E_1 , который показывает напряжение в МПа, кгс/мм², или относительную нагрузку в сН/текс, гс/текс, необходимую для растяжения волокна или нити на 1 %. Следует иметь в виду, что его величина в 100 раз меньше модуля, соответствующего 100 % деформации.

Компоненты деформации определяют после приложения к образцу нагрузки, меньшей разрывной, снятия ее и отдыха образца в разгруженном состоянии.

Общую деформацию (удлинение), измеренную к концу периода нагружения, во время отдыха подразделяют на быстро обратимую (условно-упругую), исчезающую за несколько секунд, медленно обратимую (условно-эластическую), исчезающую через несколько часов, и остаточную деформацию, не исчезающую после длительного отдыха.

Следует иметь в виду, что упругая деформация распространяется со скоростью звука (1—2 км/с) и обычно не измеряется.

Допустим, образец нити длиной L_0 после нагружения имел длину L_1 , сразу после снятия нагрузки — L_2 , а через несколько часов отдыха — L_3 . В этом случае деформации, %

общая
$$\epsilon_0 = 100 (L_1 - L_0) / L_0, \quad (\text{VI.9})$$

быстро обратимая
$$\epsilon_y = 100 (L_1 - L_2) / L_0, \quad (\text{VI.10})$$

медленно обратимая
$$\epsilon_3 = 100 (L_2 - L_3) / L_0, \quad (\text{VI.11})$$

остаточная
$$\epsilon_{oc} = 100 (L_3 - L_0) / L_0. \quad (\text{VI.12})$$

Выносливость волокон и нитей чаще определяют при многократном растяжении или изгибе. Ее характеризуют числом циклов нагрузка — отдых, при котором образец разрушается, или числом двойных изгибов.

Время от начала многократного деформирования образца до его разрушения называется долговечностью.

Накапливаемая при многократном растяжении остаточная деформация образца называется циклической остаточной деформацией. Ее измеряют при заданном числе циклов или в момент разрушения образца.

Чистота волокон оценивается по процентному содержанию в них примесей и дефектов, а чистота нитей характеризуется числом примесей и дефектов на единицу длины или массы.

Выход волокна определяется процентным отношением массы полученного волокна к массе первичного сырья и зависит от его чистоты. Например, выход хлопкового волокна составляет 28—35 % от массы хлопка-сырца (семян с волокнами).

Большинство текстильных материалов гигроскопичны, т.е. способны поглощать водяные пары из окружающего воздуха.

Влажность W волокон и нитей показывает количество удаляемой воды при высушивании до постоянной массы, которое вычисляют в процентах от массы высушенного образца по формуле

$$W = 100(m - m_c)/m_c, \quad (\text{VI.13})$$

где m — начальная фактическая масса материала, г; m_c — постоянная масса материала после высушивания, г.

Следует учитывать, что при изменении влажности волокон и нитей изменяются их масса и свойства, особенно механические. Для того чтобы исключить влияние влажности на свойства волокон и нитей, их выдерживают при относительной влажности воздуха $65 \pm 2\%$ и температуре $+20 \pm 2^\circ\text{C}$, в результате чего они приобретают нормальную влажность.

Химические волокна и нити, сильно изменяющие свои свойства при повышенной влажности, дополнительно испытывают, предварительно смочив их в воде.

Для правильного учета количества гигроскопических материалов определяют их кондиционную (нормированную) массу

$$M_k = M_\phi (100 + W_k)/(100 + W_\phi), \quad (\text{VI.14})$$

где M_ϕ — фактическая масса, кг; W_ϕ — фактическая влажность, %; W_k — кондиционная (нормированная) влажность, %.

Величина W_k нормируется стандартами и для некоторых волокон и нитей приведена в табл. VI.1.

2. СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ ДАННЫЕ О СВОЙСТВАХ ВОЛОКОН И НИТЕЙ

В табл. VI.1 приведены типичные показатели основных характеристик свойств для наиболее распространенных натуральных и химических волокон и нитей.

Данные о механических свойствах относятся к обычным химическим нитям. Для упрочненных нитей показатели относительной прочности повышаются, а разрывного удлинения снижаются.

Табл. VI.1. Показатели свойств наиболее распространенных волокон и нитей

(Вид волокон и нитей)	Штательная длина $L_{шт}$, мм	Линейная плот- ность T , текс	Влажность W , %	Относительная прочность P_0 сН/текс	Разрывное удли- нение ϵ_r , %	Кондиционная влажность W_k , %
Хлопок	25—45	0,1—0,2	7—9	17—37	6—9	8—12
Лен (техническое волокно)	500—700	4—10	11—13	33—40	2—3	12
Шерсть						
тонкая	50—80	0,3—1	12—19	15—19	30—50	17
грубая	50—200	1,2—3,0	10—19	11—15	25—35	15
Шелк (коконная нить)	—	0,3—0,4	10—11	30—34	15—20	11
Волокна						
вискозные	34—120	0,2—0,7	13—14	12—17	15—25	12
медно-ам- миачные	65—90	0,3—0,7	12—14	11—13	27—34	12,5
триацетат- ные	65	0,3—0,4	4—5	10—12	22—39	4,5
лавсановые	36—90	0,2—0,7	0,5—2	22—40	35—60	1
нитроновые	36—95	0,2—0,8	1,5—2	20—30	30—45	2
капроновые	65—110	0,3—1,0	3—5	32—46	40—60	5
Нити						
вискозные	—	6,6—28	12—14	13—20	18—24	11
триацетатные	—	11	4—5	11—15	20—25	4,5
ацетатные	—	11—22	6—7	9—12	20—30	7
лавсановые	—	11	0,5—1	35—38	18—28	1
нитроновые	—	28	0,8—1	40—48	16—20	2
капроновые	—	1,7—16	3—5	40—50	20—35	5

Значения влажности волокон и нитей соответствуют нормальным атмосферным условиям, а кондиционной влажности взяты по стандартам.

Следует иметь в виду, что для всего ассортимента отдельных видов волокон и нитей показатели их свойств изменяются более значительно.

Краткие сведения о свойствах исходного текстильного сырья — хлопко-сырца, соломы, тресты, луба, невытой шерсти, коконов, а также менее распространенных волокон изложены в последующих главах.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. VI

1. Соловьев А. Н., Кирюхин С. М. Оценка и прогнозирование качества текстильных материалов. М., 1984.
2. Кирюхин С. М., Соловьев А. Н. Контроль и управление качеством текстильных материалов. М., 1977.
3. Кукин Г. Н., Соловьев А. Н. Текстильное материаловедение. Ч. II. М., 1964.
4. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению/Кукин Г. Н., Соловьев А. Н., Садыкова Ф. Х., Кобляков А. И., Потапова Л. В. и др. М., 1974.

ГЛАВА VII. ХЛОПОК

Хлопком обычно называют волокна, покрывающие семена растения хлопчатника*.

Следует различать понятия хлопковое волокно и хлопок-сырец. *Хлопок-сырец* — это семена хлопчатника, покрытые волокнами. В процессе первичной обработки от семян последовательно отделяют *хлопковое волокно* со средней длиной $L > 20$ мм, *пух* (линт) — более короткие волокна ($L < 20$ мм) и *подпушек* (делинт) — самый короткий волокнистый покров ($L < 5$ мм).

1. ХЛОПЧАТНИК

Теплолюбивое растение хлопчатник относится к семейству мальвовых. Лучшее по качеству волокно дает тонковолокнистый (барбадосский) хлопчатник, а наиболее распространенным промышленным видом является средневолокнистый (волосистый) хлопчатник. Травовидный и древовидный хлопчатники в СССР для массовых посевов не используют, а применяют как селекционный материал для выведения новых разновидностей. Мало распространен вест-индийский вид хлопчатника. Внутри хлопчатника каждого вида имеются разновидности, отличающиеся скороспелостью, урожайностью, качеством волокна и другими признаками (болезнестойкостью, ветвлением куста и др.).

Тонковолокнистый (барбадосский) хлопчатник широко культивируется в Египте и частично в СССР, США и других странах. В основном он дает наиболее длинное ($L_{\text{ш}} = 35 \dots 45$ мм)**, тонкое ($T = 130 \dots 150$ мтекс) и прочное ($\rho_0 = 30 \dots 38$ сН/текс) волокно, обычно кремоватого цвета, известное в нашей стране под наименованием — *тонковолокнистый хлопок*. В СССР вегетационный период (скороспелость) тонковолокнистого хлопчатника составляет 140—170 дней, а урожайность хлопка-сырца около 20—30 ц/га. Это ограничивает его посевные площади (примерно 10 % всех площадей под хлопчатником). Возделывают тонковолокнистый хлопчатник в самых южных районах нашей страны — Сурхандарьинской и Кашкадарьинской областях Узбекской ССР, Туркменской ССР и на юге Таджикистана.

В настоящее время распространены созданные советскими селекционерами разновидности этого хлопчатника — Ашхабад-25, 6249-В, С-6037, Термез-7, 5904-И и др. За рубежом известен египетский тонковолокнистый хлопок разновидностей Карнак, Гиза-30, Сакель и др., американский хлопок ПИМа и др.

* В русской технической литературе до второй половины XIX века вместо слова «хлопок» применяли термин «хлопчатая бумага», сохранившийся до наших дней в словах: хлопчатобумажная промышленность, хлопчатобумажные ткани и т. п.

** Обозначения характеристик свойств и их определения даны в гл. VI.

Средневолокнистый (волосистый) хлопчатник культивируют почти во всех хлопководческих странах. На его долю в СССР приходится около 90 % посевных площадей хлопчатника. Получаемый с него *средневолокнистый хлопок* нормальной зрелости характеризуется в среднем следующими свойствами: $L_m=30\dots35$ мм, $T=160\dots220$ мтекс, $p_0=25\dots30$ сН/текс. В СССР средневолокнистый хлопчатник дает высокие урожаи хлопка-сырца (около 25—35 ц/га), имеет скороспелость 120—150 дней. Наиболее распространены в нашей стране селекционные сорта: 133, 108Ф, С-4727, Ташкент-1, Ташкент-6, АН-402, 3038 и др.

2. ЭЛЕМЕНТЫ АГРОТЕХНИКИ ХЛОПЧАТНИКА [1]

Зона возделывания хлопчатника ограничивается полосой между 43° северной и 35° южной широты. Посевы хлопчатника, как правило, размещены в зоне сухих субтропиков, где высокая температура воздуха, а недостаток осадков возмещается искусственным орошением. В СССР и Египте посевы хлопчатника находятся на поливных землях. Большинство хлопковых плантаций в Пакистане, Турции, Мексике также орошаются. На неполивных землях, например в Индии, необходимая для растений влага поступает в виде естественных осадков.

Основными хлопководческими странами являются СССР, США, КНР, Индия, Пакистан, Бразилия, Египет, Турция и Мексика. На их долю приходится около 85 % мирового производства хлопкового волокна (табл. VII.1).

Табл. VII.1. Среднегодовое производство хлопкового волокна, %

Страна	1961—1965 гг.	1974 г.	1975—1976 гг.	1980—1981 гг. [2]
СССР	15,6	20,8	22,2	21,6
США	29,7	18,5	15,1	17,1
КНР	10,5	15,7	20,0	19,0
Индия	9,4	8,9	9,9	9,1
Пакистан	3,5	4,7	4,3	5,0
Бразилия	4,4	4,1	3,3	4,3
Мексика	4,5	3,0	1,7	2,5
Египет	4,1	3,5	3,2	3,7
Турция	2,5	4,4	4,0	3,5
Прочие	15,8	16,4	16,3	14,2
Всего				
%	100,0	100,0	100,0	100,0
млн. т	10,93	13,68	11,93	14,23

В Советском Союзе в 1982 г. производство хлопкового волокна составило 2786 тыс. т; из них в Узбекской ССР — 60,7 %, Туркменской ССР — 12,9 %, Таджикской ССР — 10,6 %, Азербайджанской ССР — 10,7 %, Казахской ССР — 3,6 % и в Киргизской ССР — 1,5 % [3]. На одиннадцатую пятилетку запланировано среднегодовое производство хлопка-сырца 9,2—9,3 млн. т, из них около 65 % приходится на Узбекскую ССР.

Элементы агротехники хлопчатника в СССР. Лучшими для посевов хлопчатника являются легкая суглинистая и супесчаная почвы, а непригодными — заболоченные и сильно засоленные. Лучший предшественник хлопчатника в севообороте — люцерна. Для рыхления почвы, уничтожения сорняков и насекомых-вредителей, а также для сохранения в почве влаги осенью проводят

глубокую зяблевую вспашку. Предварительно с полей выкорчевывают и убирают стебли хлопчатника и вносят под вспашку удобрения. В маловодных и засушливых районах, а также на засоленных почвах проводят 1—2 осенне-зимних полива.

Предпосевная (весенняя) обработка необходима для восстановления рыхлого строения почвы, сохранения накопленной влаги, добавления в почву удобрений и уничтожения сорняков. Она состоит из вспашки, боронования, а иногда и весеннего полива.

Посев проводят предварительно протравленными и замоченными семенами в возможно более ранние сроки, когда почва уже достаточно прогрелась. Механизация возделывания хлопчатника предусматривает квадратно-гнездовой и рядовой сев с междурядьями 60 и 90 см.

Уход за посевами хлопчатника начинается с появлением всходов. Если на почве образуется корка, ее уничтожают рыхлением. На изреженных участках производят подсев.

При благоприятных условиях и хорошей подготовке семян всходы появляются на 4—6-й день после посева. Первый настоящий лист появляется на 8—11-й день после всходов, следующие листья — сначала через каждые 4—5 дней, а с развитием растения через 2—3 дня. При появлении одного-двух листьев после семядольных растения прореживают до 80—140 тыс. на 1 га. При использовании пневматических сеялок, обеспечивающих заданную норму высева семян, необходимость в прореживании отпадает. С появлением трех—восьми листьев ствол хлопчатника начинает ветвиться. Первыми развиваются ростовые (моноподIALные) ветви (рис. VII.1). Бутоны на них не появляются. Затем вырастают плодовые (симподиальные) ветви, на которых появляются бутоны и цветы. Первый бутон появляется на первой плодовой ветви против ее первого листа обычно через 1,5—2 месяца после посева и расцветает через 3—4 недели после появления. Последующие цветы появляются на вышележащих ветвях через каждые 2—3 дня, а на той же плодовой ветви через каждые 5—7 дней. Такой порядок цветения обуславливает расположение одновременно распускающихся цветов приблизительно по своеобразным конусам (см. рис. VII.1).

Чем раньше вырастают плодовые ветви, тем при одинаковом размере коробочек (плодов) выше урожай.

Хлопчатник подкармливают удобрениями в период бутонизации и во время цветения. Вегетационные поливы за время роста и созревания растений проводят несколько раз. Для задержания влаги в почве и уничтожения сорняков после каждого полива почву рыхлят культиваторами. Введение при посеве в почву гербицидов и опрыскивание ими посевов используют также для уничтожения сорняков.

При машинном сборе хлопка-сырца уход за посевами завершается опрыскиванием растений различными химикатами, что приводит к ускоренному дозреванию, отмиранию и опадению листьев (дефолиации); в результате чего

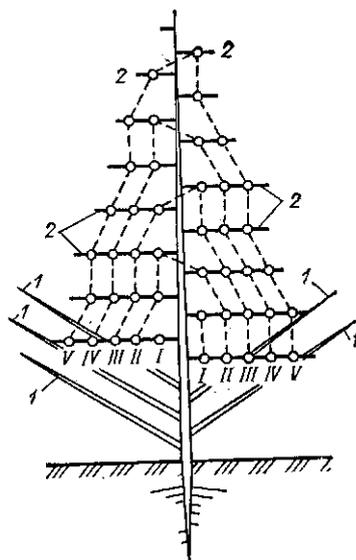


Рис. VII.1. Схема ветвления и созревания хлопчатника:

1 — ростовые ветви; 2 — плодовые ветви; I — самый ранний конус цветения и созревания; II—IV — последующие конусы цветения; V — наиболее поздний конус цветения и созревания

хлопок-сырец при уборке машинами засоряется меньше. При десикации (искусственном обезвоживании химикатами) ускоряется и созревание коробочек, что позволяет быстрее убрать урожай. Для дефолиации и десикации посевов используют самолеты.

Вредители и болезни хлопчатника значительно снижают урожайность хлопка-сырца и ухудшают качество волокна и семян. Основными вредителями хлопчатника являются паутинный клещик, тля, хлопковая совка и другие, а из болезней — вертициллезный вилт, гоммоз, фузариозный вилт и др. Против вредителей и болезней используют своевременное удаление сорняков, обработку посевов ядохимикатами, протравливание семян, выведение болезнеустойчивых разновидностей хлопчатника и правильные севообороты.

Селекция и семеноводство [1, 4, 5]. Основными методами выведения новых разновидностей (селекционных сортов) хлопчатника является массовый и индивидуальный отбор растений с желаемыми признаками, а также гибридизация, или скрещивание. Последнее позволяет получать новые разновидности, обладающие сочетанием родительских признаков или даже новыми особенностями, передающимися по наследству. При создании новых сортов большое внимание уделяется сортоиспытанию, т. е. сравнению агротехнических показателей (урожайности хлопка-сырца, скороспелости, болезнеустойчивости и др.) новых и известных разновидностей, а также качества волокна. Сортоиспытание проводят в разных климатических зонах, чтобы выбрать наилучшие разновидности для различных хлопководческих районов.

В первую сортосмену хлопчатника селекционные сорта «Навроцкий», 169, 182 и другие заменили к 1930 г. беспородные «заводские смеси», выращиваемые из семян разных хлопкоочистительных заводов. В следующую, вторую, сортосмену (1934—1940 гг.) были внедрены более урожайные сорта 8517, 2034, 36М-2, «2 и 3» и другие, дающие волокно лучшего качества. После третьей сортосмены (1941—1946 гг.) новые разновидности средневолокнистого хлопчатника С-460, 1298, 18819 и другие обеспечили дальнейшее улучшение качества и урожайности волокна. Однако недостаточная скороспелость и болезнеустойчивость этих разновидностей привели к четвертой сортосмене (1947—1970 гг.), основным направлением которой было внедрение более скороспелых и болезнеустойчивых сортов 108-Ф, 138-Ф, С-450/555, 611-Б, С-4727, 5476-И, 504-В и др.

В пятой сортосмене с 1971 г. и за последние годы выведены новые средневолокнистые сорта 133, 3038, 149-Ф, Ташкент-1, АН-402 и другие, а также тонковолокнистые сорта 9647-И, Ашхабад-25, С-6037, 5904-И, 6249-В и др. Создание и внедрение новых, более урожайных и болезнеустойчивых разновидностей хлопчатника с лучшим качеством волокна ведется на селекционных станциях и в семеноводческих хозяйствах непрерывно для последующих сортосмен. Полученные чистосортные посевные семена (элиты) выведенных селекционных сортов размножают в семеноводческих хозяйствах, а также на лучших участках отдельных колхозов. Растения, выращенные из элитных семян, дают посевные семена первой репродукции. Из них в следующем урожае получают семена второй репродукции и т. д. до четвертой репродукции. Последние вследствие недостаточной чистосортности не высевают, а перерабатывают на маслозаводах.

3. СОЗРЕВАНИЕ ХЛОПКА-СЫРЦА И ЕГО СБОР

После цветения и образования завязей каждый плод (коробочка) увеличивается в объеме, а внутри происходит рост зародышей семян. Некоторые клетки на поверхности растущих семян начинают удлиняться, и из каждой отдельной клетки образуется волокно, имеющее вид тонкостенной трубочки, заполненной протоплазмой. Волокно растет вначале 30—40 дней в длину при постоянной толщине стенки; его поперечные разме-

ры достигают наибольшего размера через несколько дней, а затем остаются неизменными. При дальнейшем созревании происходит ежедневное утолщение стенки волокна вследствие отложения целлюлозы изнутри канала, что приводит к изменению его свойств (рис. VII.2). Полное созревание волокна завершается за 50—70 дней.

Внешний вид волокон разной степени зрелости показан на рис. VII.3. Незрелые тонкостенные волокна обладают не только

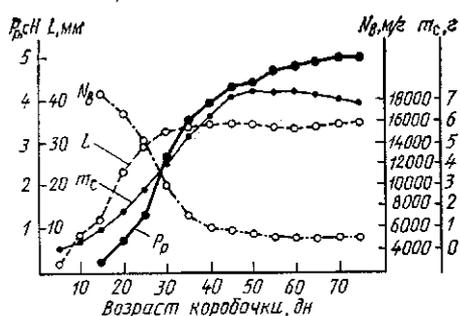
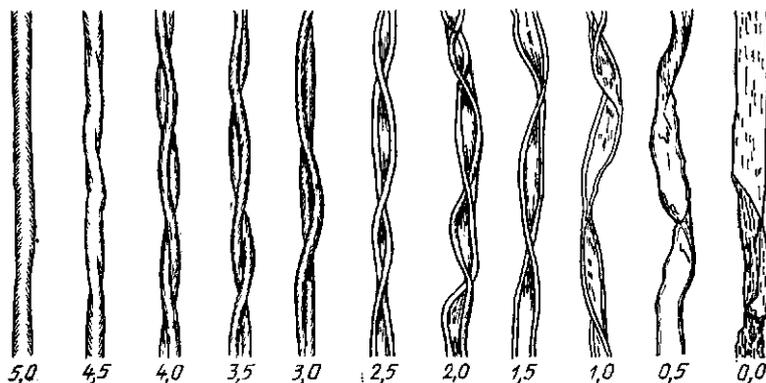


Рис. VII.2. Изменение свойств растущего хлопкового волокна 108-Ф (по М. К. Александрову):

L — длина; N_B — номер; P_p — разрывная нагрузка; m_c — масса сухой корочки

Рис. VII.3. Хлопковые волокна разной зрелости:

5,0 — предельно зрелое; 4,5—0,5 — волокна промежуточных степеней зрелости; 0,0 — совершенно незрелое волокно



низкой прочностью и легко разрываются при переработке, но и плохо окрашиваются вследствие особого состава первичной стенки. Для зрелых волокон характерно наличие штопорообразной извитости.

Даже в одной коробочке быстрее созревают волокна на семенах, которые расположены ближе к плодовой ветви. Волокна, растущие на тупом конце семени — халазе, обычно бывают длиннее, но менее прочными и зрелыми. На каждом семени растет 7000—15 000 волокон. В одной коробочке содержится 18—45 семян и около $2 \cdot 10^5 \dots 5 \cdot 10^5$ волокон общей массой 1—2,5 г; масса хлопка-сырца составляет 3—7,5 г.

Момент созревания большинства волокон в коробочке обычно совпадает с ее раскрытием и засыханием. На растении коробочки раскрываются не одновременно, а по конусам (см. рис. VII.1). Чем ближе к корню и главному стеблю расположены коробочки, тем раньше они раскрываются. В раскрытой коробочке волокна продолжают созревать несколько дней, становят-

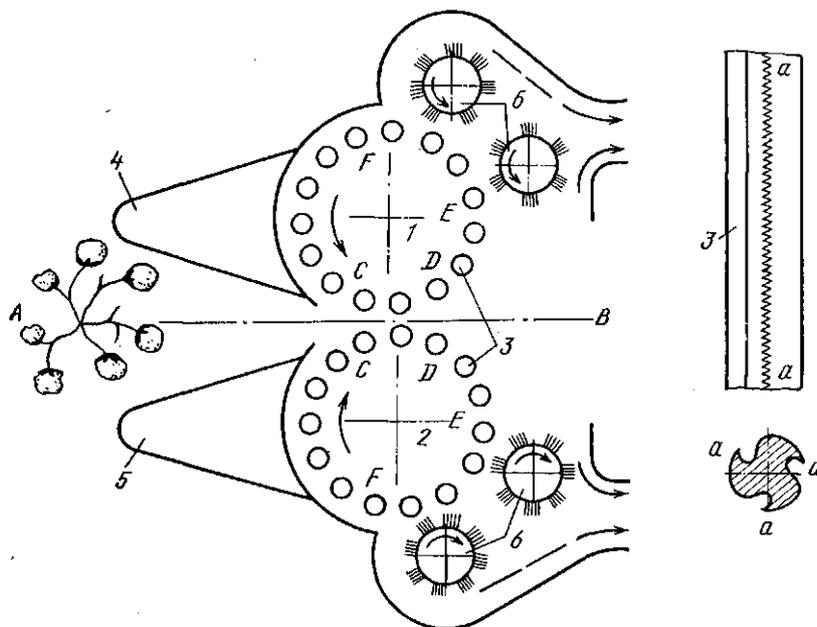


Рис. VII.4. Схема вертикально-шпindelной машины.

ся прочнее, а затем под действием светопогоды их свойства постепенно ухудшаются.

Сбор хлопка-сырца. Из раскрывшихся коробочек хлопок-сырец собирают вручную и шпindelными машинами в несколько приемов по мере созревания коробочек. Нераскрывшиеся и мало раскрывшиеся коробочки (курак) собирают вместе с хлопком-сырцом куракоуборочными машинами.

При ручном сборе получают более чистый хлопок, чем при машинном, но производительность одного сборщика низкая — около 5—6 кг/ч хлопка-сырца. Ручной сбор урожая требует значительно больше рабочей силы, чем посев и уход за хлопчатником. Для уборки необходимо временно привлекать рабочую силу со стороны, что удорожает себестоимость хлопка.

Первый ручной сбор начинают при наличии на растении в среднем двух—четырех раскрытых коробочек. При втором сборе завершают сбор хлопка-сырца из хорошо раскрытых коробо-

чек до прекращения вегетационного периода хлопчатника. При третьем и четвертом сборах выбирают весь оставшийся на кустах хлопок-сырец.

В настоящее время широко применяют поточную технологию машинной уборки и бестарной перевозки собранного сырья в сушильно-очистительный цех заготовительного пункта.

Для сбора хлопка-сырца из раскрывшихся коробочек используют двухрядные и четырехрядные вертикально-шпindelные

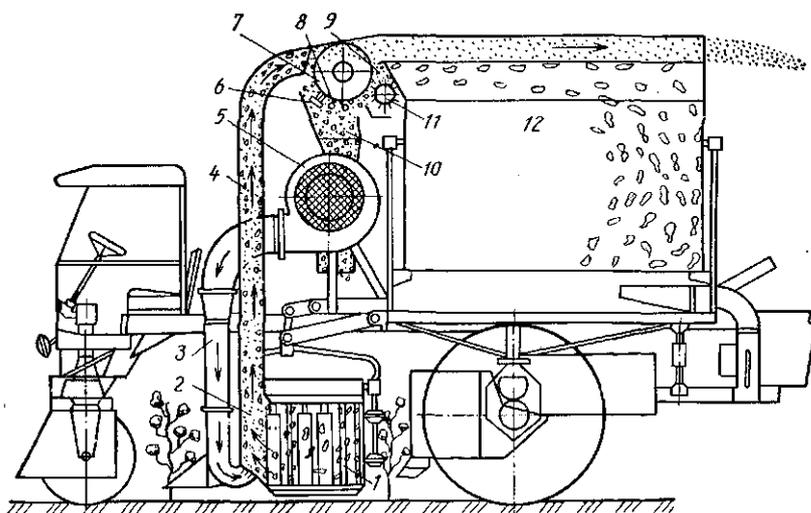


Рис. VII.5. Вертикально-шпindelная машина ХВН-1,2А

ные машины. Их основными рабочими органами являются барабаны 1 и 2 (рис. VII. 4) со шпindelями 3, на поверхности которых есть ряд зубьев *a* для захвата хлопка-сырца из коробочек. При движении машины вдоль ряда кустов *AB* направители 4 и 5 сжимают кусты, которые затем попадают в узкое пространство зоны *CD* между шпindelями. В зоне *CD* шпindelи вращаются в сторону острых зубьев, наматывают на себя хлопок-сырец, вытаскивая его из коробочек. Далее в зоне *DE* шпindelи останавливаются, а затем в зоне *EF* вращаются в обратном направлении, вследствие чего хлопок-сырец легко снимается с зубьев шпindelей вращающимися щетками 6, а тягой воздуха по трубопроводу засасывается в бункер. Сбитый на землю хлопок-сырец засасывается через сопла подборщиков и поступает в отдельный бункер. Производительность машины 1—2 га/ч.

Для сбора тонковолокнистого хлопка-сырца используют двухрядную машину ХВН-1,2А, которую агрегируют с трактором.

При движении машины кусты хлопчатника направляются в рабочую щель между шпindelями 1 барабанов (рис. VII.5).

Шпиндели зубцами захватывают хлопок-сырец из раскрытых коробочек и наматывают на себя. Вращаясь, барабаны подводят шпиндели с хлопком-сырцом к щеточным съемникам, перед которыми шпиндели изменяют направление вращения, а снятый съемниками хлопок-сырец поступает в приемную камеру 2. По воздухопроводу 3 вентиляторы 5 нагнетают воздух в нижнюю часть камеры 2 и подают хлопок-сырец по трубопроводу 4 к пильному барабану 7 очистителя, а воздух вместе с мелкими сорными примесями отводится через трубопровод 9 из машины.

Пильные диски барабана 7 перемещают хлопок-сырец над щеткой 6, которая способствует закреплению долек на пилах и отделению крупного сора, не имеющего прочной связи с волокном. Далее сырец проходит над отбойниками 8, где также происходит выделение сорных примесей, которые через сороотвод 10 падают на землю. Очищенный хлопок-сырец снимается с пильного барабана съемником 11 и транспортируется в бункер 12.

Производительность машины ХВН-1,2А составляет 0,4—0,6 га/ч, а полнота сбора 81—86%.

Имеются также отдельные машины для подбора опавшего на землю хлопко-сырца и последующей его очистки. Уборочный аппарат состоит из двух соприкасающихся, наклонно расположенных бесконечных толстых ремней. На них сделаны поперечные надрезы, которые при подходе к земле раскрываются и захватывают хлопок-сырец, после чего вновь смыкаются. Движущиеся ремни передают хлопок-сырец в верхнюю часть машины, где надрезы раскрываются и хлопок-сырец попадает в бункер.

Машинный сбор хлопко-сырца проводят в три приема на полях, очищенных от сорняков, после опадения на землю 75—80% листьев хлопчатника. Первый сбор шпиндельными машинами начинают при раскрытии на кустах хлопчатника 50—60% коробочек, а второй сбор — при раскрытии дополнительно 20—30% коробочек. Третий сбор всех оставшихся на кустах коробочек производится куракоуборочными машинами. Их принцип работы несложен. Кусты хлопчатника при движении машины проходят через щель наклонно расположенных рифленых валков 1 (рис. VII.6). Размер щели внизу

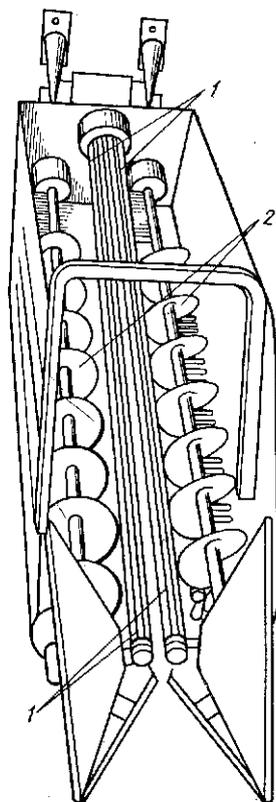


Рис. VII.6. Собирающая часть куракоуборочной машины

около 20 мм, а сверху — 5 мм. Размер коробочек больше размера щели и поэтому они срываются с кустов вместе с частью веток и листьев. Собранная смесь (ворох) перемещается шнеками 2 в очистительную часть машины. В ней барабан 1 (рис. VII.7, а) дробит коробочки о выступы 2, разрыхляет дольки хлопка-сырца, выбрасывает мелкий сор под сетку 3, а хлопок-

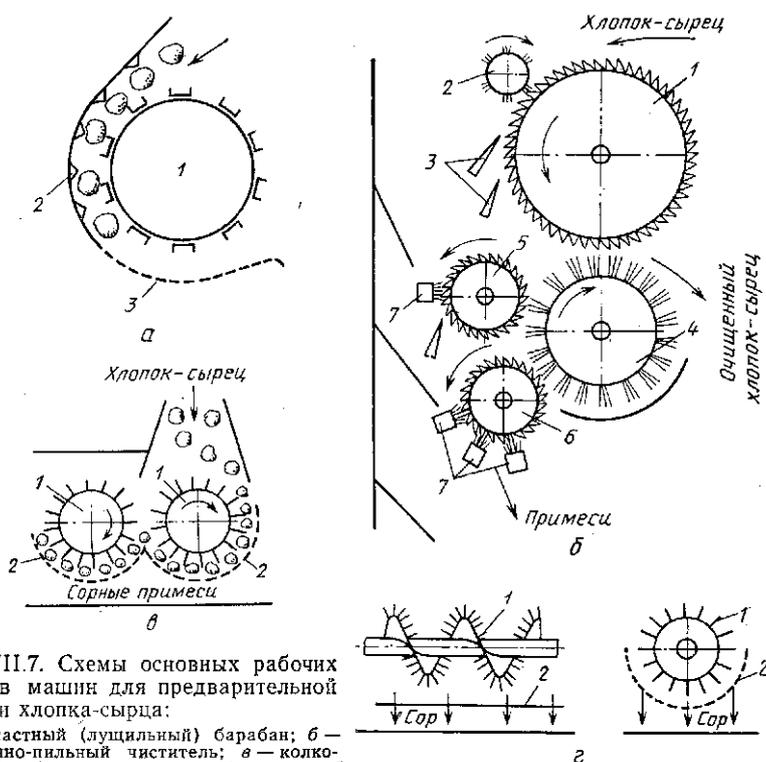


Рис. VII.7. Схемы основных рабочих органов машины для предварительной очистки хлопка-сырца: а — лопастный (луцильный) барабан; б — барабанно-пильный очиститель; в — колковые барабаны; г — колковый шнековый очиститель

сырец далее передается на барабанно-пильный очиститель (рис. VII.7, б). В нем хлопок-сырец захватывается пильным барабаном 1, при этом щетка 2 способствует лучшему насаживанию хлопка-сырца на зубья барабана, а ножи 3 — отделению крупных примесей, створок коробочек и т.п. Очищенный хлопок-сырец снимается с барабана 1 щеточным барабаном 4 и выводится из машины. Отдельные дольки хлопка-сырца, выпавшие вместе с крупным сором, улавливаются малыми пильными барабанами 5 и 6. Около них установлены щеточные планки 7, способствующие нанизыванию долек на барабаны 5 и 6 и дальнейшему съему барабаном 4. Примеси падают вниз и выводятся из машины.

После сбора хлопка-сырца шпиндельными или куракоуборочными машинами проводят подбор опавшего на землю хлопка-сырца механическими подборщиками.

Засоренный хлопок-сырец и курак рационально предварительно очищать на полевых (передвижных) ворохоочистителях. Их основными рабочими органами являются лопастный (см. рис. VII.7, а), пыльный (см. рис. VII.7, б) и колковый барабаны (рис. VII.7, в).

Совхозы и колхозы весь собранный хлопок-сырец сдают на заготовительные пункты, где его комплектуют в однородные партии: по разновидностям хлопчатника, сортам хлопка-сырца, виду сбора и очистки. Такое комплектование обеспечивает получение более однородного волокна лучшего качества. Подобранный с земли хлопок-сырец сдают отдельно.

Хлопкоочистительные заводы в течение заготовительного сезона перерабатывают около 20 % сырца, а остальную часть складывают на длительное хранение для переработки в последующее время до начала заготовок хлопка нового урожая.

Хлопок-сырец должен храниться в условиях, обеспечивающих сохранение свойств волокна и семян. Для этого хлопок-сырец складывают при влажности, не превышающей для сортов I—9, II—10, III—11 и IV—13 %. При более высокой влажности хлопок-сырец, сложенный в бунты или крытые хранилища, начинает под воздействием развивающихся микроорганизмов нагреваться и портиться, если не принять мер к его охлаждению путем отсоса влажного воздуха или к просушиванию.

Сырец, собранный хлопкоуборочными машинами, обычно имеет влажность 10—18 %, а куракоуборочными машинами — 18—27 %. Поэтому при поступлении на хлопкозаготовительный пункт сырец машинного сбора сушат в сушильно-очистительном цехе, а ручного сбора при кондиционной влажности не сушат.

Классификация хлопка-сырца. Хлопок-сырец ручного сбора по ГОСТ 10202—71, а машинного сбора по ГОСТ 16298—81 делится на сорта I, II, III и IV в зависимости от внешнего вида и разрывной нагрузки.

Сорт хлопка-сырца	I	II	III	IV
Разрывная нагрузка, сН	4,4 и более	3,9—4,3	3,2—3,8	3,1 и менее

Предусмотрена органолептическая оценка сорта сырца сравнением его с эталонами. При разногласии в оценке сорта сдатчиком и приемщиком сорт определяют по средней разрывной нагрузке волокна. Для хлопка-сырца каждого сорта установлены нормы засоренности и влажности, позволяющие подсчитать и учесть при приемке массу хлопка-сырца для нормальной влажности и засоренности.

Кондиционную массу хлопка-сырца подсчитывают по формуле (VI.14), подставляя в нее вместо фактической массы M_{ϕ} расчетную массу m_p .

$$m_p = m_{\phi} (100 - C_{\phi}) / (100 - C_p), \quad (\text{VII.1})$$

где m_{ϕ} — масса хлопка-сырца, предъявляемого к приемке, кг; C_{ϕ} — фактическая доля сорных примесей, %; C_p — базисная (расчетная) доля сорных примесей, %.

Кроме того, в стандартах установлены предельно допустимые нормы засоренности раздельно для хлопка-сырца ручного и машинного сбора и подбора.

4. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКЕ ХЛОПКА-СЫРЦА [6, 7]

Непрерывный процесс первичной обработки состоит из следующих этапов: предварительной очистки хлопка-сырца от примесей, джинирования — отделения от семян волокон, а затем пуха (линта) и прессования их в кипы. Хлопок-сырец повышенной влажности до первичной обработки предварительно подсушивают. После отделения волокон и пуха непосевные (технические) семена поступают на маслозавод, где с них опять 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 % от массы технических семян.

Предварительная очистка. Заготовленный хлопок-сырец хранится на складах или в бунтах и оттуда пневмотранспортом подается в цех завода. Во время сбора, сушки и транспортировки в хлопок-сырец иногда попадают тяжелые примеси: камни, куски металла, дерева и др. Они могут вызвать поломки рабочих органов очистительных и особенно волокноотделительных машин и даже привести к возникновению пожаров от высекаемых искр. От тяжелых примесей хлопок-сырец очищают нагнетаемой струей воздуха, которая сдувает легкие летучки (семена с волокнами) к сетке 1 (рис. VII.8), и они выходят через левый канал 2. Тяжелые примеси струей воздуха не сдуваются и выпадают через правый канал 3. Пыль и мелкие примеси отсасываются из хлопка-сырца через сетку 1.

Далее примеси (частицы коробочек, листьев и т. п.) удаляют на очистителях различной конструкции. Их основными рабочими органами являются описанные ранее лопастные барабаны 1 с сеткой 3 (см. рис. VII.7, а), колковые барабаны 1 с сеткой 2 (см. рис. VII.7, в), колковый шнек 1, окруженный колосниковой решеткой 2 (рис. VII.7, г), и пыльные барабаны (см. рис. VII.7, б).

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

Отделение волокон от семян. Принцип волокноотделения (джинирования) основан на том, что прочность прикрепления волокон к семени составляет 25—50 % от средней прочности са-

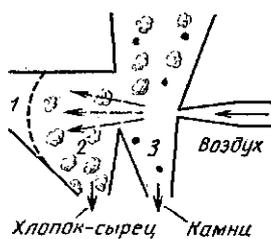


Рис. VII.8. Схема камнеуловителя

мих волокон, которые отрываются без разрушения. Рабочие органы (круглые пилы у пильных или кожаный валик у валичных волокноотделителей) захватывают волокна с семенами и подводят их к другим органам (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 за счет лучшего оголения семян выход волокна несколько выше. Поэтому на валичных волокноотделителях перерабатывают обычно высококачественный тонковолокнистый и длиноволокнистый хлопок-сырец, а на пильных — средневолокнистый хлопок-сырец и тонковолокнистый низких сортов.

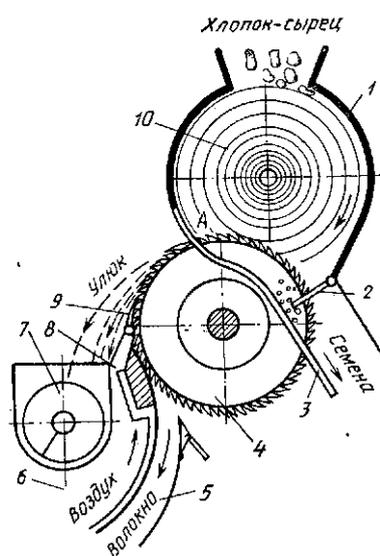


Рис. VII.9. Схема пильного волокноотделителя (джина)

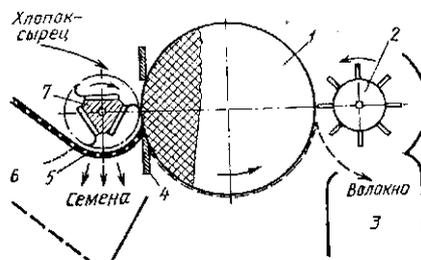


Рис. VII.10. Схема валичного волокноотделителя (джина)

Пильный волокноотделитель (рис. VII.9) имеет сырцовую камеру 1, в которую питателем равномерно подается хлопок-сырец. Нижняя левая решетчатая часть камеры состоит из металлических пластин — колосников 3, между которыми проходят дисковые пилы 4, насаженные с прокладками на общий вал. Зубья вращающихся пил захватывают волокна летучек, увлекают их за собой и в зоне А отрывают от семян, которые не могут пройти в промежутки между колосниками. Волокна далее сдуваются с пил струей воздуха, нагнетаемого по каналу 6 и выходящего из щелевидного сопла 8. Волокна, снятые с пил, вместе с потоком воздуха отводятся по волокноотводу 5 из машины. Сорные примеси и мелкие незрелые семена (улюк), прошедшие вместе с волокнами, отбрасываются центробежной силой с пил на шнек 7 и выводятся из машины. Наибольшее количество незрелых семян выделяется при установке улючного козырька 9 на

минимальном расстоянии от пил. При этом волокно получается чище, но его потери вместе с улюком увеличиваются.

Вследствие вращения пил поступающая в камеру 1 масса хлопка-сырца образует вращающийся сырцовый валик 10. При этом под воздействие пил подводятся как новые, так и частично оголенные летучки хлопка. Их выпадению препятствует семенная гребенка 2, через которую проходят только оголенные семена. Если ее колки направлены не к центру пил, а выше, то выпадение семян затрудняется, они дольше находятся в камере 1 и больше оголяются — в результате повышается выход волокна. При значительном подъеме семенной гребенки вверх происходит чрезмерное оголение семян и появляется в хлопковом волокне особо вредный порок — кусочки кожицы семян с волокнами. 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 — получаются при переработке хлопка-сырца повышенной влажности, а также при тупых и погнутых зубьях пил.

Валичный волокноотделитель (рис. VII.10) имеет шероховатый кожаный валик 1 с нарезанными спиральными канавками, который захватывает летучки равномерно поступающего из питателя хлопка-сырца и подводит их под кромку неподвижного ножа 4. Семена не могут вместе с волокнами пройти под прижатый к валику 1 нож 4. Они попадают под удары планок отбойного валика 7. Отделенное от семян волокно снимается валиком 2 и поступает в волокноотвод 3. Оголенные семена проваливаются через сетку 5 и выводятся из машины. При волокноотделении часть мелких примесей попадает в волокно, а крупные выпадают вместе с семенами и проваливаются через сетку 6. Основными причинами образования пороков (кожицы с волокном, дробленых семян, отчасти узелков) являются износ валика 1, неправильная установка ножа 4 и отбойного валика 7.

Волокноочистка. После джинирования хлопка-сырца машинного сбора волокно иногда имеет повышенное содержание улюка, сора и других пороков. Поэтому такое волокно целесообразно дополнительно очистить до его запрессования в кипы.

Выделение сорных примесей осуществляют воздействием пыльных барабанов и колосниковой решетки (см. рис. VII.7, б), а также за счет центробежной силы, способствующей выпадению примесей через решетку при транспортировке волокон воздухом по криволинейному пути.

Транспортировка волокна в прессовый цех. Волокноотделители работают группами (батареями). Подача и распределение хлопка-сырца по отдельным питателям и волокноотделителям общие. От волокноотделителей в прессовый цех направлен общий волокноотвод, а также общий сборный шнек для семян. По

волокноотводу волокно потоком воздуха подводится к вращающемуся сетчатому барабану (конденсеру) и образует на его поверхности слой, который затем снимается и передается в ящик пресса для предварительного уплотнения (трамбования) и последующего окончательного прессования.

Воздух вместе с пылью и мелкими примесями проходит внутрь сетчатого барабана и далее в камеру, за счет чего дополнительно осуществляется очистка хлопкового волокна.

Прессование волокна. Оно обеспечивает более полное использование объема вагонов. Для хранения плотных кип требуется меньше складских помещений, а кипы менее огнеопасны, чем рыхлое хлопковое волокно. Спрессованное волокно меньше загрязняется, но труднее очищается на прядильной фабрике. Для прессования применяют гидравлические прессы с двумя поворотными ящиками. Пока один наполняется волокном, в другом прессуется кипа. Спрессованные кипы массой 150—200 кг и более обшивают тарной тканью для предохранения от загрязнений и обвязывают несколькими обручами толстой проволоки. Плотность спрессованного волокна в кипе 0,5—0,7 г/см³.

Отделение пуха (линта) и подпушка (делинта). После отделения волокна семена поступают в семяочиститель, а затем — на пухоотделители (линтеры). Их принцип работы такой же, как и пыльного волокноотделителя, только дисковые пилы имеют более мелкие и частые зубья. В рабочей камере установлен лопастный валик, который вращает семена с пухом и подводит их под воздействие пил, снимающих с семян пух. Семена задерживаются колосниковой решеткой и после оголения выпадают из машины. Процесс снятия 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.

5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХЛОПКА

Основную массу хлопкового волокна перерабатывают в пряжу и лишь из небольшой его части, а также из пуха изготавливают медицинскую, одежную, мебельную вату и разные ватные изделия (прокладки, фильтры и др.).

Хлопковый пух используют как целлюлозное сырье для изготовления эфиров целлюлозы, из которых вырабатывают искусственные волокна, пленки, пластмассы, лаки и другие продукты, а подпушек — для получения лаков, пленок и др.

Из хлопчатобумажной пряжи вырабатывают разнообразные ткани, трикотаж, нетканые полотна, гардинно-тюлевые изделия, а также швейные нитки, шнуры, веревки, канаты, тесьму, ленты и др. Волокнистые отходы после очистки используют для изготовления ваты, изоляции, набивок и для других целей. Из се-

мян после шелушения отжимают пищевое и техническое хлопковое масло. Жмых идет на корм для скота и как удобрение.

Оставшиеся после сбора хлопка-сырца стебли хлопчатника (гузпая) являются ценным сырьем для гидролизной промышленности и бытовых нужд. Таким образом, хлопок является не только самым распространенным, но и универсальным сырьем.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. VII

1. Хлопководство/Автономов А. И., Казиев М. З., Шлейхер А. И., Шафрин А. Н., Соколов А. В. и др., М., 1983.
2. Cotton-World Statistics. Quarterly Bulletin of the International Cotton Advisory Committee, vol. 35, № 9 (Part II), 1982.
3. Народное хозяйство СССР в 1982 г.: Статистический ежегодник. М., 1983.
4. Мирахмедов С. Селекция и семеноводство хлопчатника за 60 лет.— Хлопководство, 1982, № 8, с. 31—34.
5. Мищенко П. Качество волокна — важнейший показатель сортов.— Хлопководство, 1983, № 6, с. 13.
6. Первичная обработка хлопка/Джабаров Г. Д., Болтабаев С. Д., Косов Д. А., Соловьев Н. Д. М., 1978.
7. Оренбах Б. М., Плацман А. Я. Основы технологии первичной обработки хлопка. М., 1982.

ГЛАВА VIII. ЛУБЯНЫЕ ВОЛОКНА

Лубяными называют волокна, содержащиеся в стеблях, листьях и оболочке плодов различных растений. Их соответственно называют стеблевые, листовые и плодовые. Стеблевые лубяные волокна подразделяют также на тонкие и грубые стеблевые волокна.

Наиболее распространены лубяные волокна следующих видов:

тонкие стеблевые — лен и рами, применяемые преимущественно для выработки бытовых, а также мешочных и различных технических тканей;

грубые стеблевые — пенька (волокно конопли), джут, кенаф и другие, используемые в основном для изготовления тарных тканей и крученых изделий — шпагатов, веревок, канатов и т. п.;

жесткие листовые — манилла, сизаль, генекен и другие, перерабатываемые преимущественно в крученые изделия — морские канаты и др.

К менее распространенным лубяным волокнам относятся из стеблевых — кендырь, канатник; из листовых — юкка, новозеландский лен, драцена; из плодовых — койр, извлекаемый из покрова скорлупы орехов кокосовой пальмы и используемый для изготовления веревок, плетеных изделий и как набивочный материал. Имеются и другие малоиспользуемые лубяные волокна [1].

В Советском Союзе больше всего производится льна (82—86 %) и значительно меньше пеньки (8—12 %) и кенафа (5—

6 %). В мировом производстве первое место занимает джут, затем жесткие листовые, лен и пенька (см. табл. II.2).

Различают следующие виды лубоволокнистого сырья. *Солома* — собранные и высушенные стебли без семенных головок; *треста* — стебли, подвергнутые обработке для разрушения связей пучков волокон с окружающими тканями стебля; *луб* — отделенная от внутренней древесины стебля его наружная коровая часть, содержащая волокна и окружающие их ткани.

1. ЛЕН

Льном называют растения, а также извлекаемые из их стеблей волокна. Культивируемый лен — однолетнее травянистое растение из семейства льновых. Различают *лен-долгунец* (прядильный лен), выращиваемый для получения волокна, *лен-кудряш* (масличный лен) и *лен-межеумок*, используемые преимущественно для получения семян, из которых вырабатывают масло и жмыхи.

Лен-долгунец — растение умеренного и влажного климата. Его выращивают в СССР, Франции, Польше, Нидерландах, Бельгии и других странах. Около 70 % мирового производства льна дает Советский Союз, где основными льноводческими районами являются Калининская, Смоленская, Вологодская, Новгородская, Ярославская, Костромская, Ивановская, Могилевская, Житомирская, Витебская, Львовская области, а также Литовская и Латвийская ССР. В 1982 г. валовой сбор льноволокна составил 415 тыс. т, а по отдельным республикам ориентировочно, %: РСФСР — 39 %, Украинская ССР — 27,2, Белорусская ССР — 28,2, Литовская ССР — 4,3, Латвийская ССР и Эстонская ССР — 1,3.

Урожайность льноволокна составляет 3—5 ц/га.

Льноводство и элементы агротехники льна-долгунца [2, 3, 4]

Для льна пригодны разнообразные почвы; лучшими являются средние и легкие суглинки. Малоплодородные почвы улучшают травосеянием в системе правильных 7—9-летних севооборотов, а также внесением удобрений. Лен требует около 400 мм осадков в год; он выдерживает кратковременные заморозки до -4°C , но плохо переносит сильную жару.

Осеннюю (зяблевую) вспашку проводят для разрыхления почвы, уничтожения сорняков и вредителей, сохранения влаги и заделки удобрений. Весенняя предпосевная обработка почвы заключается в ее бороновании и культивации. Это сохраняет влагу в почве, уничтожает сорняки и облегчает заделку семян в почву при посеве.

Подготовка семян к посеву состоит из сортировки и очистки на машинах, обогрева на солнце в течение 3—5 дней и протравливания сухими препаратами. Лучший способ посева — рядовыми сеялками в возможно более ранние сроки, когда почва прогревается до $7-10^{\circ}\text{C}$. Норма высева 20—30 млн. всхожих семян на гектар (110—140 кг/га), ширина междурядий 7—8 см.

Вегетационный период льна от появления всходов до созревания волокон составляет в центральных районах 75—80 дней. Большую опасность для

всходов представляет образующаяся на поверхности почвы корка. Для ее удаления почву взрыхляют. Для уничтожения сорняков применяют гербициды, а также ручную прополку. Иногда посевы подкармливают азотными и калийными удобрениями. Основные меры борьбы с болезнями (фузариоз, ржавчина и др.) — протравливание семян, правильный севооборот, посев болезнестойчивых селекционных сортов, а с вредителями (бляшка, трипс и др.) — опыливание ядами, своевременное уничтожение сорняков.

Селекционно-семеноводческая работа. Основной задачей селекции является выведение высокоурожайных, болезнестойчивых сортов льна с большим содержанием в стеблях волокна высокого качества. Важными показателями качества льна являются также устойчивость к осыпанию семян и к полеганию стеблей. Последнее затрудняет машинную уборку, удлиняет ее сроки, что приводит к потерям урожая, вызывает порчу стеблей и снижает прочность волокна.

В России издавна получали известность лучшие по качеству льны из отдельных районов (кряжей). В 30-х годах из них были выведены путем отбора первые селекционные сорта льна. Однако в дальнейшем метод отбора лучших из имеющихся сортов исчерпал свои возможности, и селекция льна в основном базируется на скрещивании разных сортов и типов льна с последующим изучением полученного потомства и отбором лучших растений. Основные этапы селекционно-семеноводческой работы следующие: 1) создание исходного сорта льна; 2) закладка новых сортов (1-й год селекции); 3) сравнительные испытания селекционных сортов и расширенное воспроизводство чистосортных (элитных) семян (2—5-й года селекции).

Новые селекционные сорта льна проходят государственные, производственные и промышленные испытания.

Государственные испытания проводят во всех льносеющих областях и республиках. При этом дается объективная оценка сортов для выявления наиболее ценных по продуктивности, хозяйственно-биологическим и технологическим свойствам, а также для их районирования и внедрения в массовые посевы. Средние пробы (15 кг) льняной соломы с каждого сортоиспытательного участка подвергаются технологической оценке во Всесоюзном институте растениеводства или Центральном научно-исследовательском институте лубяных волокон (ЦНИИЛВ).

Производственные испытания обычно ограничивают сравнением льна двух-трех сортов, высеваемых на площади 0,5—1 га. Полученную путем расстила тресту (см. с. 101) сдают на льнозаводы, а трепаный лен от них передается на фабрику для оценки волокна в чесании и прядении.

На основе данных государственных и производственных испытаний принимается решение о районировании нового сорта, т. е. внедрении его в определенных районах. Однако, для обеспечения семенами массовых посевов требуется 7—10 лет. Три-четыре года новый сорт высевают только семеноводческие льноводные хозяйства. Затем размножение семян идет на семенных участках колхозов и совхозов в течение 4—7 лет в зависимости от принятого сортообновления.

Промышленные испытания нового районированного сорта проводят на 100—200 т тресты, для чего в зоне одного из льнозаводов засевают 100—200 га льна. Сравнение нового сорта со старым проводят по одинаковым номерам тресты, полученной из одного района. Трепаное волокно (см. с. 103) перерабатывают на прядильной фабрике. При отрицательных результатах принимается решение о снятии с районирования нового сорта или ограничении его посевов.

Из наиболее распространенных районированных селекционных сортов льна можно отметить К-6, Л-1120, Светоч, Т-10, ВНИИЛ-11, Оршанский-2, а из вновь внедряемых — сорт Лазурный и др. Подробная характеристика отдельных сортов имеется в справочнике [5].

Созревание льна и его уборка. Через 8—10 дней после всходов в медленно растущем стебле льна можно найти редкие удлиненные (прозенхимные) клетки — волокна с тонкими стенками

ми и большим каналом (рис. VIII.1). Волокна располагаются рыхло почти сплошной цепочкой в 2—3 ряда, не образуя пучков. Во время цветения число волокон значительно увеличивается и они формируются в пучки. Стенки волокон утолщаются, а поперечные размеры уменьшаются. Ранее овальные в сечении волокнистые клетки становятся гранеными. Грани отдельных элементарных волокон плотно прилегают друг к другу и образуют плот-

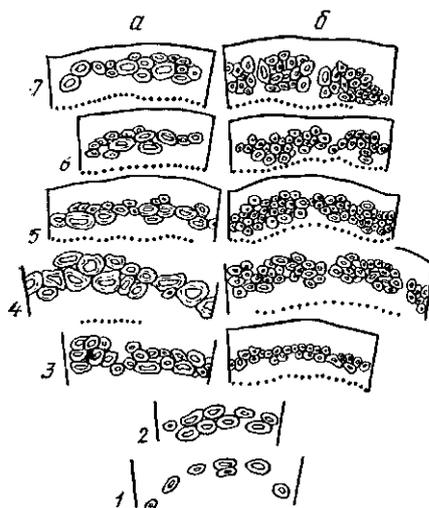


Рис. VIII.1. Схема развития волокнистых пучков в стебле льна сорта Светоч (по И. А. Сизову):

a — на уровне 0,25 высоты стебля; *б* — на уровне 0,5 высоты стебля; 1 — через 15 дней после всходов; 2 — через 25 дней; 3 — через 35 дней (бутонизация); 4 — через 45 дней (полное цветение); 5 — через 55 дней; 6 — через 65 дней; 7 — через 75 дней после всходов (полная спелость)

ные пучки. К концу цветения число волокон уже не увеличивается, но происходит усиление связей элементарных волокон за счет пектиновых (клеящих) веществ. Эти связи достигают наибольшей прочности через 2—3 недели после цветения или через 11—12 недель после посева. Одревеснение оболочек волокон при этом небольшое. Поэтому лен на волокно целесообразно убирать в этот период, в период так называемой ранней желтой спелости, когда общий фон льняного поля светло-желтый, а листья в нижней трети стебля опадают, остальные желтеют и лишь самые верхние остаются еще зелеными. Это обеспечивает получение более высокого урожая и лучшего по качеству волокна, хотя семена бывают недозрелыми. Однако при правильной сушке снопов льна в поле семена дозревают и могут быть использованы для посевов.

Позднее при желтой спелости льна семена полностью созревают, но волокно грубеет вследствие быстрого накопления в нем хрупкого вещества лигнина.

При уборке льна для полного сохранения длины стеблей их теребят, т. е. выдергивают из земли с корнями. Для этого используют льнотеребилные машины и льнокомбайны. На послед-

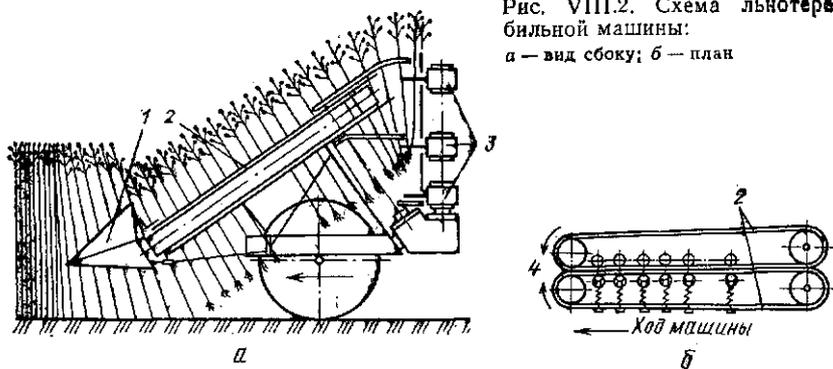


Рис. VIII.2. Схема льнотеребильной машины:
а — вид сбоку; б — план

них кроме тербления осуществляются отделение семенных головок от стеблей, вязка их в снопы или расстил полосой на поле для последующего вылеживания.

При движении льнотеребильной машины делители 1 (рис. VIII.2) разделяют растения на отдельные полоски и направляют их во входные щели 4 тербильных ремней 2, которые тянут стебли назад и вверх, отрывая от почвы. Далее стебли ремнями поперечного транспортера 3 передаются на расстилочный щит, где они переходят из вертикального положения в горизонтальное, сползают на землю и расстилаются сплошной выровненной полосой, что облегчает последующую вязку стеблей в снопы. На некоторых машинах для автоматической вязки установлен сноповязальный аппарат. Производительность льнотеребилок и комбайнов 0,8—1,3 га/ч. Вытербленный лен обычно остается в поле для просыхания стеблей и дозревания семян. В дождливую погоду лен досушивают в сушильных машинах.

Льносоломой называют стебли без семенных головок. Они отделяются при очесе или обмолаоте. При очесе от стеблей отделяют целые головки, из которых затем выделяют семена. При обмолаоте отделение головок сопровождается их разрушением и выделением семян. Полученную льносолому расстилают на поле (льнице) для переработки в тресту или связывают в снопы для первичной переработки на заводах.

Стебель и волокно льна

Средняя высота стеблей льна 60—100 см, а средний диаметр поперечного сечения $d=0,8...1,4$ мм. Техническая длина стебля L_T измеряется от семядольного колена до начала соцветия (рис. VIII.3). У стеблей среднего качества $M=L_T/d=400...700$. При $M>700$ из стеблей получают волокно лучшего качества, а при $M<400$ — худшего. С увеличением диаметра

стебля до $d \leq 1,5$ мм увеличивается число волокон в поперечном сечении, но при $d > 1,5$ мм их число остается тем же, но волокна более грубые.

Стебель снаружи покрыт кутикулой 1 (рис. VIII. 4), т. е. пленкой, пропитанной воскообразными веществами. Под ней расположены кожица 2 и кора 3, которые вместе составляют луб. Кора состоит из паренхимных (изодиаметрических) тонкостенных неволокнистых клеток. Они служат для соединения

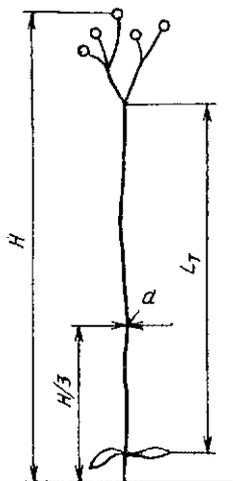


Рис. VIII.3. Схема измерения длины и поперечных размеров стебля

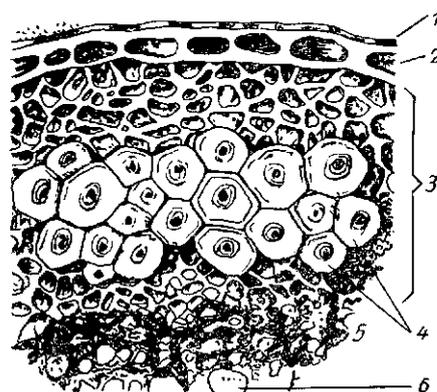


Рис. VIII.4. Поперечный разрез части льняного стебля

всех элементов коры в одно целое. В коре залегают также прозенхимные (удлиненные) клетки, представляющие собой элементарные волокна 4, склеенные в пучки пектиновыми веществами, более устойчивыми, чем вещества, склеивающие волокнистые пучки с паренхимными клетками коры [6].

Льняное элементарное волокно имеет заостренные концы, поперечное сечение в виде неправильного пятиугольника с узким каналом или у более грубых волокон — почти овальной формы с более широким и слегка сплюснутым каналом. На волокне под микроскопом хорошо видны темные поперечные штрихи, называемые сдвигами. Они представляют собой следы изломов или изгибов волокна в период роста растения и в особенности при его механической обработке.

Волокнистые пучки (рис. VIII. 5, а) хорошо развиты по всей длине стебля и за счет боковых ответвлений — анастомозов образуют в стебле волокнистый слой (рис. VIII. 5, б). В поперечном сечении стебля имеется обычно 20—32 пучка по 14—24 волокна в каждом; всего в сечении 350—650 волокон. Плотные пучки элементарных волокон с граненной формой сечения дают

хорошее комплексное (техническое) волокно, а рыхлые пучки волокон с округлым сечением — более плохое.

За корой, ближе к центру, расположена древесина *б* (см. рис. VIII. 4), состоящая из клеток с сильно утолщенными стенками и отделенная от коры тонким слоем камбия. Древесина вместе с волокнистыми пучками предохраняет стебель от излома. В центре стебля расположена сердцевина *в*. Ее клетки к моменту созревания стебля частично отмирают, а на их месте образуется центральная полость.

Элементарные волокна имеют в среднем длину 10—25 мм, поперечный размер 15—20 мкм и линейную плотность 0,125—0,555 текс. Короткие стебли с одного поля имеют среднюю длину волокон на 3—5 мм меньше, чем длинные. Толщина и прочность волокон уменьшается от комля к верхушке стебля.

Технические волокна, выделяемые из стеблей при их первичной обработке, представляют собой комплекс пучков элементарных волокон, соединенных между собой боковыми ответвлениями и прослойками коровой ткани. Вследствие смещения элементарных волокон в пучках их длина колеблется от 50 до 250 мм. Местами отдельные пучки склеиваются друг с другом соприкасающейся поверхностью или соединяются отдельными боковыми ответ-

влениями элементарных волокон, образуя техническое волокно (см. рис. VIII.5). Его длина равна 40—125 см, средний поперечный размер 150—250 мкм, а линейная плотность 1,5—8 текс. Прочность технического волокна зависит от прочности, длины, толщины, числа элементарных волокон, а также прочности спаек их в пучки. Последняя зависит от химического состава связующих веществ, из которых основными являются пектины, гемицеллюлозы и лигнин. Присутствие лигнина увеличивает прочность спаек, но повышает жесткость и хрупкость технического волокна.

Основные сведения о первичной обработке льна [7, 8]

Первичная обработка льносоломы складывается из следующих процессов: получения тресты и ее сушки, мятья тресты, трепан-

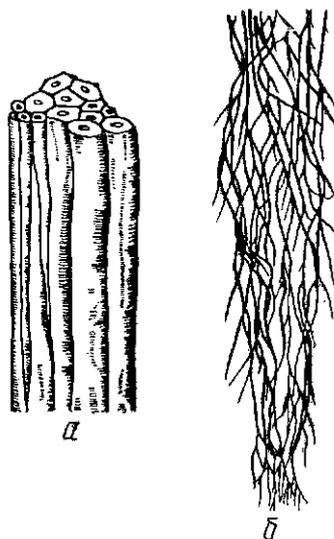
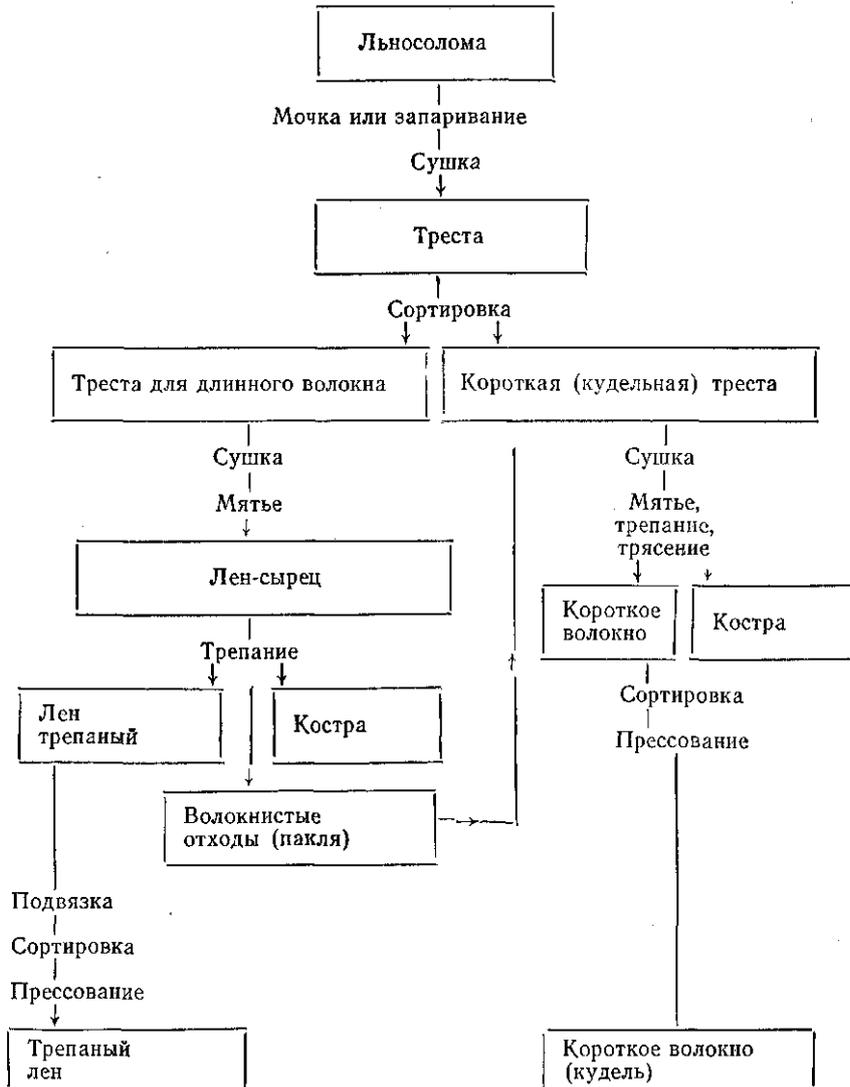


Рис. VIII.5. Структура технического волокна:

а — расположение элементарных волокон в пучке; *б* — сетчатый волоконистый слой

Схема первичной обработки льна



ния льна-сырца, трясения отходов, сортировки и отдельного прессования в кипы более длинного трепаного льна и короткого волокна (см. схему). При правильно организованной первичной обработке получается около $\frac{2}{3}$ длинного волокна и $\frac{1}{3}$ короткого.

Лен подвергается первичной обработке в основном на льнозаводах, а кроме того и в колхозах. Сырье на завод поступает в виде соломы или тресты обычно осенью и в начале зимы и

хранится в течение нескольких месяцев под навесами (шоками) или в скирдах. Для предохранения сырья от осадков над скирдами устраивают крыши из сырья низких сортов.

Классификация льняной соломы и тресты [2]. Основными показателями качества льносоломы и тресты являются содержание волокнистой массы (выход), прочность волокна, длина и толщина стеблей, пригодность их к переработке, цвет стеблей и волокна, отделяемость волокнистого слоя (для тресты), равномерность стеблей в снопе и засоренность. Итоговую комплексную оценку качества соломы и тресты выражают номером, величина которого учитывает выход, комплекс свойств и пропорциональна максимальной длине пряжи нормального качества, получаемой из единицы массы исходного сырья. Чем лучше сырье, тем выше его номер (см. с. 75).

Льняная солома (ГОСТ 14897—69) подразделяется в зависимости от содержания луба в стеблях, их длины, прочности, пригодности, цвета и диаметра на 13 следующих номеров: 5,0; 4,5; 4,0; 3,5; 3,0; 2,5; 2,0; 1,75; 1,5; 1,25; 1,0; 0,75 и 0,5.

Льняная треста (ГОСТ 24383—80) в зависимости от выхода и цвета получаемого длинного трепаного волокна подразделяется на 11 номеров: 4,0; 3,5; 3,0; 2,5; 2,0; 1,75; 1,5; 1,25; 1,0; 0,75 и 0,5.

В стандарте нормированы предельно допустимые значения: выхода, длины горстей, отделяемости волокнистого слоя, влажности, засоренности, а также растянутости снопов тресты.

Солому и тресту принимают по кондиционной массе, подсчитанной по формулам (VI.14) и (VII.1), при нормированной влажности 19 % и нормированном содержании сорняков и примесей 5 %. Номер соломы и тресты определяют органолептически сопоставлением снопов с эталонами. При разногласиях в оценке качества проводят лабораторный анализ.

Сортировка соломы или тресты производится в соответствии с классификацией и в первую очередь по наиболее легко определяемым признакам — длине и цвету стеблей. Сортировка улучшает условия протекания процессов первичной обработки и качество получаемого волокна.

Получение тресты. Существует несколько способов получения тресты из льносоломы: расстил, холодная и тепловая мочка, пропаривание и физико-химический. При этом происходит разрушение связей пучков волокон с окружающими их тканями стебля.

Стланцевая треста получается при расстиле на лугах соломы, в которой развиваются микроорганизмы (грибы, плесень), разрушающие вначале менее стойкие пектиновые вещества, склеивающие пучки волокон с другими тканями (см. рис. VIII.4). Продолжительность расстила 0,5—1,5 месяца. Его конец определяют по серому цвету стеблей и по 2-килограммовым пробам, которые сушат, мнут и треплют. Если древесина (костра) легко отделяется от волокна, которое получается мягким и прочным, это означает, что треста вылежалась достаточно. При сборе, сушке и перевозке стланцевой тресты возможны большие потери, что является недостатком этого способа ее получения.

Моченцовая треста получается после холодноводной мочки соломы в естественных (реже в искусственных) водоемах или после тепловой мочки при температуре 35—38 °С в искусственных водоемах на заводах первичной обработки. При мочке пектиновые вещества разрушаются бактериями различных видов. Лучшие результаты имеют при тепловой мочке.

Паренцовая треста получается после 1—1,5-часового пропаривания в автоклаве предварительно замоченной льносоломы. При этом происходит гидролиз пектиновых веществ и нарушается связь пучков волокон с окружающими их тканями.

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

Треста после мочки, пропаривания и получения физико-химическим способом имеет высокую влажность. Ее значительную часть удаляют на отжимно-промывных машинах, что позволяет ускорить последующую сушку, проводимую как на открытом воздухе, так и в различных сушильных машинах.

Тресту хранят так же как и солому, в скирдах и под навесами. Для выравнивания влажности тресты перед мятьем и трепанием ее отлеживают 16—24 ч под навесами или в закрытых помещениях.

Получение длинного льноволокна. Для извлечения волокна из тресты ее подвергают плющению, мятью и трепанию. Эти процессы осуществляют на мяльно-трепальном агрегате или раздельно на мяльной и трепальной машинах. Для равномерной подачи тонкого слоя тресты на плющильные и мяльные вальцы используют слоеформирующую машину.

Плющение тресты заключается в ее прокатке под большим давлением между гладкими вальцами. Это обеспечивает сдвиг наружной коровой части стебля относительно внутренней древесины, выравнивает толщину стеблей и облегчает последующее мятье.

Мятье тресты служит для разрушения и частичного удаления древесины, которая дробится рифлеными вальцами на отдельные частицы, называемые кострой. Интенсивность процесса мятья повышается с увеличением числа рифлей, давления пружины на вальцы и глубины захождения рифлей вальцов $i = D - M$ (рис. VIII.6). По ходу продукта величина i и давление на вальцы уменьшаются, а число рифлей увеличивается, так как мелкорифлеными вальцами хорошо проминается только предварительно подготовленная треста.

Трепание промятой тресты (льна-сырца) — процесс, при котором удаляется основная масса костры, коровых тканей и других неволокнистых веществ. При этом

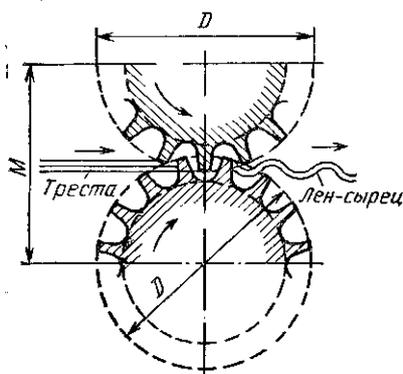


Рис. VIII.6. Схема мятья тресты

происходит продольное расщепление волокнистого слоя (см. рис. VIII.5, б) на отдельные технические волокна (см. рис. VIII.5, а).

Лен-сырец 1 (рис. VIII.7), зажатый с одного конца А бесконечным ремнем транспортера 5, передвигается вдоль трепального барабана 3. При встрече била 6 в точке В с прядями они сдвигаются вправо и встряхиваются, что способствует выделению костры и других примесей. В момент удара происходит захлестывание льна-сырца около кромки била. Решетка 2 умень-

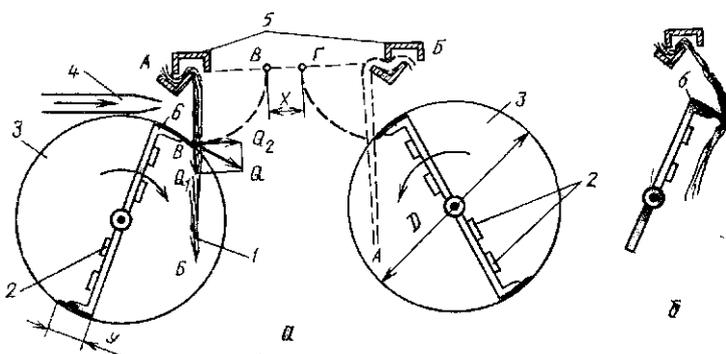


Рис. VIII.7. Схема трепания льна-сырца:

а — при встрече била с горстью льна; б — при захлестывании горсти вокруг кромки била

шает захлестывание. При большом захлестывании волокно может обрываться, а при малом — недостаточно протрепываться. Поэтому для постепенного увеличения интенсивности трепания барабаны 3 делают вначале меньшего диаметра или лен-сырец вводят постепенно в зону трепания.

Средняя часть пряди ВГ протрепывается дважды; для этого в 1-й секции машины лен-сырец протрепывается на участке ВВ, затем струя воздуха из сопла 4 подводит свободный конец Б под ремень 5 транспортера 2-й секции, где лен-сырец протрепывается на участке ГА.

Увеличение интенсивности трепания бывает необходимо при переработке недомоченной, влажной и тонкостебельной тресты. Однако, как и при мятье, излишняя интенсификация трепания снижает качество длинного волокна и увеличивает его потерю, повышая в отходах содержание короткого волокна.

После трепания из льна-сырца получают лен трепаный (длинное волокно) и волокнистые отходы, содержащие костру и короткое волокно. Получение длинного волокна сопровождается также выделением стеблевых отходов, представляющих спутанные, короткие и поврежденные стебли.

Физико-химическая обработка луба или соломы. При механическом отделении луба из соломы его обрабатывают горячи-

ми растворами бисульфита натрия, кальцинированной соды и мыла. После обработки мыльно-керосиновой эмульсией, отжима, сушки и отлеживания луб подвергают мятью и трепанию. При аналогичной обработке льносоломы физико-химические процессы совмещают с механическими воздействиями, что ускоряет получение тресты.

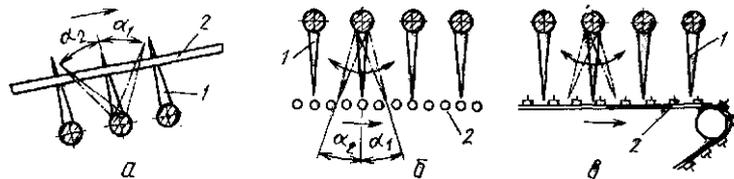


Рис. VIII.8. Схема трясения отходов трепания на машине:

a — с нижними качающимися гребнями и верхней неподвижной решеткой; *b* — с верхними катающимися гребнями и нижней неподвижной решеткой; *c* — с верхними катающимися гребнями и нижней подвижной игольчатой решеткой

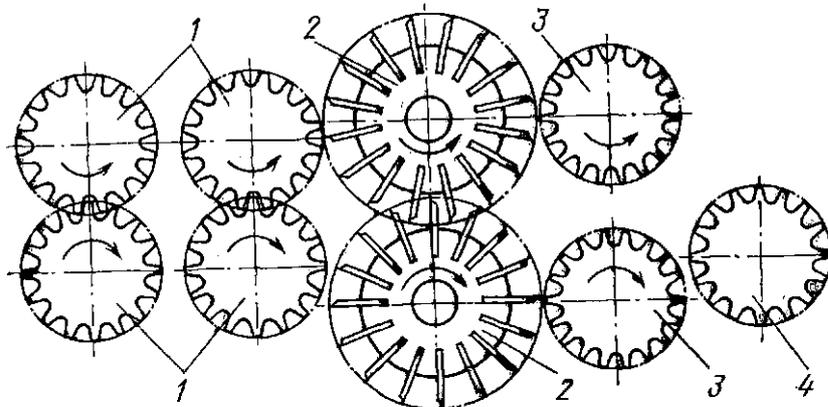


Рис. VIII.9. Рабочие органы для мятья и трепания короткого волокна

Получение короткого волокна (куделеприготовление). Оно складывается из следующих процессов: 1) обогащение отходов на трясиальной машине для удаления значительной части насывной костры; 2) подсушка обогащенных отходов; 3) мятье, трепание и трясение подсушенных отходов и 4) сортировка и прессование выделенного волокна.

Трясение осуществляют на машинах с нижними и верхними качающимися гребнями *1* (рис. VIII.8), которые встряхивают отходы, а выделяемая при этом костра проваливается через решетку *2*. Движение продукта вдоль машины с неподвижной решеткой происходит при условии, что $\alpha_1 > \alpha_2$. Костра лучше удаляется при более тонком слое отходов.

Мятье, трепание и трясение (вторичное) осуществляются последовательно на куделеприготовительной машине. Для мятья используют несколько мяльных пар, а затем питающих вальцов 1 (рис. VIII.9), а для трепания — два барабана 2 с бильными планками. Отбойные барабаны 3 сбивают волокна с трепальных барабанов, предохраняя их от заматывания волокном. Приемные вальцы 4 передают продукт на трясильную часть машины.

Из костры, получаемой на мяльных, трясильных и куделеприготовительных машинах, отделяют на волокноотделительной машине короткое непрядомое волокно. Его используют как паклю для теплоизоляции и в бумажной промышленности.

Сортировка и прессование короткого волокна начинается с разделения волокна на сорта в соответствии с техническими условиями. Рассортированное волокно после доувлажнения или отлеживания на складе прессуют в кипы по 60 кг.

Получение длинного, короткого и однотипного луба. При механическом разрушении стеблей льносоломы для разделения луба (коры) и древесины (костры) используют процессы плющения, мятья и трепания. При этом необходимо максимально сохранять природную прочность луба, так как поврежденный и ослабленный луб не пригоден к дальнейшей переработке. В то же время солома в отличие от тресты менее податлива к выделению древесины, а механические воздействия для разрушения структуры стебля осуществляются через наружный коровой слой стебля, который необходимо максимально предохранять от повреждений.

Основную массу льняного луба льнозаводы выпускают в виде длинного и короткого луба. Кроме того, новой разновидностью льняного сырья является однотипное льняное волокно [8]. При его получении весь волокнистый материал из стеблей выделяется в виде непрерывной ленты без разделения на длинное и короткое волокно. Ленту на прядильных фабриках перерабатывают в ровницу, которую затем подвергают обработке в растворах химикатов для получения более тонких комплексов элементарных волокон.

Классификация трепаного льна, короткого волокна и льняного луба [5]. При их оценке используют номерную систему, при которой номер сырья пропорционален выходу и наивысшему номеру пряжи стандартного качества, получаемой из данного сырья. Чем лучше сырье, тем выше его номер.

Трепанный лен (ГОСТ 10330—76) подразделяют на девять номеров: 24, 22, 20, 18, 16, 14, 12, 10 и 8. Для каждого номера нормируется содержание недоработки (волокна со скрепленной древесиной), костры и сорных примесей тем меньше, чем выше номер. Волокно принимают по кондиционной массе, подсчитываемой по формулам (VI.14) и (VII.1), при нормированной влажности 12 % для волокна всех номеров и нормированном содержании костры и сорных примесей.

Качество льна оценивают органолептически, сравнивая со стандартными образцами, а при разногласиях в оценке проводят на машине контрольный прочес и окончательно оценивают трепаный лен по качеству и выходу полученных образцов чесаного льна и очеса.

Короткое льняное волокно в зависимости от разрывной нагрузки скрученной из волокон ленточки, содержания костры и сорных примесей подразделяют на пять номеров: 8, 6, 4, 3 и 2 (ГОСТ 9394—76). Чем лучше волокно, тем выше его номер. Качество волокна оценивают вначале органолептически, сравнивая со стандартными образцами. При разногласиях в оценке окончательно номер волокна определяют по данным лабораторного анализа. Так же, как и трепаный лен, короткое волокно принимают по кондиционной массе, определяемой по формулам (VI.14) и (VII.1).

Льняной луб длинный трепаный в зависимости от номера и выхода получаемого луба чесаного и очесов подразделяют по ТУ 41-41—77 на номера 14, 12, 10, 8 и 6, а короткий луб — на номера 8, 6, 4, 3 и 2 в зависимости от длины и разрывной нагрузки скрученной ленточки. Для длинного и короткого луба каждого номера нормируется допустимое и предельное содержание костры. При визуальной оценке номера луба используют стандартные образцы.

Использование длинного, короткого волокна, луба и костры

Трепаный лен на прядильной фабрике вначале подвергают гребнечесанию для отделения его на более длинное волокно — чесаный лен и более короткое — очесы. При гребнечесании одновременно происходит дальнейшее дробление технических волокон на более тонкие комплексы и очистка их от костры и остатков коровой ткани стебля.

Из чесаного льна вырабатывается более тонкая, лучшая по качеству льняная пряжа, а из очеса, короткого волокна и луба — более грубая очесовая пряжа. Однотипную лубяную ленту на прядильных фабриках перерабатывают в ровницу, которую перед прядением обрабатывают растворами химикатов. Полученную пряжу используют аналогично льняной и очесовой.

Из льняной пряжи вырабатывают бельевые полотна, простыни, полотенца, столовое белье, летние костюмные ткани, брезенты, парусины, пожарные рукава, шнуры, обувные нитки и другие изделия. Из очесовой пряжи получают более грубые ткани — мешочные, холсты, полотна и другие, а также брезенты и парусины менее ответственного назначения. Перечисленный ассортимент вырабатывают также из смеси льна и синтетических волокон.

Получаемую костру используют на заводах первичной обработки как топливо. Из костры также изготавливают плиты, используемые для перегородок, настила под паркет, в мебельном производстве и других целях.

2. РАМИ

Рами — волокно стеблей многолетнего субтропического травянистого растения из семейства крапивных. Рами культивируют в КНР, Японии, Индии и других странах.

Волокнистый слой сдирают со стеблей в виде луба. Процесс отделения луба от древесины стеблей без их предварительной обработки иногда пазывают декортацией. Ей лучше всего подвергаются зеленые (невысушенные) стебли рами. Далее луб подвергают механической очистке от покровных тканей и обесклеиванию (дегомации) в горячих химических растворах. В зависимости от режима дегомации получают волокно двух типов: почти полностью расщепленные волокна с высоким содержанием целлюлозы, пригодные для получения более тонкой пряжи, и более грубое и длинное техническое волокно, пригодное для переработки на льнопрядильном оборудовании, с высоким содержанием гемицеллюлоз.

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

3. ГРУБОСТЕБЕЛЬНЫЕ ВОЛОКНА

Все грубостебельные волокна, за исключением пеньки, имеют одинаковые наименования с растениями, из которых их получают. Пенькой называют волокно, извлекаемое из стеблей конопли.

Элементы агротехники конопли, кенафа и джута [4]

Конопля — однолетнее растение из семейства конопляных, подразделяется на среднерусскую и южную. В Советском Союзе среднерусскую коноплю за последние годы заменяют южной коноплей, которая дает более высокие урожаи. Ее вегетационный период длится 140—160 дней, высота растений 2—4 м.

Коноплю выращивают в СССР, Венгрии, Румынии, Польше, Болгарии, Турции, Индии, Пакистане и других странах.

В нашей стране сбор конопли в пересчете на волокно в 1981 г. составил 23800 т [9].

Коноплю возделывают на хорошо удобренных почвах, используя глубокую зяблевую вспашку и предпосевную культивацию с внесением удобрений. Уход за посевами заключается в уничтожении сорняков и вредителей. Конопля двудомное (раздельно-полое) растение. Стебли мужских (тычиночных) растений (поскони) тоньше, но выход волокна из них больше. Вегетационный период матерки на 30—35 дней дольше, чем поскони. К селекционным сортам двудомной конопли относятся ЮС-6 (основной), ЮС-9, Южная Черкесская и др. В последнее время получила

распространение однодомная конопля сорта ЮСО-1, ЮСО-14, ЮСО-16 и др.

Стебли покосни и матерки срезают обычно вместе жатками или комбайнами в период созревания семян в средней части соцветия. На комбайнах также отделяют семенные головки и выделяют из них семена.

Урожай волокна конопля составляет в южной полосе 12—15 ц/га; выход волокна из соломы соответственно равен 13—15 %.

Кенаф — однолетнее, влаго- и теплолюбивое растение из семейства мальвовых. В нашей стране кенаф культивируют в основном в Узбекской ССР. Его выращивают в Индии, Иране, Индокитае, Египте, Бразилии, Китае и других странах. Особенно пригодны для посевов наносные почвы речных долин.

Основные элементы агротехники следующие: вспашка, посев протравленными семенами, рыхление почвы в междурядьях, удаление сорняков и поливы. Для посевов используют селекционные сорта Узбекский, 1574 и 1503, дающие урожай волокна до 25—40 ц/га. Стебли кенафа достигают высоты 3—4 м и содержат 16—20 % волокна.

Уборку кенафа для получения волокна проводят в период массового образования семенных коробочек. Она включает следующие операции: срезку стеблей, получение луба из свежесрезанных стеблей, сушку луба в поле и транспортировку на завод первичной обработки. Все операции, кроме выделения луба, иногда производят вручную.

На семенных посевах кенафа после срезки стеблей и естественной сушки снопов в поле семенные головки обмолачивают и передают стебли на завод первичной обработки. Производство волокна кенафа в 1973 г. составило 36,4 тыс. т.

Джут — тропическое растение из семейства липовых. В Бангладеш, Пакистане и Индии, где сосредоточено около 90 % его мирового производства, выращивают джут длинноплодный и круглоплодный. Джут возделывают также в Китае, Бразилии, Иране и других странах. В СССР джут в настоящее время не сеют [8]. По свойствам джут близок к волокну кенафа.

Джут теплолюбивая и влаголюбивая культура. Его стебли высотой 1,5—4 м срезают при массовом плодообразовании нижних коробочек. Запаздывание с уборкой стеблей приводит к снижению урожайности, затрудняет первичную обработку и ухудшает качество волокна. Первичная обработка джута аналогична обработке кенафа, но сложнее.

Стебель, луб и волокно [2]

Поперечный срез стебля грубоволокнистых растений показан на рис. VIII.10. Снаружи стебля расположена состоящая из кутикулы и кожицы покровная ткань 1. Под ней за-

легают колленхима 2, придающая стеблю прочность, и рыхлая ткань — паренхима 3, связывающая в одно целое все ткани стебля. Среди клеток паренхимы располагаются несколькими прерывистыми кольцами пучки первичных лубяных волокон 4 и вторичных волокон 5, образуемых камбием 6. Первичное волокно бывает более прочное, хрупкое и грубое по сравнению со вторичным, которое является более гибким и тонким.

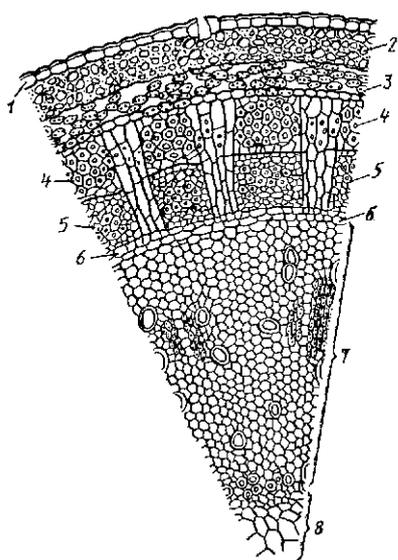


Рис. VIII.10. Поперечный срез стебля грубоволокнистых растений

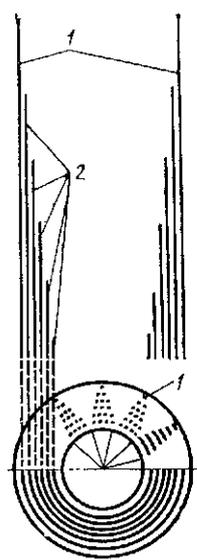


Рис. VIII.11. Схема расположения первичных (1) и вторичных (2) волокон в стебле

Ткани 1, 2 и 3 вместе с пучками волокон 4 и 5 составляют кору, называемую лубом. Кора отделена тонким слоем камбия 6 от древесины 7, клетки которой очень хрупкие. В центральной части стебля расположена рыхлая сердцевина 8. При росте стебля ее клетки постепенно отмирают, вследствие чего стебель иногда бывает внутри полый.

У конопли обычно развит один кольцевой слой вторичных волокон, а у кенафа и джута число слоев достигает в комлевой, наиболее старой, части стебля, семи-восьми и постепенно уменьшается вверх по стеблю (рис. VIII.11). Волокна в слое по мере приближения к центру стебля более тонкие, менее одревесневшие и с большим каналом.

При выделении волокнистых слоев, соединенных у вторичных волокон между собой ответвлениями пучков в радиальном на-

правлении, они частично расщепляются и превращаются в техническое волокно, имеющее структуру, аналогичную структуре волокнистого льна (см. рис. VIII.5). В самой нижней части стебля первичные и вторичные волокна сильно сплетаются между собой анастомозами, образуя не поддающуюся разделению на технические волокна «лапу». Поэтому нижнюю часть стебля при уборке срезают. У конопли лучшее по качеству бывает первич-

Т а б л. VIII.1. Геометрические свойства лубяных волокон

Волокно	Элементарное волокно		Техническое волокно	
	Длина, мм	Толщина, мкм	Длина, см	Линейная плотность, текс
Лен	10—25	12—20	40—125	1,5—10
Пенька	10—14	14—17	50—250	7,7—40
Кенаф	2—5	16—30	120—300	4—6,7
Джут	3—4	15—20	120—300	2,2—5
Рами	50—65	30—35	60—160	0,6—0,7

ное волокно, а у кенафа и джута — вторичное. У конопли вторичное волокно представляет собой запутанную сетку из коротких элементарных волокон и при трепании выпадает в отходы.

В табл. VIII.1 для сравнения приведены показатели геометрических свойств тонких и грубых стеблевых волокон. Эти данные являются ориентировочными и зависят от селекционных сортов растений и режима первичной обработки.

В Советском Союзе волокна льна, пеньки и кенафа составляют основную часть сырья, поступающего на льняные и пенькоджутовые предприятия страны. Из импортных лубяных волокон регулярно перерабатывается длинное волокно джута.

Основные сведения о первичной обработке конопли и кенафа [7, 8]

Существуют следующие способы выделения волокна из тресты или стеблей: 1) обработка сухой тресты, 2) обработка мокрой тресты, 3) обработка сухих стеблей и 4) обработка зеленых стеблей.

Стебли конопли, где лубяные пучки волокон склеены, так же как у льна, пектиновыми веществами, обрабатывать в мокром виде нельзя, поскольку пучки слабо связаны и расползаются. Наоборот, стебли кенафа и джута обрабатывают только в мокром виде, поскольку в них лубяные пучки склеены лигнином, не изменяющимся под действием воды. При обработке же сухих стеблей кенафа и джута вместе с древесиной разрушается и волокно.

Обработка сухой тресты. Из сухих стеблей конопли путем мочки или пропаривания, или варки в растворах, содержащих

химические реагенты, а также последующей сушки получают сухую тресту. При этом связь между волокнистым слоем, паренхимой и древесиной ослабляется, что облегчает дальнейшее выделение волокна. Высушенную тресту подвергают мятью и трепанию аналогично льну, но на более мощных машинах. В итоге получают длинное трепаное волокно пеньки и отходы. Из последних путем трясения, мятья, трепания и вторичного трясения выделяют короткое волокно. Пеньковое длинное и короткое волокно сортируют, пакуют и отправляют на прядильные фабрики.

Обработка мокрой тресты. Тресту, полученную после мочки стеблей кенафа и джута, обрабатывают на трепальных машинах без предварительной сушки, в результате чего происходит излом древесины и очистка от нее волокна, которое одновременно промывают для удаления слизистых остатков покровных и паренхимных тканей. Длинное волокно отжимают, сушат и пропускают через мягчительную машину с мяльными рифлеными вальцами (см. рис. VIII.6). Мокрые отходы трепания после сушки, трясения, мятья и трепания дают короткое волокно, которое после сортировки и отлеживания прессуют в кипы.

Обработка сухих стеблей. Отделение луба от древесины стеблей происходит при более интенсивных воздействиях мятья и трепания, чем при переработке тресты.

Луб семенных стеблей кенафа после мочки или химической обработки поступает на однопроцессную трепально-промывную машину, где волокно освобождается от слизистых остатков покровных и паренхимных тканей. Длинное мокрое волокно отжимают, высушивают, мягчат, а затем рассортировывают и после отлеживания прессуют в кипы.

Отходы трепания после сушки перерабатывают на куделеприготовительной машине (см. с. 104), полученное короткое волокно сортируют, а после отлеживания прессуют в кипы.

Обработка зеленых стеблей. Этот способ обработки свежесрезанных зеленых стеблей в Советском Союзе применяют для кенафа. Луб выделяют на передвижных мяльно-трепальных машинах и сушат в поле. Луб на заводе подвергают биологической или химической обработке, трепанию и промывке. Полученное длинное волокно сушат, мягчат, сортируют и прессуют в кипы. Из отходов трепания, как и в предыдущем способе, получают короткое волокно и костру.

Для отделения луба транспортер 2 (рис. VIII.12) подает зеленые стебли кенафа 1 к плющильным вальцам 3, которые расплющивают стебли и ослабляют связь луба с древесиной. Питающие вальцы 4 вводят стебли в зону изламывания между бруском 5 и барабаном 6. Его била дробят древесину и частично удаляют ее. Луб окончательно очищается от костры в зоне трепания между билами барабанов 6 и 7. Транспортер 9 выводит очищенный луб 8 из машины [10].

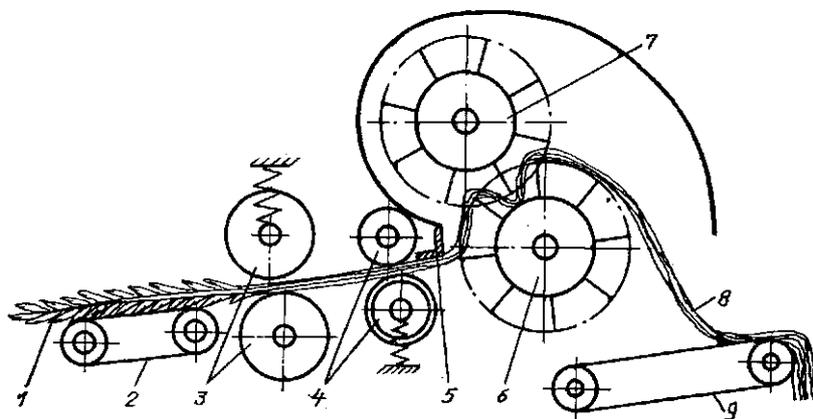


Рис. VIII.12. Технологическая схема лубоотделителя ЛЮ-1

Зеленый луб быстро сохнет, что препятствует его поражению грибами. Поскольку зеленые стебли убирают раньше созревания семян, то получают волокно более высокого качества.

Использование грубостебельных волокон

Значительную часть длинного волокна пеньки перерабатывают в канаты и другие крученые изделия. Из кенафа и джута вырабатывают в основном мешочные и тарные ткани. Из короткого волокна пеньки и кенафа вырабатывают более толстую пряжу, используемую в шпагатно-веревочном производстве и для выработки упаковочных тканей и мешков. Из непрядогом короткого волокна пеньки, кенафа и льна изготавливают смоляную паклю в виде ленты, используемую в строительстве и судостроении. Костру из стеблей конопли и кенафа используют так же как и льняную (см. с. 107).

4. ЖЕСТКИЕ ЛИСТОВЫЕ ВОЛОКНА

Из листовых волокон наибольшую долю в мировом производстве составляют сизаль и манила.

Сизаль — волокно, получаемое из листьев многолетнего тропического растения агавы. Она произрастает в Индии, Индонезии, странах Африки, Центральной и Южной Америки и др. Волокно из агавы одного вида, произрастающей в Мексике, известно под наименованием генекен.

Волокно выделяют из листьев агавы вручную и машинами. Длина технического волокна 70—130 см, а элементарного — 2—4 мм при поперечном сечении 20—30 мкм. 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. Техническое волокно имеет длину 1—5 м, а элементарное — 2—12 мм при поперечном сечении 10—45 мкм.

Из сизали и манилы в основном изготавливают гнилостойкие морские канаты, а также другие крученые изделия.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. VIII

1. Кукин Г. Н., Соловьев А. Н. Текстильное материаловедение. Ч. 1. М., 1961.
2. Борухсон Б. В. и др. Товароведение лубяных волокон/Борухсон Б. В., Городов В. В., Скворцов А. Г. М., 1974.
3. Соловьев А. Я. Льноводство. М., 1973.
4. Чамов Ю. С. Лубяные культуры. М., 1973.
5. Справочник по прядению льна/Фридман Б. Н., Лазарева С. Е., Гинзбург Л. Н., Шевелева И. С., Морев В. С. и др. Под ред. Тарасова С. В. М., 1979.
6. Ордина Н. А. Структура лубоволокнистых растений и ее изменение в процессе переработки. М., 1978.
7. Первичная обработка лубяных волокон/Марков В. В., Суслов Н. Н., Трифонов Б. Г., Ипатов А. М. М., 1974.
8. Марков В. В. Первичная обработка льна и других лубяных культур. М., 1981.
9. Статистический ежегодник стран — членов Совета Экономической Взаимопомощи. М., 1982.
10. Тукубаев Т. В., Ачилдиев Ш. Особенности эксплуатации машины ЛО-1. — Лен и конопля, 1978, № 7, с. 30.

ГЛАВА IX. ШЕРСТЬ

Шерстью называют волокна волосяного покрова овец, коз, верблюдов, и других животных. Шерсть, состригаемая, счесываемая или собираемая с животных при линьке, называется *натуральной*, снимаемая со шкур — *заводской* или *шубной*, а получаемая разделением на волокна шерстяного лоскута и тряпья — *восстановленной*; последнюю иногда неправильно называют искусственной.

В нашей стране основную массу натуральной шерсти получают с овец (97—98 %), немного с коз (до 2 %), верблюдов (менее 1 %), а также кроликов и других животных. В целом на долю натуральной шерсти приходится около 97 %, а восстановленной — 2—3 %.

Примерно 1/3 мирового производства шерсти дает Австралия. На втором месте находится Советский Союз, далее Новая Зеландия и Аргентина. Доля этих четырех стран в общем производстве шерсти составляет около 75 %.

В СССР в общем производстве шерсти 452 тыс. т за 1982 год доля, %, отдельных республик составляла: РСФСР—48,1, Казахской ССР—22,8, Киргизской ССР—7,6, Украинской ССР—5,9, Узбекской ССР—5,4, Туркменской ССР—3, Азербайджанской ССР—2,5 и остальных — 4,7 [1].

1. РАЗВИТИЕ ВОЛОКОН ШЕРСТИ

Растущее на животном отдельное волокно обычно называют волосом. Однако в шерстяной промышленности волосом называют лишь снятые с животного особо грубые шерстяные волокна (например, конский и коровий волос, а также мертвый и сухой волос в овечьей шерсти).

Волосаянь покров на коже животного начинает развиваться в эмбриональный период. Зачаток волоса образуется в небольшом углублении из клеток кожи. Участок кожи, сросшийся с волосом, называется волосяньм сосочком 1 (рис. IX.1), а нижняя часть волоса, окружающая сосочек, — волосяньм луковицей 2. Клетки луковицы питаются через сосочек и по мере их роста образуют растущее волокно. Его часть, находящаяся в коже, называют корнем 3, а часть над поверхностью кожи — стержнем 4.

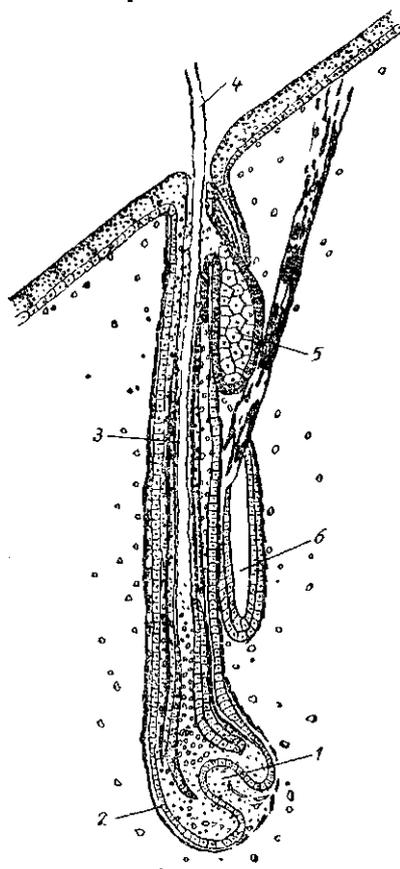


Рис. IX.1. Схема расположения волоса в коже животного

Корень волоса расположен в особом мешочке — волосяньм фолликуле. Количество волос на 1 см² кожи у овец разных пород бывает от 1600 до 12000 [2]. У тонкорунных оно больше, чем у грубошерстных.

Сальные железы 5 выделяют жир, смазывающий волос и предохраняющий его от атмосферных и других воздействий. На поверхности кожи располагаются выводные протоки потовых желез 6. Пот, смешиваясь с жиром, образует жиропот, покрывающий волокна обычно тонким и равномерным слоем. Исключение составляет тонкая жиропотная шерсть, на которой жиропот образует сгустки. Более жиропотная тонкая шерсть больше загрязнена, так как к ней легко пристають пыль, песок и другие примеси. При большом количестве жиропота руно утяжеляется, выход мытой шерсти из грязной уменьшается, а расход материалов для промывки шерсти увеличивается. Однако жиропот предохраняет волокна от смачивания водой, действия влажного воздуха и аммиака,

выделяющегося из навоза. Жиропот склеивает волокна в пучки — штапеля. Шерсть, плохо защищенная жиропотом, делается сухой на ощупь, теряет свой нормальный цвет.

В период линьки прекращается питание волоса, и его луковица отмирает. После возобновления питания на старом же сосочке начинают нарастать новые луковица и волос, который затем выталкивает из кожи старый волос. Этот процесс и называется линькой. Весенняя естественная линька волосяного покрова свойственна диким животным, крупному рогатому скоту, лошадям, козам большинства пород и грубошерстным овцам. Тонкорунные и полугрубошерстные овцы не имеют сезонных линек в течение года и линяют только вследствие недокорма и болезней.

2. ОВЕЧЬЯ ШЕРСТЬ

Овечью шерсть подразделяют на однородную, содержащую преимущественно волокна одного вида (пух или переходное волокно), и на неоднородную — из волокон разных видов (пуха, переходного волокна, ости и мертвого волоса). Волокна пуха имеют круглое поперечное сечение и состоят из двух основных слоев: наружного — чешуйчатого и внутреннего — коркового. У отдельных переходных волокон в отличие от пуховых в середине есть прерывистый, рыхлый сердцевинный слой, который у ости и мертвого волоса имеется по всей длине волокон. Этот слой у мертвого волоса сильно развит и занимает большую часть поперечного сечения, которое у ости и мертвого волоса имеет неправильную овальную форму [3].

В зависимости от толщины волокон и однородности 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 (мериносовых и прекосовых пород, казахской и др.) или с овец некоторых помесных (кроссбредных) пород, выведенных после длительного скрещивания тонкорунных и грубошерстных овец.

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 помесных, цыгайских, горьковских, куйбышевских, грузинских, дагестанских, английских и других пород овец.

Полугрубая шерсть бывает однородной и неоднородной и состоит из пуха переходного волокна и небольшого количества ости. Эту шерсть получают от породных и помесных полугрубошерстных овец (балбасской, алайской, таджикской, сарджанской и других пород). Средний поперечный размер однородной шерсти 31—40 мкм, а неоднородной — 24—34 мкм, но при значительно большей неравномерности 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 превышает 34—40 мкм при резко выраженной неравномерности. К грубой шерсти относятся и некоторые разновидности кроссбредной однородной шерсти.

В 1975 г. было заготовлено в Советском Союзе 63 % тонкой, 12 % полутонкой, 7 % полугрубой и 18 % грубой шерсти [4].

Овцеводство. Основные районы овцеводства в нашей стране сосредоточены в РСФСР — на Северном Кавказе, в Западной Сибири и Поволжье, а также в Казахской, Киргизской, Украинской и Узбекской ССР. К 1983 г. из 142,2 млн. голов овец на долю, %, отдельных республик ориентировочно приходилось: РСФСР — 44, Казахская ССР — 24, Киргизская ССР — 7, УССР — 6, Узбекская ССР — 6, Азербайджанская ССР — 4, Туркменская ССР — 3 и на остальные республики — 6 [1].

За рубежом овцеводство наиболее развито в Австралии, Новой Зеландии, Аргентине, Китае, Индии и других странах. Австралия занимает первое место по поголовью овец, из которых основную долю составляют мериносы, а остальную — кроссбредные (помесные) породы овец.

В животноводческих хозяйствах нашей страны для развития овцеводства проводится большая племенная работа. Оценка овец по происхождению, живой массе и продуктивности (количеству и качеству получаемой шерсти) называется боштитировкой. По ее данным овец распределяют на группы, а затем определяют их использование.

При чистопородном разведении баран и матка бывают одной породы, а при скрещивании (метизации) используют овец различных пород. Скрещивание позволяет изменить породу овец в нужном направлении. Для этого подбирают породу, улучшающую другую, применительно к конкретным условиям содержания, кормления и климата.

Правильное развитие и размещение овцеводства предусматривается планом породного районирования овец. В нем определяется специализация республик, краев и областей по направлениям овцеводства, а также увеличение поголовья овец высокопродуктивных пород и увеличение производства шерсти, в первую очередь тонкой и полутонкой.

Основным кормом для овец являются травы естественных и посевных пастбищ, а в зимний (стойловый) период — сено, солома, мякина, протеины, концентрированные корма (жмыхи, отруби, овес, ячмень, кукуруза и др.), а также минеральные добавки — соль, сернокислый натрий, мел, костяная мука и др. При недокорме овец, так же как и при болезни, ухудшается питание волосяных луковиц, что приводит к уменьшению поперечного сечения волокон и образованию так называемой голодной тонины или перехвата (переследа).

Отгонное кормление овец развито в горных районах Кавказа, Казахстана и Средней Азии. Летом овец содержат на богатых травами высокогорных пастбищах. Зимой, когда в горах выпадает глубокий снег, овец перегоняют в степные районы, далеко удаленные от летних пастбищ. Снежный покров там неглубокий или его совсем нет. Весной овец перегоняют на предгорные пастбища, а затем летом — на горные. Иногда перегон овец заменяют перевозками на автомашинах, что способствует лучшей сохранности стада.

Стрижка овец. Овец тонкорунных, полутонкорунных и помесных пород с однородной шерстью стригут 1 раз в год — весной, а грубошерстных и помесных овец с неоднородной шерстью стригут обычно 2 раза в год — весной и осенью. Перед стрижкой овец иногда перегоняют через реку, а для очистки желудочно-кишечного тракта выдерживают 10—12 ч без воды и не кормят 12—24 ч. Овец стригут в основном электромашинками, так как ручная стрижка в 2—4 раза менее производительна.

При весенней стрижке шерстный покров снимается целиком и называется руном. При осенней стрижке шерсть получается в виде отдельных клочков. Руно тонкорунных овец состоит из пучков (штапелей) пуховых волокон, соединенных липким жиропотом. Штапель имеет примерно одинаковую толщину от основания до вершины. Руно грубошерстных овец состоит из сужающихся к вершине косиц, в которых есть более короткие пуховые и более длинные остевые волокна. Отдельные косицы соединены в руно жиропотом и наклонными волокнами, переходящими из одной косицы в другую.

Весенняя рунная шерсть составляет основную массу овечьей шерсти. В ней содержится больше пуховых волокон, но и больше загрязнений, чем в шерсти осенней стрижки. Весенний настриг шерсти примерно в 2 раза больше осеннего. Средний настриг шерсти в год составляет с тонкорунной мериносовой овцы 6—14 кг, а с грубошерстной — 1—4 кг. Шерсть, состриженная с ягнят впервые, называется поярковой.

Для снятия шерсти с овец без стрижки в Австралии использовались гормональные препараты, а в США — различные химические средства. В нашей стране также работают над проблемой «биострижки», которая считается перспективной [5].

Классировка и упаковка невытой шерсти. После взвешивания каждого руна от него отделяют шерсть низших сортов (отклассировки), подразделяемую на: обор (клок) — мелкие загрязненные клочки и шерсть с хвоста, лба и щек; обножку — шерсть с нижних частей ног и кизячную (кдюнкер) — сильно испачканные клочки с задних частей руна. Кусковую шерсть — незагрязненные куски массой менее 100—150 г — сдают отдельно от рунной.

Немытую шерсть классифицируют по заготовительным стандартам. При этом руна классифицируют, т. е. оценивают в целом их качество, без разделения на части.

Немытая тонкая овечья шерсть (ГОСТ 7763—71) подразделяется на мериносовую и немериносовую, а также рунную, кусковую и низших сортов. Немериносовую рунную и кусковую шерсть подразделяют по цвету на белую, светло-серую и цветную.

Рунную мериносовую шерсть в зависимости от длины и толщины (поперечного сечения) волокон основной массы (не менее 65 %) руна подразделяют на классы и подклассы в соответствии с требованиями табл. IX.1.

Т а б л. IX.1. Классификация рунной мериносовой шерсти

Класс	Подкласс	Тонкая шерсть		Полутонкая шерсть	
		Длина, мм, не менее	Толщина, мкм	Длина, мм, не менее	Толщина, мкм
Высший	—	70	20,6—23,0	—	—
I	1	65	20,6—23,0	70	25,1—29,0
I	2	65	20,6—25,0	—	—
II	1	55	20,6—23,0	40—70	25,1—29,0
II	2	55	20,6—25,0	—	—
III	—	40	23,1—25,0	40	29,1—31,0

Для тонкой шерсти I, II и III классов на шейной части руна и ляжка допускается шерсть с толщиной волокон 25,1—27 мкм. За длину шерсти принимают длину расправленного, но не растянутого штапеля. Шерсть длиной менее 40 мм считают укороченной и принимают без подразделения по толщине и состоянию.

Рунную тонкую мериносовую и немериносовую шерсть в пределах каждого класса и подкласса в зависимости от состояния (характера и степени засоренности, потери прочности и натурального цвета, утонения — переследа) де-

дят на нормальную, сорно-репейную (1-й и 2-й групп), дефектную (1-й и 2-й групп) и сорно-репейно-дефектную. В сорно-репейной шерсти 1-й группы допускается содержание легко отделимого растительного сора 10—30 % и не более 15 % трудно отделимого сора. При превышении норм содержания сора для 1-й группы шерсть относят ко 2-й группе. Дефектная шерсть 1-й группы имеет переслед (утонение) у основания или на конце штапеля, а 2-й группы — переслед посередине или у основания и одновременно на конце штапеля. Шерсть, потерявшую натуральный цвет и прочность, также относят ко 2-й группе.

Кусковую шерсть принимают отдельно от рунной без подразделения по классам и состоянию. Шерсть низших сортов подразделяют на обор, обножку, кизячную и упаковывают раздельно. По цвету, классам и состоянию шерсть низших сортов не разделяют.

Немытая полутонкая шерсть (ГОСТ 7937—74) подразделяется на рунную, укороченную, кусковую и отклассировки (оборот, обножка и клюнкер). Рунную шерсть делят по толщине и длине на классы — I, II и III (см. табл. IX.1); по состоянию — на нормальную, сорно-репейную (1-й и 2-й группы), дефектную (1-й и 2-й группы) и сорно-репейно-дефектную; по цвету — на белую, светло-серую и цветную. Укороченную и кусковую шерсть подразделяют только по цвету, а отклассировки — только на обор, обножку и клюнкер.

Немытая полугрубая неоднородная шерсть (ГОСТ 19779—74) подразделяется в зависимости от времени стрижки и возраста овец на весеннюю, осеннюю и поярковою. Всю шерсть делят по наименованиям пород овец (балабаская, таджикская, полугрубая помесная и др.). Весеннюю шерсть всех наименований подразделяют на рунную, кусковую и отклассировки (клок и клюнкер).

Рунную весеннюю шерсть делят по толщине и длине на I и II классы; по состоянию — на нормальную, сорно-репейную (1-й и 2-й группы), дефектную (1-й и 2-й группы) и сорно-репейно-дефектную; по цвету — на белую, светло-серую и цветную. Кусковую весеннюю шерсть по классам и состоянию не подразделяют, а по цвету делят на белую и светло-серую вместе, а также цветную. Отклассировки по классам, состоянию и цвету не подразделяют.

Шерсть осенней стрижки и поярковою подразделяют по состоянию на нормальную и сорно-репейную, а по цвету — на белую, светло-серую и цветную.

Немытая грубая шерсть (ГОСТ 7939—79) подразделяется на весеннюю, осеннюю и поярковою.

Весенняя шерсть подразделяется по наименованиям пород овец, а также на рунную, свалок, кусковую и отклассировки (клок и кизячная). В зависимости от содержания волокон пуха, ости и мертвого волоса рунную шерсть делят на классы — I, II и III. По состоянию ее делят на нормальную, сорно-репейную (1-й и 2-й группы) и дефектную, а по цвету — на белую, светло-серую и цветную. Свалок и кусковую шерсть подразделяют по породным наименованиям, а также по цвету — на белую и светло-серую вместе и отдельно цветную. Отклассировки (клок и клюнкер) по наименованиям, классам, состоянию и цвету не подразделяют.

Шерсть осенней стрижки и поярковою делится по породным наименованиям, по состоянию — на нормальную и сорно-репейную (1-й или 2-й группы), по цвету — на белую вместе со светло-серой и цветную. На классы эта шерсть не подразделяется.

Имеются и другие классификации шерсти [5].

В кипы одной партии невыттой шерсти пакуют руна овец одного вида, одного цвета, состояния и класса. Масса кипы запрессованной шерсти 70—170 кг.

3. ШЕРСТЬ ПРОЧИХ ВИДОВ

Козья шерсть. Для получения шерсти коз разводят в СССР, МНР, КНР, Турции и других странах. В Советском Союзе к 1983 г. было около 6,3 млн. голов коз. Из них в РСФСР — 49,2 %, Казахской ССР — 12,7 %, Таджикской и Узбекской ССР — по 11,1 %, в Киргизской ССР — 4,8 %, Украинской, Азербайджанской и Туркменской ССР — примерно по 3 % [1].

Однородная полугрубая шерсть состригается с коз советской (ангорской)

породы. В промышленности эта шерсть известна под разными наименованиями — ангорская, могер или тифтик. Средний годовой настриг шерсти 3—5 кг.

Козий пух получается вычесыванием с коз оренбургских, придонских, горно-алтайских и других пород или их помесей. Его подразделяют по породному признаку, цвету, состоянию и виду чесания. Годовой сбор пуха с козы 0,2—1 кг.

Неоднородную полугрубую шерсть состригают с ангоро-грубошерстных и придонских помесных коз, а грубую шерсть — с грубошерстных коз различных пород. Годовой настриг неоднородной шерсти 0,5—2 кг.

Немытая козья шерсть (ГОСТ 2259—78) классифицируется по шести наименованиям. Ее делят на однородную (1-й или 2-й группы); неоднородную полугрубую с помесей шерстных коз или с пуховых коз и их помесей; неоднородную грубую полупуховую или остевую. По состоянию шерсть делят на нормальную и сорную, а по цвету — на белую, светло-серую и цветную.

Немытый козий пух (ГОСТ 2260—78) подразделяют по наименованиям на оренбургский, пуховый и ангоро-грубошерстный и на классы 1 (пух 1-й чески), 2 (пух 2-й чески) и 3 (состриженный пух). По состоянию различают нормальный и сорный пух, а по цвету — белый, темно-серый, темно-коричневый, светло-серый и смешанный.

Верблюжья шерсть. В Советском Союзе верблюдов разводят преимущественно в Узбекской, Казахской и Туркменской ССР, а за рубежом — в Монголии, Китае, странах Северной Африки, Центральной Азии и Южной Америки.

В нашей стране верблюжью шерсть снимают во время линьки или состригают и подразделяют на классы I, II, III (грива) и свалок (ГОСТ 5108—77), а по состоянию — на нормальную (сора $\leq 3\%$) и сорно-репейную (сора $> 3\%$). Шерсть свалок (войлокообразные куски) по состоянию не разделяют. Шерсть с молодых верблюдов (тайлак) и с неработающих (гулевая) состоит в основном из пуха. Шерсть с работающих взрослых верблюдов неоднородная и грубая, имеет свалки и более засорена. На шее, предплечьях и верхней части горба шерсть очень грубая и длинная; ее называют грива. Годовой сбор шерсти с одногорбого верблюда 2—3 кг, а с двухгорбого — 5—6 кг.

К семейству верблюдов относятся также лама, гуанако и альпака. В Советском Союзе их не разводят. Шерсть ламы и гуанако довольно грубая; шерсть альпака — мягкая, блестящая.

Шерсть линька крупного рогатого скота и лошадей. Ее собирают при чистке, а также вычесывают и подразделяют (ГОСТ 13612—77) на коровью (с коров, быков и волов) и конскую (с лошадей, мулов, ишаков, ослов), а по состоянию — на нормальную и сорную. Шерсть состоит из остевых волокон. Конская шерсть более жесткая и упругая, чем коровья, которая обладает хорошей свойлачиваемостью.

Оленья шерсть состоит из пуховых волокон (примерно $1/3$) и грубого мертвого волоса.

Кроличий пух и волос. Пух вычесывают и выщипывают в период линьки с кроликов ангорской и белой пуховой породы или снимают с пуховых шкурок. Волос получают с меховых кроличьих шкурок или с кроликов разных пород.

Заячий волос. Его снимают со шкур различных пород зайца — беляка, русака и песчаника. Предварительно шкурки сортируют по состоянию волосяного покрова, цвету и размеру, удаляя непригодные к использованию места. В пределах одной шкурки качество волосяного покрова различно.

Заводская шерсть. К ней относят шерсть, снимаемую со шкур животных (овец, коз, верблюдов, коров, лошадей и пр.) с помощью химических или бактериологических и ферментативных средств. Заводская шерсть в основном получается как побочный продукт кожевенной промышленности в процессе выделки шкур. Ее отличительной особенностью является наличие на конце волоса утолщения — волосяной луковицы. Заводская шерсть менее прочна, чем натуральная.

Шубную шерсть получают с отрезкой шубной овчины и поношенных шубных изделий, а также при расчесывании овчин при их выделке на овчинно-шубных заводах.

Восстановленная (регенерированная) шерсть. Ее получают расщипыванием шерстяного лоскута, тряпья, обрывков пряжи и т. п. Волокна шерсти из тряпья бывают ослаблены вследствие изнашивания одежды; кроме того, они дополнительно повреждаются при расщипывании и потому менее прочны, чем волокна натуральной шерсти.

4. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКЕ ШЕРСТИ [5]

Первичная обработка невымытой классированной шерсти (см. с. 117) состоит из следующих основных этапов: сортировки и перекатки, разрыхления и трепания, промывки или растворения примесей, сушки и упаковки. Засоренную шерсть дополнительно обезрепеивают. Первичную обработку осуществляют или на отдельном предприятии, или в цехе прядильной фабрики.

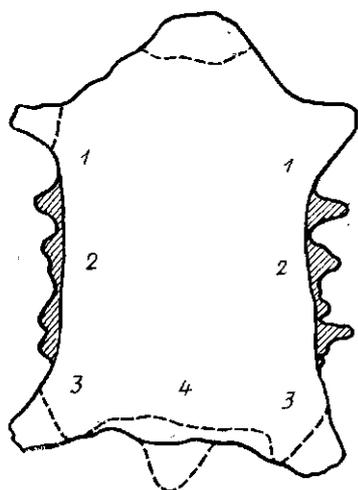


Рис. IX.2. Руно шерсти

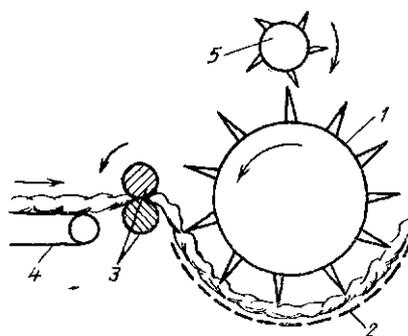


Рис. IX.3. Схема трепания шерсти

Сортировка. Шерсть с разных мест одного и того же руна обладает различными свойствами. У овец большинства пород наиболее тонкая шерсть растет на лопатках 1 (рис. IX.2); на боках 2 волокна несколько грубее, а на задней части корпуса 4 и ляжках 3 — еще грубее. При сортировке руна разделяют на части, однородные по качеству, которые затем объединяют вместе и получают несколько партий рассортированной шерсти, каждая из которых более однородна.

Шерсть сортируют в соответствии с промышленными стандартами (ГОСТ 6326—74, ГОСТ 6327—74, ГОСТ 6614—72, ГОСТ 8488—73 и др.) по тонине, длине, состоянию (засоренности и наличию дефектов) и по цвету. Качество шерсти при сортировке оценивают органолептически — на глаз, на ощупь. Для обеспечения удовлетворительных условий работы сортировщиц шерсть

перед сортировкой подогревают. При конвейерной сортировке каждая сортировщица отбирает с движущейся ленты конвейера только шерсть определенного сорта, длины, состояния.

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

Разрыхление и трепание. Эти процессы служат для разделения крупных клочков шерсти на более мелкие и освобождения ее от загрязняющих примесей, кроме жиропота. Хорошо разрыхленная и протрепанная шерсть лучше промывается. Оба процесса осуществляют на трепальных машинах с одним или двумя колковыми барабанами 1 (рис. IX.3). Шерсть подается в машину питающей решеткой 4 и валиками 3. Захваченные колками вращающегося барабана мелкие клочки шерсти ударяются о колосниковую решетку 2, в отверстия которой проваливаются сорные примеси. На некоторых машинах дополнительное разрыхление происходит между колками барабана 1 и валиков 5, вращающихся с меньшей окружной скоростью, чем барабан.

Промывка (мойка) шерсти. Растущая на теле овцы шерсть загрязняется жиром, потом, минеральными, кизячными и растительными примесями, в том числе репьем и ковыльной пилкой. Большое 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. При этом происходит следующее:

- понижение поверхностного натяжения, повышение смачивающей способности моющего раствора и удаление загрязнений с поверхности волокон;

- эмульгирование шерстного жира, переходящего в состояние эмульсии;

- удаление с волокон нерастворимых грязевых частиц в виде образующихся суспензий;

- возникновение электрических зарядов, способствующих удалению загрязнений от волокон;

- набухание волокон, усиливающее отделение загрязнений;

- растворение в воде посторонних веществ.

Процесс мойки 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 транспортером грязная

шерсть погружается в ванну барабаном 1 (рис. IX.4) и передвигается по ванне механическими граблями 2. Механизм 3 выгружает шерсть из ванны и направляет ее к отжимным валам 4. В ванне имеется ложное дно 5 с отверстиями, через которые оседает вымываемая грязь. Моечно-сушильный агрегат обычно объединяет: автопитатель для грязной шерсти, трепальную машину, моечную машину из 3—5 барок, автопитатель для мытой шерсти и сушильную машину.

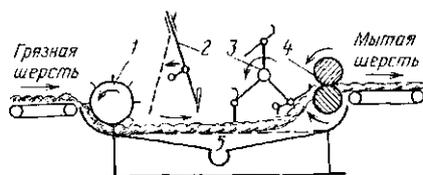


Рис. IX.4. Схема моечной барки

Промывка шерсти в агрегате происходит по принципу противотока, когда более чистый моющий раствор подается в предпоследнюю барку 4 на более чистую шерсть (рис. IX.5), а затем последовательно

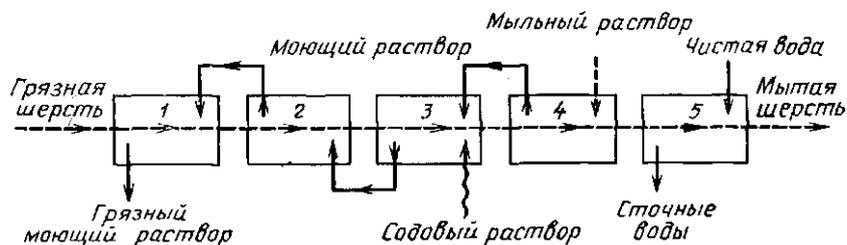


Рис. IX.5. Схема противотока при промывке шерсти

перекачивается насосами по направлению к барке 1, в которую поступает грязная шерсть. При промывке необходимо контролировать температуру и величину 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 чесальных машин, а шерсть с пониженной за жирностью имеет ухудшенные механические свойства. Заваленная шерсть получается при промывке в перегретых растворах, от неисправной работы граблей, выгружающего механизма и отжимных валов. Ее переработка в прядильном производстве затруднена.

Очистка невытой шерсти иногда осуществляется различными растворителями. Это уменьшает обрывность в прядении и ткачестве, повышает выход пряжи. Однако токсичность и воспламеняемость растворителей обуславливает большую сложность оборудования. Очистка шерсти по методу бельгийского общества «Совер» называется соверизацией и проводится в такой послед-

довательности. Для очистки вначале используют гексан (нефрас 65/70), который растворяет жир, затем водным раствором изо-пропилового спирта экстрагируют соли пота и почвенные загрязнения. На третьей, последней, стадии очистки шерсть орошают гексаном для удаления остатков жира и почвенных загрязнений.

После экстракции растворители регенерируют подогреванием их и последующей конденсацией паров. Удаляемый из шерсти жир извлекают из растворителя, очищают и получают ценный продукт для фармацевтической и парфюмерной промышленности — ланолин.

Карбонизация (обезрепение) шерсти. Для удаления из шерсти цепких растительных примесей используют карбонизацию, которая начинается с пропитки шерсти слабым раствором серной кислоты. При дальнейшей сушке шерсти концентрация кислоты повышается, растительные примеси при этом 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. Карбонизацию наиболее целесообразно осуществлять в процессе промывки шерсти.

Сушка и упаковка. После промывки и отжима шерсть имеет влажность 60—80 %. Сушат шерсть горячим воздухом при температуре 70—80 °С до нормальной влажности 15—20 %, но не менее 12 %. Это облегчает дальнейшую переработку шерсти (трепание, чесание и т. д.). Шерсть повышенной влажности при хранении портится и может даже самовозгораться. По выходе из сушильной машины шерсть пневмотранспортом подается в лабазы для выравнивания ее влажности по всей массе.

После сортировки шерсть высушивают горячим азотом в сушильной машине. Далее шерсть подвергается трепанию, а затем поступает для прессования и упаковки.

В мытой шерсти контролируют количество остаточного жира и щелочи, пыли, грязи и растительных примесей, а также ее влажность. Кроме того, проверяют внешний вид и свалянность отдельных клочков шерсти.

Мытую шерсть прессуют и пакуют в кипы массой 165—210 кг с плотностью 0,25—0,5 г/см³. Цель прессования та же, что и при прессовании хлопкового волокна (см. с. 92).

5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ШЕРСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ

Овечья шерсть весенней стрижки, козья шерсть и пух альпака, верблюжья и восстановленная шерсть в основном перерабатываются в пряжу, иногда с добавлением хлопкового и химических волокон. Из шерстяной и полушерстяной пряжи из-

готовляют разнообразные одежные, костюмные и платьевые ткани, верхний и бельевой трикотаж, чулочно-носочные и перчаточные изделия, а также различные технические полотна для прокладок, фильтров и др. Верблюжью гриву используют для выработки технических тканей и приводных ремней.

В отличие от других волокон шерсть обладает способностью свойлачиваться непосредственно в полотна (войлоки). Поэтому из шерсти изготавливают валяную обувь, фетровые шляпы и другие изделия. Для валяльно-войлочного производства используют преимущественно овечью шерсть осенней стрижки, заводскую и овечью шубную шерсть, кроличий пух, заячий волос и коровью шерсть — линьку. Оленью шерсть применяют для тепло- и звукоизоляции, а также как набивочный материал. Из конской шерсти изготавливают строительный войлок. Козий пух используют иногда в кустарном производстве для вязания платков, перчаток, фуфаяк и т. п., а козий грубый волос — для выработки щеток, кистей, фитилей и др. Заячий волос используют для выработки фетра. Шерсть ламы и гуанако перерабатывают в суконном производстве.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. IX

1. Народное хозяйство СССР в 1982 г.: Статистический ежегодник. М., 1983.
2. Макар И. А. Биохимические основы шерстной продуктивности овец. М., 1977.
3. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению/Кукин Г. Н., Соловьев А. Н., Садыкова Ф. Х., Кобляков А. И., Потапова Л. В. и др. М., 1974.
4. Гусев В. Е. Сырье для шерстяных и нетканых изделий и первичная обработка шерсти. М., 1977.
5. Первичная обработка шерсти/Горбунова Л. С., Рогачев Н. В., Васильева Л. Г., Колдаев В. М. М., 1981.

ГЛАВА X. ШЕЛК

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ [1]

Шелком называют нити, являющиеся продуктом выделения особых, так называемых белкоотделительных желез различных животных, относящихся главным образом к типу членистоногих, к классу насекомых, к отряду чешуекрылых (бабочек) и проходящих в одном поколении четыре последовательные стадии развития: яйцо (грена), гусеница, куколка, бабочка. В процессе перехода от второй к третьей стадии многие чешуекрылые выделяют шелковые нити и, завивая их вокруг своего тела, образуют плотные оболочки — коконы, служащие для предохранения от разных атмосферных воздействий и врагов — других насекомых, птиц и т. д. Промышленное значение имеет шелк, выделяемый гусеницами (личинками) бабочек, относящихся к двум семействам — настоящих шелкопрядов (бомбициды) и сатурнид, или глазчаток.

Основное количество шелка (более 90 %) дает **тутовый шелкопряд** (*Bombyx mori* L.) — вид, относящийся к первому из указанных семейств; его часто называют культурным или одомашненным, так как он разводится в помещениях, а корм — лист тутового дерева (шелковицы) доставляет ему человек. Культурный шелкопряд, разведение которого осуществляется более 3000 лет, сильно изменен и в природных условиях не живет. В данной главе в основном и рассматриваются вопросы, относящиеся к получению этого шелка.

Небольшое промышленное значение имеет шелк, выделяемый шелкопрядами некоторых видов, относящихся ко второму семейству, — китайским, индийским и японским дубовыми, айлантовым, питающимся листьями китайского ясеня (айланта), и рядом других. Этих шелкопрядов называют дикими, так как они выкармливаются непосредственно на растущих деревьях или в условиях, близких к природным.

Шелк также дают и другие животные, относящиеся к типу членистоногих, но к иному, чем насекомые, классу, а именно пауки. Попытки использования шелка пауков (паутины) успеха не имели, так как коконы их трудно разматываются и дают малое количество нити. Кроме того, животные еще одного типа — моллюски вида пинна нобилис и другие — выделяют пучки прочных волокон длиной 40—60 мм, с помощью которых прикрепляются к подводным скалам. Шелк моллюсков промышленного значения не имеет, но иногда используется в кустарных промыслах.

В результате выкормок гусениц* собирают сырые коконы с живой куколкой внутри. После первичной обработки, основными операциями которой являются умерщвление куколок и сушка коконов, получают сухие коконы. Разматывая их, получают коконную нить, состоящую из двух элементарных — так называемых шелковин. Ввиду их большой тонины одновременно ведется промышленная размотка нескольких коконов и получается шелк-сырец (грежа), в котором шелковины склеены благодаря наличию на них серицина (см. гл. V). Шелк-сырец непосредственно или после переработки во вторичную крученую нить — крученый шелк — используется для выработки тканей и других изделий. Отходы шелка, получающиеся как на выкормках, так и на всех стадиях переработки, путем разрывания превращаются в волокна. Из них вырабатывают шелковую пряжу, которую также используют для изготовления тканей и других изделий.

Шелк является ценным видом текстильного сырья, обладающим хорошими механическими и другими свойствами, красивым внешним видом, легко окрашиваемым и т. д. Однако трудозатраты на его получение и первичную обработку велики. Поэтому

* В технической литературе гусениц шелкопрядов принято называть шелковичными червями. Такое наименование с зоологической точки зрения неправильно; черви являются самостоятельными типами животных.

шелк относительно дорог, по сравнению с другими волокнами производится в относительно небольших количествах и имеет ограниченное применение. Большинство шелкопрядов питается листьями каких-либо определенных деревьев. Тутовый шелкопряд, как видно из самого его названия, питается листьями тутовника (шелковицы). Многочисленные попытки заменить шелковицу другим кормом, например листьями некоторых видов многолетних трав, которые неоднократно делались при выкормке на протяжении многих лет, не дали положительных результатов. Питаясь листьями других растений, гусеницы легко заболевают и гибнут. В последнее время в Японии делаются попытки проводить выкормки на питательных смесях в виде муки из сушеных тутовых листьев, крахмала, казеина и других веществ. Нормальное развитие шелковицы возможно в умеренно теплом климате (примерно до 52—53° северной и 35° южной широты), в частности в Европейской части СССР — до линии Волгоград—Чернигов. Она хорошо произрастает во многих районах Средней Азии, в Закавказских республиках, на Украине, в Молдавии, на Дальнем Востоке. Этим и определяются районы шелководства в СССР. В более северных районах тутовник плохо развивается, вымерзает в суровые зимы; шелководство в этих районах нерентабельно.

СССР является крупной шелководческой страной, занимая по сбору коконов третье место в мире. Производство коконов в нашей стране увеличилось в 1980 г. по сравнению с производством в дореволюционное время почти в пять раз, а с производством в 1930 г. — в три с лишним раза. Сбор сырых коконов в 1980 г. составил 48,9 тыс. т.

Следует отметить, что в последние годы перед Великой Октябрьской социалистической революцией до 40—45 % урожая коконов по сравнительно дешевым ценам вывозилось за границу. В то же время большое количество (до 1,5 тыс. т) дорогого шелка-сырца ежегодно ввозилось в страну, что составляло до 80 % потребности. Такое положение было результатом малой мощности кокономотального производства, которое не могло переработать значительную часть урожая и развитие которого не стимулировалось из-за неправильной таможенной политики царского правительства — малых ввозных пошлин на шелк-сырец, что было на руку иностранным капиталистам, владевшим более чем половиной русской шелкообрабатывающей промышленности.

Шелководство в Средней Азии появилось еще в IV—V вв., в Закавказье — в VII в., а в южнорусских районах — с XVII в.

Развитию шелководства за годы Советской власти способствовала постоянная забота партии и правительства о развитии всех отраслей сельского хозяйства, в частности и шелководства; неоднократно принимались специальные решения о его развитии. За годы Советской власти увеличилось тутоводство, была создана сеть научных учреждений по шелководству, что способ-

ствовало улучшению сортов шелковицы, выведению новых пород и гибридов шелкопряда. Было заново создано кокономотальное производство.

Крупнейшим районом шелководства является Узбекистан; на его долю приходится более 60 % коконов, заготавливаемых в нашей стране. Шелководство развито также во всех республиках Средней Азии и Закавказья. При Советской власти некоторое развитие шелководство получило на Украине, в южных областях РСФСР и Молдавии.

Из других шелководческих стран необходимо отметить КНР, где шелководство возникло за 3 тыс. лет до н. э. В настоящее время сбор коконов составляет около 160 тыс. т в год.

В большинстве капиталистических шелководческих стран после второй мировой войны шелководство резко сократилось. Япония, занимавшая по сбору коконов первое место в мире (в 1940 г. было собрано более 330 тыс. т), сейчас собирает в год около 80 тыс. т и сбор ежегодно немного сокращается. Практически исчезло шелководство в Западной Европе (в Италии, Франции и др.). Сохраняется оно лишь в Южной Корее, а также в некоторых развивающихся странах (например, в Индии).

Мировой сбор коконов составляет в последнее десятилетие около 400 тыс. т в год.

2. ТУТОВОДСТВО [1]

Тутовник, или шелковица, представляет собой многолетнее двудомное растение, относящееся к семейству шелковидных (Mogaceae), роду шелковиц (Morus). Ботаники насчитывают более 20 видов шелковицы, из которых для шелководства, в частности в СССР, наибольшее значение имеет белая шелковица (*Morus alba* L.). Существует большое количество разновидностей (сортов) этого вида.

В диком состоянии тутовник растет в виде деревьев. При его культурном разведении в основном применяются две формы посадок — высокоствольная (штамбовая) и кустиковая. В первом случае деревья рассаживают или сплошными массивами (600—800 деревьев на 1 га) или вдоль дорог, границ полей, оросительных каналов (линейные посадки).

Одно высокоствольное взрослое дерево в зависимости от возраста (диаметра ствола), ухода и сорта шелковицы дает от 0,1 до 0,3 ц и более листа. При плохом уходе и неправильной эксплуатации урожай листа резко снижается.

Кустиковыми называются такие посадки, при которых стволы растений имеют высоту до кроны примерно 0,5 м. В этом случае на 1 га высаживается до 5—7 тыс. растений. С высокоствольных посадок сбор листьев можно начинать лишь через 5—6 лет после посадки, тогда как рентабельную эксплуатацию деревьев — через 9—10 лет, но зато вести ее в течение 30—40 лет. Лист с кустиковых плантаций можно получать уже на 3-й год после посадки, но срок эксплуатации кустиков ограничен, после чего падает их урожайность, которая нормально составляет 100—150 ц с 1 га. В СССР имеется до 200 млн. деревьев в линейных посадках и значительное количество плантаций.

В СССР селекционерами выведено много новых ценных сортов шелковицы (например, в УзССР сорта Пионерский, Юбилейный и др.). Вместо мелких изрезанной формы листьев они имеют крупный, питательный лист. Широко используется гибридная шелковица, полученная в результате скрещивания селекционных сортов между собой или с местными.

Необходимо подчеркнуть, что основой развития шелководства, получения больших урожаев и коконов высокого качества является наличие хорошей кормовой базы.

3. ШЕЛКОВОДСТВО — РАЗВИТИЕ ШЕЛКОПРЯДА И ЕГО ВЫКОРМКА [1]

Тутовый шелкопряд одного поколения проходит полное превращение — четыре стадии (рис. X.1). Встречаются расы этого шелкопряда моно-, би- и поливольтинные, т. е. дающие одно, два и более поколений в год; преобладают первые.

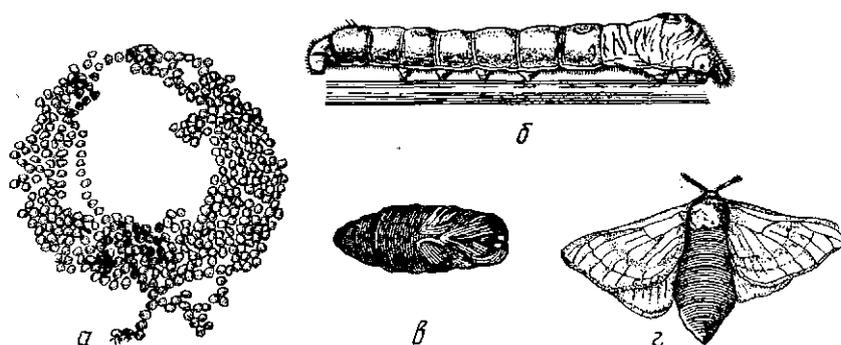


Рис. X.1. Стадии развития тутового шелкопряда:
а — яички (грена); б — гусеница; в — куколка; г — бабочка

Питание и рост насекомого, а также выделение шелка (завивка кокона) осуществляются в стадии гусеницы, в которой насекомое пребывает в среднем 4—6 недель. Стадия куколки, продолжающаяся около 2 недель, является переходной к стадии бабочки. Размножается насекомое только в этой стадии, продолжающейся всего 1—2 недели. Бабочка-самка откладывает 400—600 яиц, масса которых составляет примерно 0,5 г. Яички имеют овальную форму и длину 1,5 мм. Через несколько часов после появления яиц в них начинается развитие зародыша. У моновольтинных пород через 2—3 дня оно прерывается и возобновляется лишь следующей весной, продолжаясь еще в течение 12 дней — до момента выхода из яичка гусеницы.

Перерыв в развитии зародыша называется диапаузой — это состояние покоя, сопровождающееся прекращением деления клеток и минимальным дыханием. Диапауза продолжается примерно 8,5 мес. Повышение температуры ускоряет развитие грены. Чтобы развитие зародыша не началось, когда еще не начали распускаться листья тутовника, грены хранят при пониженной температуре.

Когда приближается время появления листьев, грены подвергают оживлению (инкубации), т. е. переносят в помещенье, в котором постепенно повышают температуру и доводят ее до +24 °С. Оживление продолжается 2 недели. В основных шелководческих районах СССР (Средней Азии и Закавказье) период оживления грены проходит во второй половине апреля — начале мая, а гусеничный период (период выкормки) — в мае — начале июня. Из инкубаториев, имеющих при гренажных заводах или в совхозах и колхозах, только что вылупившихся из грены гусениц — мурашей — передают шелководам (например, колхозным звеньям). Там, где имеется избыток листа, проводят так называемые повторные (летние и осенние) выкормки, для которых используют

грену нового урожая, ускоренно оживляя ее, воздействуя на нее раствором соляной кислоты, вследствие чего резко сокращается диапауза. Выход гусениц нормально продолжается 3—4 дня; гусеницы вылупляются примерно на 95 % яиц. Обычной единицей измерения грены является так называемая коробка, около 30 г грены, т. е. до 50 тыс. яичек. Масса только что вылупившихся маленьких гусениц примерно на 30 % меньше, поэтому при выдаче шелководам 20 г мурашей считают за 1 коробку.

Гусеница тутового шелкопряда в своем развитии проходит пять возрастов — последовательных периодов, заканчивающихся линькой. Последняя линька происходит уже после завивки кокона — внутри него. Длительность первых четырех возрастов по 3—6 дней, последнего, пятого, 7—12 дней. Каждая линька продолжается 1—1,5 суток.

Размеры тела и масса гусеницы тутового шелкопряда в процессе ее роста быстро увеличиваются. Так, после вылупления из яйца длина тела гусеницы составляет 2—3 мм, а в конце стадии — 70—90 мм; в то же время кожный покров ее, содержащий до 30 % хитина, достаточно жесток и малорастяжим. Поэтому насекомое периодически проходит линьку — сбрасывание верхней кожицы, под которой образуется новая, большего размера.

Выкормка в целом обычно продолжается 5—6 недель. Температура тела шелкопряда не является постоянной, а зависит от температуры окружающей среды. При ее понижении процессы жизнедеятельности гусеницы (кровообращение и др.) замедляются, а при резком похолодании возможна и гибель гусениц. Поэтому выкормки проводят в закрытых помещениях и по возможности отапливаемых. В ряде случаев колхозы выдают мурашей отдельным семьям колхозников, и выкормки проводятся ими в жилых или подсобных помещениях. Используются различные общественные постройки. Наконец, в последние годы осуществляется в колхозах и совхозах строительство специальных червоводов — легких каркасных сооружений с покрытием и стенами из пленки. Вместо мелких выкормок (1—2 коробок) уже есть опыт больших совхозных выкормок. Например, в 1977 г. в Сырдарьинской области УзССР совхоз «Фергана» создал крупный шелководческий комплекс, в котором в специальных помещениях проводится выкормка 50 коробок грены. Затраты труда составляют на 1 кг коконов около 25 человеко-дней вместо 80 при выкормках в отдельных семьях колхозников. В червоводнях устанавливают 2—3-ярусные стеллажи, на которых и идет выкормка. Для размещения гусениц одной коробки в первом возрасте требуется всего 2 м² площади, а в пятом — до 70—80 м².

Гусеницам двух первых возрастов дают нарезанные листья, третьего — целые, двух последних — побеги и целые ветки с листьями. Количество требуемого корма в первом возрасте составляет всего лишь 5—6 кг на 1 коробку, а в пятом возрасте — 700—750 кг. Для всей выкормки на одну коробку требуется 900—1000 кг листа. В сутки делается 8—10 покормок. Значными шелководами Узбекистана (Х. Тишаевой, А. Султановой) и Грузии (шелководами села Кистаури) разработан ряд режимов, рекомендуемых для выкормок и обеспечивающих оптимальную массу получаемых коконов и их высокое качество.

Одним из важных условий является тщательная дезинфекция помещений выкормок и приготовление здоровой грены, так как шелкопряды подвергаются ряду заболеваний: пеприне, вызываемой микробом ноземой и приводящей к гибели гусениц, мертвенности и гнилокровию, также бактериального характера. При этих двух заболеваниях гусеницы иногда завивают коконы, но, погибая в них, гнилой жидкостью пачкают коконы и портят его шелковую оболочку.

В конце пятого возраста на выкормные стеллажи ставят коконники — приспособления в виде веников, решеток и др. Размещаясь на них, гусеницы начинают завивку коконов.

Гусеницы шелкопрядов имеют особый орган — шелкоотделительную железу, выделяющую шелковую нить (рис. X.2). Это парный трубчатый орган, занимающий значительную часть полости тела гусеницы. На нижней губе гусеницы имеется отверстие, к которому подходит короткий выводной проток

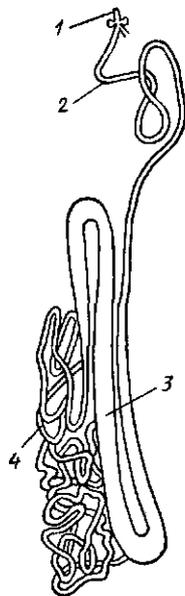


Рис. X.2. Левая половина шелкоотделительной железы гусеницы тутового шелкопряда (по А. А. Тихомирову)

1 — непарный, посредине него расположена волоочильная — прессующий аппарат с пучками мышц. С их помощью гусеница волоочильной регулирует толщину выпускаемой нити.

Предыдущие отделы железы уже двойные, симметрично расположенные в обеих сторонах тела гусеницы. Так, непарный проток раздваивается на парные 2. Их части имеют в пятом возрасте длину около 30 мм каждая и поперечный размер 0,2—0,3 мм. Расширяясь, эти части переходят в следующий отдел железы — резервуар 3. Он расположен в теле гусеницы в виде трех параллельных колен, имеющих по 20—25 мм длину при поперечном размере 4—5 мм. Третье колено, сужаясь, переходит в последний отдел железы — фибринозный 4 (железистый), извито располагающийся в теле гусеницы и имеющий длину 170—180 мм при поперечном размере 1,2—1,3 мм. Железа окружена мышцами. Стенки фибринозного отдела железы выделяют основное вещество шелка — фиброин, а стенки резервуара — клеящее вещество серицин (см. гл. V). Эти вещества находятся в железе в виде вязких жидкостей.

В теле гусеницы совершается белковый обмен. Под действием ферментов пищеварительного сока белки листа шелковицы распадаются на небольшие цепочки полипептидов и далее на отдельные аминокислоты. Последние усваиваются из крови. Белки, содержащиеся в листе шелковицы, резко отличаются от фиброина и серицина. Процесс белкового обмена идет с превращением одних аминокислот в другие.

Гусеница, готовая к завивке кокона, перестает есть корм и вползает на коконник. Изгибая тело при помощи мускулов, окружающих шелкоотделительную железу, гусеница, закрепив его на коконнике, выдавливает из железы содержимое. Фиброин из заднего отдела переходит в резервуар, обволакивается серицином и идет по выводным протокам. Гусеница оттягивает вышедшие наружу струйки. В то же время под действием веществ, выделяемых стенками протоков, фиброин и серицин коагулируют и струйки вязкой жидкости обращаются в нити. Поскольку железа имеет две части, соединяющиеся только в непарном выводном протоке, образуются две элементарные фибринозные нити — шелковины, склеивающиеся вместе обволакивающим их серицином в коконную нить. Гусеница, как показали исследования М. Е. Лобашова, непрерывно регулирует работу мышц волоочильни, изменяя размер отверстия непарного выводного протока.

Средняя скорость выпуска нити гусеницей постоянна и, по данным М. И. Слонима, составляет 5—7 мм/с. Поскольку осуществлять мускульные воздействия в течение многих часов (50 и более), в которые длится процесс выделения шелка, живому существу затруднительно, можно предположить, что гусеница, для обеспечения постоянного давления у выходного отверстия железы, необходимого для выдавливания вязкой фибринозной массы, уменьшает его размеры и тем самым уменьшает площадь поперечных сечений шелковин. Это подтвердили исследования автора этой главы, показавшего, что изменения массы отрезков коконной нити постоянной длины хорошо выражаются уравнением параболы (X.5). Укладка нити гусеницей начинается с того, что она протягивает отдельные нити и, закрепляя их на ветках коконника, образует лесá (рис. X.3). На них она и располагается для завивки кокона. Стенку кокона гусеница формирует, укладывая нити восьмерками (рис. X.4, а), а иногда U-образными петлями. Длина восьмерки 2—4 мм. Уложив рядом

15—25 восьмерок — их пакет (рис. X.4, б), гусеница меняет позицию и укладывает соседний пакет. Таким образом она обходит вокруг себя, формируя первый слой оболочки кокона. Наличие на поверхности коконной нити еще не вполне затвердевшего серицина обеспечивает некоторое склеивание нитей при их укладке. Далее укладываются следующие слои; всего их бывает около 40 и более.

Укладка коконной нити идет сначала в одном полушарии, затем — во втором. Соединение полушарий осуществляется черепицеобразной накладкой друг на друга крайних пакетов обоих полушарий. У гусениц многих пород

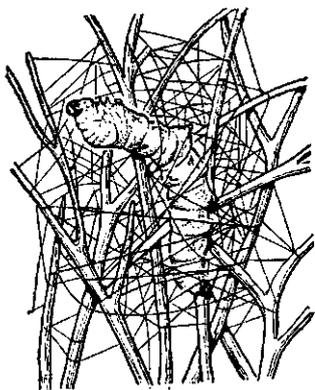


Рис. X.3. Гусеница на коконнике (по Е. Н. Михайлову)

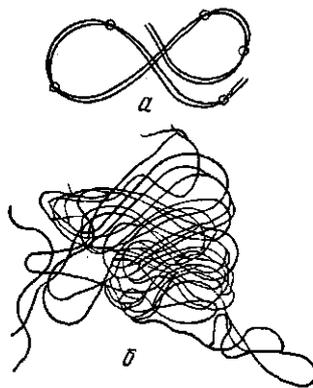


Рис. X.4. Восьмерка коконной нити (а) и пакет восьмерок (б)

коконы в этом месте имеют меньший диаметр, так называемый перехват. Пока уложены первые слои, оболочка кокона имеет значительные просветы, и пакеты следующих слоев выступают наружу, делая поверхность неровной — зернистой.

В процессе завивки кокона гусеница очень редко, если ей что-то помешает, отрывает нить, зажимая ее мускулами волоочильни. В основном нить остается непрерывной, что и позволяет впоследствии, несколько размягчив серицин, размотать нить. Последние слои нити часто укладываются неровно, большими пстлями, вследствие чего эти слои не всегда удается размотать. Завив кокон, гусеница последний (пятый) раз линяет и превращается в куколку. На 8—9-й день после начала завивки коконы снимают с коконников, очищают от наружных слоев нити (лесов) и в ящиках направляют на заготовительные пункты, откуда они поступают в первичную обработку. До $\frac{2}{3}$ массы коконов, только что снятых с коконников, составляет вода, поэтому их называют сырыми и живыми (внутри кокона находится живая куколка).

Небольшая часть коконов (5%), выкормленная лучшими шелководами на так называемых племенных выкормках из племенной грены, поступает на гренажные заводы — предприятия, готовящие грену. На них проводится тщательная сортировка коконов, выведение бабочек, их спаривание и получение от самок грен.

Бабочки при выходе из коконов смачивают щелочной жидкостью, имеющейся у них в особом зобике, один из полюсов кокона, растворяют в месте смачивания серицин, лапками раздвигают фиброинные нити, образуя отверстие, достаточное для выхода наружу. Нити около отверстия путаются, такие коконы трудно разматывать. Вместе с прочими шелковыми отходами они поступают на переработку в шелкопрядильное производство.

На гренажных заводах производят тщательный контроль бабочек — производителей грен: после откладки грены трупки бабочек просматрива-

В работе по выведению новых пород и гибридов, изучению условий разведения шелкопряда в СССР принимали участие известные биологи, генетики — Б. Л. Астауров, М. И. Слоним, Э. Ф. Поярков и др.

В Среднеазиатском НИИ шелководства (САНИИШ) и других организациях Е. Н. Михайлов, В. А. Струнников, Л. М. Гулямова, Н. В. Шуршикова и другие вывели ряд пород и гибридов шелкопряда: Ташкентская 5, 6, 7, 8; САНИИШ 17, 21, 30; тетрагидрид 10, 20, НГЛ и др.

В АзНИИШ (г. Кировабад) большие работы проведены под руководством Р. А. Гусейнова; созданы породы Белококонная 1 и 2, Азад, Азербайджан, Гянджа 1, Шеки 1 и 2 и их гибриды. В ГрузНИИШе (г. Тбилиси) селекционерами Н. Л. Санадзе, Ш. К. Гвинепадзе выведены породы Кахури, Имерули, Колхида, в последние годы — Иверия, Тбилисури и их гибриды. Ведутся работы по селекции и в других шелководческих республиках. Шелководы внедряли много ценных предложений о режимах выкармливания, в частности о температуре и влажности воздуха в червоводнях, о более частых покормках, что резко сокращает период выкармливания. Создан ряд механизмов для подготовки листа шелковицы и др. За рубежом наиболее крупные работы по селекции ведутся в Японии.

4. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О КОКОНАХ И ИХ ПЕРВИЧНОЙ ОБРАБОТКЕ [2]

Кокон с выкармливания перевозятся на заготовительные пункты в жесткой таре. В этих коконах 15—20 % массы составляет шелковая оболочка, а 80—85 % — куколка. Из общей массы 65—70 % составляет влага, содержащаяся в основном в куколке, поэтому их обычно называют сырыми. Поскольку куколка живая, коконы получили наименование «живых» (ГОСТ 21061—75). Они принимаются партиями, т. е. по количеству коконов, представляемых сдатчиком, выкармливаемых одновременно и относящихся к одной породе. Отбирается общая проба размером в 10 % от массы партии (но не менее 0,2 и не более 2 кг). Сдаваемые коконы должны быть разделены на сортовую смесь, несортные и чернопятнистые (кара-пачах). Сортная смесь состоит из коконов отборного, I, II и III сортов. К отборным относятся коконы с чистой неповрежденной оболочкой, в коконах I сорта допускается наличие мелких (не более 5 мм) рубцов или гладких (без зернистости) участков, в коконах II сорта допускаются те же недостатки, но рубцы до 10 мм, а в коконах III сорта — до 15 мм и, кроме того, небольшие наружные пятна и дефекты строения оболочки неправильной формы. К несортным коконам относятся коконы с разнообразными существенными дефектами.

Дефекты можно распределить на три группы: дырявые (вследствие выхода бабочек или повреждений); с оболочками неправильной формы или строения (двойники — завитые совместно несколькими гусеницами, тонкостенные, атласные — с большими гладкими участками оболочки или рубцами, атласные — с рыхлой оболочкой); пятнистые (с большими наружными пятнами и чернопятнистые с внутренними пятнами, прошедшими через оболочку). Последние завиты большими гусеницами. Их следует отбирать отдельно, так как они пацкают другие ко-

коны, вызывая наружные пятна. Пятна затрудняют размотку и ослабляют нить.

Сортовую смесь рассортировывают на сорта на кокономотальных фабриках, куда она поступает после первичной обработки.

Для первичной обработки мелкие партии коконов, поступающие от разных сдатчиков, но близкие по своим свойствам, объединяются.

В отличие от первичной обработки хлопка-сырца и текстильного сырья других видов первичную обработку коконов проводят не на специальных централизованных заводах, а непосредственно на заготовительных пунктах и базах первичной обработки коконов (БПОК), которых в стране насчитывается несколько сот и которые размещены во всех шелководческих районах. Объясняется это тем, что первичная обработка должна проводиться в короткие сроки, непосредственно после заготовки коконов. Первой задачей первичной обработки является умерщвление (замаривание) куколок. Если его не произвести, куколки развиваются в бабочек, а последние при выходе из кокона образуют отверстие в оболочке, вследствие чего их трудно размотать. Далее коконы сушат, что необходимо для их длительного хранения и обеспечения бесперебойной работы фабрик до нового урожая. Невысушенные коконы плесневеют, загнивают. Важно, чтобы при первичной обработке минимально изменялись механические свойства нити и физико-химические свойства серицина. Для легкого сматывания нити с оболочки приходится размягчать серицин, замачивая коконы в горячей воде. Если коконы перепутаны, серицин плохо набухает; клеящая способность его не уменьшается и коконные нити при размотке обрываются.

Две основные задачи первичной обработки — замаривание и сушка коконов — в зависимости от применяемых способов могут решаться или одновременно, или порознь. Наибольшее распространение в мировой практике получило одновременное их выполнение путем сушки горячим воздухом. Несмотря на то что при всех способах первичной обработки, связанных с нагревом, ухудшаются свойства серицина, снижается его растворимость, степень вредности этого воздействия далеко не одинакова и зависит от температуры, длительности воздействий и других факторов. Так, исследования Э. Б. Рубинова, проведенные в Узбекском научно-исследовательском институте шелковой промышленности (УзНИИШП), показали, что если растворимость серицина после обработки коконов в течение 9 ч при постоянной температуре 70 °С принять за 100 %, то она после обработки при температуре 85 °С падает до 98 %, при 100 °С — до 92 %, при 115 °С — до 82% и т. д. В то же время замаривание и сушка коконов горячим воздухом являются достаточно экономичными и позволяют в короткий срок провести первичную обработку коконов. Этим и объясняется, что способ совместного замаривания и

сушки коконов получил широкое распространение. Созданные специальные сушильные машины отличаются режимом, способами нагрева воздуха и перемещения коконов, производительностью и др. Оптимальными следует признать конструкции, в которых температура сушки снижается (например, сырые коконы загружают при температуре 95 °С, а сушка их заканчивается при температуре 65 °С). Наиболее влажные коконы, когда пересыхание серицина исключено, сушатся при более высокой температуре, и наоборот. Кроме того, коконы в процессе сушки медленно перемещаются с помощью сетчатых конвейеров и пересылаются; при этом нет опасности одностороннего нагрева, плохого замаривания и неравномерной сушки, а также уменьшается расход рабочей силы. На сушильных машинах оптимальной конструкции увлажненный воздух отводится, что обеспечивает быстроту и равномерность сушки. Примером может служить коконосушильная машина СК-150К, выпускаемая Ивановским заводом сушильного оборудования. Ее производительность 4—5 т в сутки при полной сушке и до 15 т при замаривании с подсушкой. В настоящее время эти машины снабжают устройствами, подающими воздух необходимой влажности, что исключает пересушку серицина. Используются и другие сушильные машины (например, машина Симплекс ящичного типа). В ней коконы подвергаются сушке при повышающейся температуре. Большое количество разнообразных сушильных машин для коконов сконструировано в Японии, некоторые из них установлены на предприятиях нашей страны.

Еще используется замаривание коконов насыщенным паром. Этот способ примитивен, но дешев и прост.

Применяются камеры небольшого объема (5—6 м³), кирпичные или бетонные, с плотно закрывающейся дверью. В пол камеры вмазан открытый котел, наполненный водой, под котлом находится топка. В камеру вдвигается вагонетка с решетчатыми ящиками, наполненными сырыми коконами. Насыщенный пар заполняет камеру, температура в ней доходит до 70—80 °С. В результате 15—20-минутного пребывания в камере коконы оказываются заморенными. Существенным недостатком замаривания является дополнительное увлажнение и без того сырых коконов. Коконы приходится долго сушить, обычно в этом случае применяется воздушная сушка в естественных атмосферных условиях на стеллажах под навесами (воздушные сушилки). Даже в районах с жарким климатом подобная сушка затягивается на 2,5—3 мес. За это время коконы легко подвергаются порче различными насекомыми, грызунами, запяляются и т. д.

При недостаточном количестве тепловых коконосушильных машин в них проводят только замаривание коконов, а сушку коконов осуществляют на воздушных коконосушильных машинах. Замаривание паром предлагалось заменить другими способами — замариванием при действии токов высокой частоты (до 15 МГц), вакуума (герметизации), отравляющих газов, гамма-лучей (доза порядка $3 \cdot 10^5$ Р) и др. Однако недостаточная экономичность или трудность применения отдельных из них, а глав-

ное, необходимость последующей сушки коконов для обеспечения хранения затрудняют применение этих способов.

Существенный интерес представляет японский способ хранения коконов на холоду (около 0°C), подробно исследованный в нашей стране И. М. Долидзе. Развитие куколок при таком хранении затормаживается и они постепенно все погибают, значительная часть влаги вымораживается, а поскольку отсутствует нагрев, нет вредного влияния на серицин. Однако этот способ требует наличия свободных объемов в холодильниках, что часто трудно обеспечить.

5. СВОЙСТВА СУХИХ КОКОНОВ И ИХ НИТЕЙ [3—5]

Шелковые оболочки коконов представляют собой конструкции из нитей, сделанные гусеницами во время завивки. Задача текстильщика — успешно провести обратную работу — размотать коконы. Вследствие этого необходимо знать свойства коконов и их нитей. Обычно разматывают сухие коконы, поэтому и изучают их свойства.

Геометрические характеристики и масса коконов и их нитей (форма, линейные размеры, объем) и связанная с ними оценка массы шелка важны как для подбора размеров органов машин, служащих для переработки (сортировочных, кокономотальных), так и в связи с наличием некоторых корреляционных связей между ними и характеристиками нитей (например, в пределах одной партии между объемом и средней толщиной нити имеется большая положительная корреляция). Коконы различных пород и гибридов имеют разнообразную форму: овальную с перехватом (наиболее распространенная), овальную, сферическую, остроконечную, веретенообразную и тыквообразную. Форма — один из устойчивых признаков породы. Коконы, концы которых имеют коническую форму, менее ценны, так как в них легче образуются отверстия, затрудняющие размотку.

Средние величины геометрических характеристик коконов разных пород и гибридов изменяются в широких пределах: длина от 24—25 до 40—41 мм; поперечные размеры (в зависимости от формы) в 2—1,6 раза меньше длины. Объем коконов различных пород и гибридов 5—8 см³, а масса сухого кокона 0,6—0,9 г.

Коконная оболочка состоит из четырех слоев: 1) остатков лесов, образуемых гусеницей в начале завивки — ваты-сдира; 2) коротких, запутанных нитей, снимаемых при нахождении конца коконной нити перед размоткой — коконного сдира (фризна); 3) основного слоя, состоящего из разматываемой нити; 4) одонока — последних неравномерных участков нити, которые обычно не удается размотать.

Массу шелка в коконе оценивают, используя следующие характеристики.

Шелконосность коконов S , %, т. е. отношение массы оболочки M_0 к массе всего кокона M_k , показывает содержание в коконе шелка.

$$S = 100M_0/M_k. \quad (X.1)$$

Шелконосность сухих коконов обычно в среднем составляет 45—50 %, а коконов лучших пород и гибридов — 50—55 %.

Наряду с шелконосностью определяют выход шелка B , %, при размотке коконов, как отношение массы полученного шелка $M_{ш}$ к массе коконов M_k :

$$B = 100M_{ш}/M_k. \quad (X.2)$$

Средняя величина выхода шелка-сырца при промышленной размотке коконов составляет 28—35 %; при размотке лучших коконов она достигает 40 % и более. Разность $S - B$ показывает, какое количество шелка не используется в виде размотанной нити и попадает в отходы.

К основным геометрическим характеристикам коконной нити относятся длина, линейная плотность и их неравномерность.

Общая длина коконной нити L , м — вся длина разматываемой нити. Она у разных пород и гибридов в среднем составляет 1000—1300 м. Длина непрерывно разматываемой нити — длина отрезка нити, сматывающейся с оболочки без обрыва. Она в среднем 700—1000 м. Линейная плотность T коконной нити в среднем у разных пород гибридов составляет 300—400 мтекс. Как показали исследования автора этой главы, линейная плотность коконной нити по общей длине колеблется по закону параболы.

$$T = a + bx + cx^2, \quad (X.3)$$

где x — расстояние от начала отсчета, за который удобно принимать середину коконной нити; a , b , c — коэффициенты, которые зависят: a — от условий выкармли, b — от уровня, которого достигают изменения массы, c — от интенсивности изменений массы (большая величина c не способствует получению равномерного шелка-сырца).

Неравномерность коконных нитей по линейной плотности \bar{V}_k , обычно определяемая для $m=25$ нитям, оценивается их средним коэффициентом вариации.

$$\bar{V}_k = 100m\bar{\sigma}_k/\Sigma\bar{T}, \quad (X.4)$$

где $\bar{\sigma}_k$ — среднее квадратическое отклонение, текс; \bar{T} — средняя линейная плотность коконной нити, текс.

$$\bar{\sigma}_k = \sqrt{\bar{\sigma}_\phi^2 + \bar{\sigma}_m^2/L + \sigma_{внш}^2}, \quad (X.5)$$

где $\bar{\sigma}_\phi^2$ — характеристика функциональной неровноты; $\bar{\sigma}_m^2$ — характеристика местной неровноты; $\sigma_{внш}^2$ — характеристика межкоконной (внешней) неровноты.

Все эти характеристики определяются как дисперсии: первая (средняя) по линейным плотностям отрезков каждой коконной

нити, вычисленным от их среднего; вторая (средняя) по тем же линейным плотностям, но от средних их значений; а третья — по средней линейной плотности каждой из m нитей.

Из механических характеристик коконов и их нитей существенный интерес представляет сопротивление их сжатию между двумя плоскостями постоянной нагрузкой. Метод, впервые предложенный итальянскими учеными еще в 1929 г., был в 40-х годах детально разработан автором данной главы, показавшим, что величина деформации оболочки при сжатии силой порядка 25 Н обратно пропорциональна выходу шелка-сырца. В последние годы предложен ряд приборов и производственных установок для получения величины деформации оболочки, позволяющей проводить соответствующую сортировку коконов.

Механические свойства коконной нити при однократном растяжении до разрыва: разрывное напряжение 330—390 ГПа, разрывное удлинение 15—20 %.

Из других свойств коконов отметим их цвет, который является устойчивым породным признаком. Различают коконы чисто-белые и белые с оттенком, желтые разнообразных оттенков, розовые, зеленые. Белый цвет присущ самому фиброину, окраска является следствием проникновения из пищи в лимфу, а из последней в шелкоотделительные железы различных пигментов (например, при желтой окраске — каротина, ксантофила, при зеленой — бомбицетина). Шелкопряды различных пород поглощают разные пигменты или не поглощают их. В последнем случае цвет остается белым, что ценно для текстильщиков, так как позволяет без отбеливания красить в любые цвета.

Качество воздушно-сухих коконов оценивают по ГОСТ 21065—70. От хранящихся в мешках на базе первичной обработки партий сортовой смеси отбирают сначала укрупненные образцы — общую пробу, а затем из них — среднюю пробу (30 кг от мелких партий до 0,5 т и 60 кг от более крупных). Пробы пересылают на кокомотальные фабрики, которым поручается оценка качества. Отделив от средней пробы малые аналитические пробы, их высушивают и по формуле (VI.13) определяют влажность коконов. Оставшиеся части средней пробы рассортировывают вручную на сорта по признакам, описанным выше для сырых (живых) коконов. Рассортированные части пробных образцов разматывают на кокомотальных станках при строго регламентированных условиях.

При размотке определяется выход шелка-сырца по формуле (X.2); нормы выхода для каждого сорта указаны в стандарте. Если по результатам размотки часть образца показывает выход ниже нормы, то соответственно снизится сорт этой части. Нормы выхода в зависимости от породы коконов и сорта колеблются от 36 до 27 %.

6. ШЕЛК ДИКИХ ШЕЛКОПРЯДОВ [5]

Из диких шелкопрядов наибольшее значение имеют шелкопряды, питающиеся листьями дуба (например, китайский дубовый шелкопряд). Этот вид шелкопряда разводится в Китае уже свыше двух тысячелетий. Китайский дубовый шелкопряд дает ежегодно два поколения. Весной из коконов, зимовавших с прошлой осени, выходят бабочки (см. рис. X.1, г). После спаривания их самки откладывают грену. Через 15 дней из нее вылупляются гусеницы. Их развитие продолжается 35—45 дней, после чего они завивают коконы. В коконе, как и у тутового шелкопряда, совершается последняя (пятая) линька гусеницы и она превращается в куколку. Развитие куколки продолжается 20—25 дней. Далее снова следует выход бабочек, откладка грен и выход гусениц второго поколения. Гусеницы завивают коконы и превращаются в куколки, которые сразу не развиваются, а впадают в диапаузу до следующей весны. Дубовый шелкопряд во всех стадиях крупнее тутового. Только что вылупившаяся гусеница имеет длину 6—7 мм, а в конце развития — 9—10 см и весит до 20—25 г. Бабочка примерно в 2 раза крупнее тутового шелкопряда. Сырые коконы весят 5—8 г, а сухие — 1,5—2,5 г, имея длину 40—50 мм при поперечном размере 23—25 мм. Шелконосность коконов дубового шелкопряда 22—28 %, т. е. почти вдвое ниже, чем тутового, а сформирован он менее правильно: наружные слои оболочки, особенно с одного из концов, имеют рыхлое строение и переходят в ножку — тяж, с помощью которого гусеница прикрепляет кокон к ветке дерева. Такое строение кокона затрудняет размотку. Нить коконов дубового шелкопряда короче и толще, чем нить тутового шелкопряда. Она имеет характерную коричневую окраску, более сплюснута, на поверхности видны штрихи вследствие резко фибриллярного строения. Нить имеет высокую прочность, более хемостойка. Содержание серицина, по данным М. В. Корчагина и А. А. Тихоновой, составляет всего лишь 5 % от массы оболочки; шелковина содержит щавелевокислый кальций и другие соли.

Дубовый шелкопряд разводят в рощах с низкорослыми дубами. Для выкормки 1 кг грен (120 000 ячеек) требуется примерно 1,5 га леса. Из 1 кг грен получают 300—350 кг сырых коконов.

Иногда выкормку непосредственно на деревьях заменяют выкормкой на срезанных ветвях, помещаемых в корытах с водой. Выкормки необходимо охранять от птиц, которые являются главными врагами дубового шелкопряда; обычно места выкормки ограждают сетками.

Невысокая урожайность, низкая шелконосность и плохая разматываемость приводят к тому, что шелк дубового шелкопряда обходится дороже, чем шелк тутового шелкопряда. Поэтому в нашей стране дубовый шелкопряд имеет очень ограниченное распространение. Небольшие выкормки имеются в СССР и других республиках.

7. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ШЕЛКА

Шелк применяется главным образом для изготовления тонких платьевых и бельевых тканей. Красивый внешний вид, обусловливаемый хорошей окрашиваемостью, приятным матовым блеском, а также большая прочность, упругость, способность легко поглощать влагу делают шелк ценным сырьем. Однако высокая стоимость его получения ограничивает его применение.

В настоящее время основным сырьем шелковой промышленности являются химические нити различных видов. Доля тканей из натурального шелка составляет около 5 % по метражу.

Из шелка вырабатывают в основном креповые ткани, т. е. ткани, изготовляемые из сильно крученых нитей, имеющих свое-

образную зернистую поверхность; остальная часть приходится на шелковое полотно, атласы различных видов, декоративные и галстучные ткани и др.

Из шелковой пряжи, полученной из отходов, вырабатывают полотно, ворсовые ткани и др. Кроме того, из шелка вырабатывают различные крученые нити: швейный шелк, вышивальный шелк и др.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. X

1. Михайлов Е. Н. Шелководство. М., 1957.
2. Рубинов Э. Б. Технология шелка (кокономотание). М., 1981.
3. Кукин Г. Н. Равномерность шелка-сырца по тонине. М., 1954.
4. Справочник по шелкосырью и кокономотанию/Рубинов Э. Б., Мухамедов М. М., Осипова Л. Х., Никитин И. В., Беда С. С., М., 1971.
5. Вопросы физико-химии и технологии натурального шелка: Сб. научных статей. Ташкентский политехнический институт. Ташкент, 1978.

ГЛАВА XI. АСБЕСТ

Асбест объединяет две группы (серпентин и амфибол) волокнистых минералов из класса силикатов. К первой группе относится хризотил-асбест, а к группе амфибол-асбеста — крокидолит. По химическому составу асбест представляет собой водные силикаты магния, железа и отчасти кальция и натрия. Около 95 % используемого асбеста приходится на долю хризотил-асбеста. Его крупные месторождения за рубежом находятся в Канаде, Зимбабве и ЮАР. В Советском Союзе асбест добывают на Урале (Баженовское, Кнембаевское, Сысертское месторождения), Казахстане и Тувинской АССР. Большое развитие асбестовая промышленность получила после Великой Отечественной войны и стала одной из передовых отраслей в нашей стране.

1. ДОБЫЧА И ОБОГАЩЕНИЕ АСБЕСТА

Асбест обычно залегает в горных породах в виде жил и прожилков. Его волокна, плотно прилегая друг к другу, образуют прочную компактную массу, которая после расщепления превращается в асбестовое волокно.

Разработка месторождений асбеста в Советском Союзе ведется преимущественно открытым способом; иногда проводят и подземную разработку асбеста. На участках высокосортового кускового асбеста (клюд) вначале ведут ручную отбойку руды, затем отбирают куски асбеста и проводят ручное обогащение, т. е. отделение пустых пород от асбеста. После завершения ручной отбойки руды из взорванной рудной массы добывают кусковой асбест (клюд), получают руду с разным содержанием асбеста и пустую породу. Из полученной руды на обогатительных фабриках от асбеста отделяют пустую породу.

Обогащение руды основано на двух ее свойствах:

1) меньшей прочности связи жил асбеста с породой по сравнению с прочностью породы; в результате при дроблении руды ее куски разламываются преимущественно по поверхности контакта жил асбеста и породы и значительная часть асбеста отделяется от породы;

2) большей относительной поверхности массы волокон по сравнению с поверхностью породы, вследствие чего волокна асбеста легче увлекаются потоком воздуха, чем порода.

После крупного и среднего дробления руды на куски их подвергают 4—5-кратному мелкому дроблению; после каждого из них раздробленную массу трясут на качающемся грохоте (наклонной плоскости), где более легкое волокно располагается над породой. В конце грохота волокна асбеста засасыва-

ются через сопло вентилятором, осаждаются в камере для волокна, а пыльный воздух проходит через вентилятор в пыльную камеру. Осажденное волокно содержит пыль и мелкие частицы породы, поэтому его несколько раз обеспыливают. Далее очищенные волокна асбеста сортируют по длине на ситах барабанного типа. Чем мельче отверстия в ситах, тем более короткий асбест выпадает через них. Асбест пакуют в джутовые мешки или бумажные пакеты по 25—50 кг.

2. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АСБЕСТА

Хризотил-асбест и крокидолит, содержащие более длинные волокна ($L > 10$ мм), перерабатывают обычно в смеси с хлопковым, вискозным или другими химическими волокнами в пряжу, из которой изготовляют огнезащитные ткани и костюмы, а также ткани для химической промышленности. Из более короткого волокна асбеста вырабатывают картон, фильтры, тормозные колодки, термо- и звукоизолирующие прокладки, а также асбестоцементные изделия — кровельные плиты, трубы и др.

На основе асбестовых тканей и связующих терморесактивных синтетических смол изготовляют слоистые пластики — асботекстолит, а на основе волоконистого асбеста — различные прессматериалы — асбоволокниты. Их используют для различных термостойких деталей.

Хемостойкий амфибол-асбест применяют для кислотостойких фильтров, прокладок и как наполнитель в асбоволокнитах [1, 2].

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. XI

1. Поялков А. С. Прядение и качество асбестового волокна. М., 1971.
2. Федосеев А. Д. и др. Волокнистые силикаты. Природные и синтетические асбесты/Федосеев А. Д., Григорьева Л. Ф., Макарова Т. А. М.—Л., 1966.

ГЛАВА XII. ХИМИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА И НИТИ

1. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ НИТЕЙ

Как отмечалось, волокна и нити делятся на два типа — натуральные и химические (подробная классификация последних дана в гл. IV). Из классификаций следует, что химические волокна и нити в свою очередь делятся на два подтипа — искусственные и синтетические (см. с. 33). Химические волокна и нити производят из сырья разнообразных видов: из природных высокомолекулярных соединений (целлюлозы, белков и др.), из синтетических высокомолекулярных соединений (полиамидов, полиэфиров и др.), также из стекла, а в небольших количествах и из низкомолекулярных веществ — металлов.

Стеклянные нити вырабатывали еще в Древнем Египте и использовали для украшений. В середине XVIII в. М. В. Ломоносов предпринял попытки найти способы их промышленного производства. Первые шаги в массовом производстве химических нитей были сделаны лишь в середине XIX в., когда начали изучать свойства целлюлозы. Целлюлоза вследствие своей большой распространенности, дешевизны и высоких свойств оказалась

подходящим сырьем для производства химических волокон и нитей разных видов. Основы их производства были заложены в результате нескольких изобретений.

В 1855 г. Ж. Одемар из Лозанны (Швейцария) взял в нескольких странах патенты на новое волокнистое вещество — «растительный шелк». Во французском патенте (№ 11997 от 27/1 1855 г.) он писал, что его изобретение состоит в получении из коры тутовника растительного шелка и волокон, годных для всех применений хлопка, пеньки, льна и других волокнистых веществ, не исключая и шелка. Он предложил последовательно обрабатывать лубяной слой коры тутовых веток в растворе буры и азотной кислоты, прессовать, а затем выдерживать 24 ч в смеси винного спирта и щелочи. Обработанный луб после сушки подвергался трепанию, чесанию и поступал в прядение.

Получившийся при этом материал еще не являлся искусственным волокном, но несомненно, что лубяные целлюлозные волокна, залегающие в коре тутовника, при описанной обработке в какой-то мере этерифицировались. Получавшаяся (вероятно, в основном на его поверхности) нитроцеллюлоза существенно изменяла его свойства и придавала ему шелковистый вид, что, по-видимому, и послужило основанием для названия «растительный шелк»*.

В 1862 г. француз Озанам предложил для формования искусственных волокон продавливать жидкость через тонкие отверстия. Предложения Одемара и Озанам послужили основой для разработки способа получения первого (по времени появления, если не считать стеклянных нитей) вида искусственных нитей — нитратных. Д. Сван, известный изобретатель в области электротехники и фотографии, в 1883 г. предложил метод изготовления нитратных нитей, которые подвергались карбонизации. Эти нити применяли в лампах накаливания. Позднее из них были изготовлены и ткани, демонстрировавшиеся в 1885 г. Однако промышленный способ производства нитратных искусственных нитей был разработан французским инженером Илэром де Шардоннэ. Он проводил свои работы в 1878—1884 гг. и получил французский патент (№ 165349 от 17/XI 1884 г.) на производство искусственного шелка прядением из жидкости. Эту дату и можно считать датой «рождения» искусственных волокон. После демонстрации изобретения Шардоннэ в 1889 г. на Всемирной выставке в Париже было организовано акционерное общество, которое построило в 1890 г. в г. Безансоне фабрику нитратных искусственных нитей. Способ был основан на получении нитроцеллюлозы из отходов хлопка и последующего растворения ее в смеси этилового спирта и этилового эфира (получения коллодия), фор-

* Интересно отметить, что Ж. Одемар в своем патенте предлагает подвергать подобной же обработке хлопчатобумажную пряжу. Таким образом, он, по-видимому, был первым, кто выдвинул идею этерификации хлопка и изделий из него, используемую и в настоящее время.

мования комплексной нити путем продавливания коллодия через тонкие отверстия, испарения летучих растворителей, последующей денитрации нити в растворе сульфгидрата кальция или натрия, т. е. превращения нитроцеллюлозной нити в гидратцеллюлозную и, наконец, ее отбели. Этот способ оказался мало-совершенным и неэкономичным, так как нить получалась низкого качества, легко воспламенявшаяся и, кроме того, при ее изготовлении применялись дорогие и взрывоопасные растворители.

Были сделаны многочисленные попытки усовершенствования технологии нитратных нитей. В частности, был применен метод формования в воду, в которой в свою очередь растворялись летучие растворители — спирт, эфир (способ Лейнера), однако основные недостатки нитратных нитей сохранялись. К началу 30-х годов XX в. производство их прекратилось. Вскоре после появления нитратных нитей был разработан и другой способ получения искусственных нитей из целлюлозы в виде отходов хлопка. В качестве растворителя в этом случае применяется комплексное соединение гидрата окиси меди с аммиаком — $\text{Cu}(\text{NH}_3)_m(\text{OH})_2$. Этот растворитель был открыт швейцарским ученым М. Швейцером еще в 1857 г. и часто называется его именем. Эти нити получили название медно-аммиачных. Их появление сначала также было связано с поисками нитей для ламп накаливания. Практически производство медно-аммиачных нитей было начато в Германии в 1897 г.

Медно-аммиачные нити не получили широкого распространения, так как для их производства требовался ценный цветной металл — медь. В ограниченном объеме они вырабатываются и в настоящее время.

Наибольшее значение среди искусственных волокон и нитей получили вискозные, изготавливаемые из щелочного раствора ксантогената целлюлозы. Ксантогенат впервые был получен в Англии Ч. Кроссом, Э. Бивеном и К. Бидлом в начале 90-х годов. Раствор, из которого их вырабатывали, обладал большой вязкостью, его называли «вискоид». От этого термина и произошло название нитей.

Д. И. Менделеев по поводу реакции получения ксантогената писал, что промышленность, основанная на упомянутой реакции, может получить большое развитие. Гениальное предвидение великого русского ученого оправдалось. В 1904—1905 гг. началось производство вискозных нитей в Англии, а затем в Германии. Возможность использования дешевой древесной целлюлозы, доступных и недорогих реактивов привела к быстрому распространению вискозного способа во многих странах мира.

Интересно отметить, что первым заводом искусственных нитей в царской России явился завод в г. Мытищах под Москвой, основанный в 1909 г. для производства нитей по вискозному способу (в США первый завод вискозных нитей был открыт в 1910 г.). Достоинством этого производства является возможность получения очень тонких нитей при достаточной прочности и хорошая равномерность по тонине. Во Франции в 1912 г. П. Жирар взял патент на производство искусственных волокон путем нарезания на короткие отрезки длинных комплексных нитей, состоящих из большого числа элементарных. В этом случае эти комплексные нити состояли уже не из нескольких десятков, а

из тысяч элементарных, получивших наименование «жгутов». Пучки отрезков — штапельки по длине соответствовали натуральным волокнам — хлопку, шерсти и др. Это позволяло перерабатывать искусственные волокна в пряжу на оборудовании для натуральных волокон, в чистом виде или в смеси с последними. Это расширяло возможности использования искусственных нитей, так как пряжа, в отличие от комплексных нитей, имеет больший объем, пушистость, что необходимо для ряда изделий (например, костюмных и пальтовых тканей и др.). В период первой мировой войны (1914—1918 гг.) производство искусственных волокон получило большое развитие в Германии, отрезанной от рынков сырья — хлопка, шерсти. В этой стране искусственные короткие волокна получили наименование штапельных*. Поскольку стоимость многих из этих волокон ниже стоимости натуральных, дополнительные расходы на их переработку в пряжу, т. е. на новое превращение их в нити, вполне окупаются вследствие одновременного выпуска на одном прядильном устройстве, выпуска при формовании жгута нескольких тысяч элементарных нитей вместо небольшого их числа в комплексных нитях. К началу 30-х годов производство химических волокон осуществлялось уже в большинстве промышленно-развитых стран (например, США), в которых имелось большое свое производство хлопка и шерсти.

В 20-х годах быстро развилось производство ацетатных нитей из ацетилцеллюлозы.

В 30-х годах началось небольшое производство волокон из белков, главным образом из казеина. Впервые подобное волокно получено в Германии Тодтенхауитом в самом начале XX века, но промышленное производство его развилось в 1935 г. в результате работ итальянского исследователя А. Феретти. Вскоре появились и другие белковые волокна — из зеина, белков земляного ореха (арахиса) и др. Вследствие того что для производства их расходуются ценные пищевые белки, а качество получаемых волокон невысокое, большое развитие производство белковых волокон не получило.

Большим сдвигом в производстве искусственных волокон явилось появление синтетических волокон. Для производства волокон стала использоваться новая широкая сырьевая база — разнообразные синтетические вещества (см. гл. V). Это дало возможность производить волокна с разнообразными свойствами, шире видоизменять показатели свойств, чем при производстве волокон из натуральных полимеров, т. е. главным образом целлюлозы и ее производных. В середине 30-х годов в небольших количествах начали производить волокна из хлорсодержащих виниловых соединений. Затем появилось полиамидное волокно — нейлон, производство которого, начавшееся в промышленных

* Этот термин получил распространение в ряде стран, в том числе и в СССР. В настоящее время согласно ГОСТ 13784—70 подобные волокна принято называть химическими или добавлять прилагательное, указывающее их вид, например вискозные волокна, медно-аммиачные волокна и т. д.

масштабах в 1939 г., было подготовлено капитальными исследованиями известного американского ученого химика У. Карозерса, проведенными в 1929—1935 гг. К концу 30-х годов во многих странах были начаты исследовательские работы в области синтеза полиамидов. В 1938 г. немецкий ученый П. Шлак получил поликапролактан. Независимо от работ немецких исследователей работы по получению поликапролактама и волокон из него производились в СССР группой советских ученых — И. Л. Кнулянец, З. А. Роговиным и др. В конце 40-х годов в СССР было начато промышленное производство капронового волокна.

Высокие механические свойства и ряд других положительных особенностей полиамидных волокон наряду с относительно невысокой стоимостью сырья привели к быстрому развитию их производства во многих странах. В СССР в результате работ А. Н. Несмеянова, А. А. Стрелихеева, Р. Х. Фрейдлиной и других получено еще одно полиамидное волокно — энант. Далее в разных странах были получены и другие полиамидные волокна (см. гл. XIV).

В 40-х годах работы английских химиков Д. Уинфилда и Д. Диксона положили основу для производства полиэфирных волокон. С 1951 г. в Англии, а позднее и в других странах было начато промышленное производство волокна из полиэтилентерфталата. В СССР это волокно получило наименование лавсан. Сначала производство полиэфирных волокон росло медленно. Доминирующими среди синтетических волокон оставались полиамидные. Однако по мере освоения производства полиэфирных волокон в ряде стран и широкого внедрения их в текстильную промышленность выявлялись некоторые их преимущества — устойчивость к действию более высоких температур, большая стабильность структуры к действию напряжений и др.

В СССР работы по получению исходного полимера начались под руководством В. В. Коршака в 1949 г., а в 1956 г. началось промышленное производство нитей, а затем и волокон этого вида.

Начиная с середины 30-х годов примерно в течение 25 лет в ряде стран было проведено значительное число работ и начат промышленный выпуск ряда синтетических волокон из карбоцепных полимеров. Вначале внимание исследователей было сосредоточено на различных хлорсодержащих виниловых и поливинилацетатных соединениях, в том числе сополимерных, дополнительно хлорированных и др. Исследователей привлекли относительная дешевизна и доступность этих продуктов, хорошая хемостойкость и другие положительные свойства. Наряду с этим почти все эти волокна имели и ряд отрицательных особенностей — невысокие механические свойства и, главное, сравнительно низкую термостойкость. Многие из этих волокон и нитей в ограниченных количествах вырабатываются и в настоящее

время преимущественно для различных технических целей (см. с. 196). Тогда же появились и фторсодержащие нити — из политетрафторэтилена (тефлон в США) и сополимерное волокно фторлон, разработанное З. А. Роговиным и его сотрудниками в Московском текстильном институте им. А. Н. Косыгина.

Большое развитие получили другие карбоцепные синтетические волокна и нити. Среди них прежде всего следует назвать полиакрилонитрильные волокна и нити.

В мировом производстве волокна и нити из полиакрилонитрила и его сополимеров, будучи более дешевыми и обладая в целом удовлетворительным комплексом механических и других свойств, заняли по объему третье место.

Разработка технологии их в СССР велась преимущественно во Всесоюзном научно-исследовательском институте синтетических волокон (ВНИИСВ) под руководством А. Б. Пакишвера.

Еще в годы второй мировой войны в Англии в Международном химическом концерне (ICI), производившем пластмассу из полиэтилена, была сделана попытка выпускать из него и монопнити. Это явилось началом использования полимеров из углеводородов полиолефинового ряда для производства химических нитей и волокон. Дальнейшие работы в этой области продолжались в 50-х годах в Англии, ФРГ, Италии и других странах. Были использованы катализаторы новых видов, предложенные К. Циглером (ФРГ) и Д. Наттой (Италия), обеспечившие при синтезе полиолефинов их оптимальную структуру. Началось производство нитей из полиэтилена, полипропилена и полистирола. Основными стали нити из полипропилена; по тоннажу полиолефиновые нити и волокна заняли четвертое место в мире. Их производство началось также в СССР и других странах. Как уже отмечалось, одними из первых синтетических волокон и нитей явились волокна и нити, производимые из виниловых галогенопроизводных полимеров, преимущественно хлорсодержащих. Использование доступных исходных материалов, их дешевизна, хорошая хемостойкость привлекали внимание к этим материалам. Однако низкая устойчивость к нагреву привела к тому, что, хотя их и производят во многих странах (в том числе и в СССР), но в ограниченных количествах. Особо хемостойкими нитями, соединяющими это свойство со значительной теплостойкостью, явились нити из виниловых фторсодержащих полимеров и их сополимеров. Они вырабатываются в основном для технических целей.

Промышленное производство поливинилоспиртовых нитей началось в конце 40-х годов в Японии. В СССР, несмотря на ряд проведенных работ по изучению их технологии и ее совершенствованию, эти нити еще не получили широкого использования ввиду некоторых специфических сложностей их производства, требующих использования промежуточных продуктов — винилацетата, для которого необходима уксусная кислота, и др. Эти нити интересны тем, что являются почти единственными, способными к поглощению которых приближается к влагопоглощению хлопкового волокна.

За последние десятилетия большое развитие получило производство химических нитей и волокон для разнообразных технических целей. Среди них прежде всего следует отметить нити и волокна из кремнийорганических соединений — стеклянные и другие, промышленное производство которых началось еще в предвоенные годы.

Они получили широкое распространение в технике как материалы для электро-, тепло- и звукоизоляции, как армирующие материалы для стеклопластиков, как световоды для лазерных лучей. Изготавливаются волокна и из сплавов стекла с металлами.

Разработка технологии производства нитей и волокон из кремнийорганических соединений осуществлялась во Всесоюзном научно-исследовательском институте стеклопластиков и стекловолокон (ВНИИСПВ) М. С. Аслановой, М. Г. Заком и другими.

В 50-х годах возникло производство углеродных нитей и волокон, получаемых обугливанием вискозных и полиакрилонитрильных нитей. Они находят разнообразное применение в технике, прежде всего в качестве термостойких нитей, нитей, обладающих электропроводностью; углеродные волокна используются при производстве композитов — пластмасс, армированных ими, и др. Далее следует отметить, что в СССР, США и других странах начато производство ряда термостойких и высокопрочных нитей; часто эти две важные особенности совпадают для одних и тех же материалов. Высокопрочные нити используют для корда, конвейерных лент, канатов и многих других изделий; термостойкие — для изделий, применяемых в условиях нагрева, в том числе и способных хорошо сопротивляться трению, пегорючих. Для этих материалов синтезирован ряд новых, ранее неприменявшихся полимеров.

В СССР в этой области наибольшие достижения получены в работах ВНИИпроекта, Ленинградского филиала этого института, а также в работах ВНИИСВ.

Поиски ученых в области производства нитей и волокон из полимеров новых видов продолжают в разных странах. Следует упомянуть о некоторых новых способах и направлениях в производстве химических волокон и нитей. Среди них отметим производство волокон из пленок (полиэфирных, полиолефиновых), которые с помощью воздействия игольчатыми барабанами и другими методами разделяются на узкие продольные волоконподобные части. Их иногда называют фибриллизированными волокнами.

Одним из интересных направлений является также модификация химических волокон и нитей, т. е. направленное изменение присущих им или придание новых свойств, осуществляемое путем видоизменения их состава (химическая модификация) или их надмолекулярной структуры, формы (физическая модификация)*.

* Некоторые авторы трактуют термин «модификация» излишне широко, относя к этому понятию производство нитей и волокон и сополимеров и различные способы дальнейшей их переработки (например, текстурирование), некоторые виды отделки изделий и т. д., что нельзя считать правильным.

В СССР получены модифицированные нити и волокна (а также изделия), обладающие повышенной термостойкостью, антимикробностью и др.; изменением формы поперечного сечения получены нити с повышенным влагосодержанием и др. Отметим, что химическая модификация применяется в настоящее время и для натуральных волокон, а также нитей и изделий из них. Наибольших успехов в этой области достигли советские ученые. Работы по модификации химических волокон широко развернулись в проблемных лабораториях вузов страны.

Из всего сказанного следует, что в течение текущего столетия, т. е. со времени возникновения производства химических волокон и нитей (в конце девятнадцатого столетия) и до наших дней происходил процесс быстрого развития их производства. Это положение хорошо иллюстрируют данные табл. II.1. Если в первые 60 лет рост был сравнительно умеренным, то в последние 30 с лишним лет он был огромным. Среди всех других волокон и нитей в мировом производстве химических волокон и нитей вышли на первое место. В 1982 г. выпуск их вместе с нитями и волокнами из кремнийсодержащих веществ составил около 16 млн. т, т. е. приближался к половине всех волокон, производимых в мире. Распределение их по группам ориентировочно составляет следующие доли: искусственные несколько более 20 %, синтетические около 80 % (в том числе полиэфирные 30 %; полиамидные, включая высокопрочные, 20 %; полиакрилонитрильные 7,5 %; полиолефиновые 6,5 %; кремнийсодержащие, т. е. стеклянные и др., 9 %; прочие 0,7 %).

Основные причины большого роста производства химических волокон были следующие.

1. В рассматриваемый период имел место большой рост мирового населения (оно увеличилось более чем в 3 раза), а также культуры и техники. Это вызывало большой рост потребности в текстильных материалах. Удовлетворить его за счет развития производства натуральных волокон было бы трудно, так как потребовалось бы большое количество посевных площадей, отводимых под технические культуры (хлопок и др.), и животноводства (в основном овцеводства). Это потребовало бы значительного времени и повышенных расходов, к тому же одновременно необходимо было развивать производство продуктов питания. Справляться со всем этим сельскому хозяйству многих стран было бы затруднительно.

2. Ряд индустриально развитых стран (например, страны Западной Европы, Япония и др.) в силу географического положения и сравнительно малых территорий не имеют возможности развивать производство натуральных волокон и нитей; для производства же химических используется разнообразное исходное сырье, которое во многих случаях легче получить из разных стран (например, продукты перегонки каменного угля и нефти, древесную целлюлозу и др.).

3. Разнообразие химических волокон и нитей, производимых в настоящее время, очень велико (их производится свыше 80 видов). Они обладают различными свойствами, и большинство потребностей человека и техники могут быть удовлетворены ими. Если отдельные из них не всегда обладают всем необходимым комплексом свойств, например полиэфирные волокна при высоких показателях механических свойств обладают низким водопоглощением, что затрудняет их использование для одежды, то их широко применяют в смесях с другими волокнами.

4. Производство многих химических волокон экономически значительно выгоднее нежели натуральных (табл. XII.1) *.

Табл. XII.1. Сравнение относительных технико-экономических показателей, %, различных химических волокон и хлопка

Волокна	Себестоимость сырья	Удельные капиталовложения	Трудовые затраты	Расходы энергии	Приведенные общие затраты
Полиэфирное (лавсан)	100	100	100	100	100
Полиамидное (капрон)	172	146	176	284	166
Полиакрилонитрильные (нитрон)	127	100	180	209	115
Вискозное обыкновенное	98	102	145	182	100
Вискозное высокопрочное	125	141	157	249	139
Хлопок средневолокнистый	165	116	874	—	143

Примечания: 1. Все сравнение делается для химических волокон линейной плотности 0,17 текс, т. е. сходной с таковой для средневолокнистого хлопка.

2. Затраты взяты вместе с сопряженными затратами.

К данным табл. XII.1 следует добавить, что трудозатраты при производстве мытой тонкой шерсти примерно в 3 раза выше, чем при производстве хлопкового волокна, льноволокна — вдвое, а натурального шелка — в 40 раз.

2. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН И НИТЕЙ В СССР

Производство химических нитей и волокон в царской России, начавшееся в 1909 г., имело очень маленький объем. Подлинное развитие промышленности химических волокон и нитей началось в годы первых пятилеток, когда была реконструирована фабрика в Мытищах, построено три крупных предприятия, работающих по вискозному способу, и другие заводы.

* Серков А. Т. и др. Технико-экономические предпосылки развития производства штапельных волокон/Серков А. Т., Смирнов В. С., Бондарь В. П., Зотикова О. Н. — Химические волокна, 1980, № 4, с. 40—41.

ВСНХ (Высший Совет народного хозяйства), которым в те годы руководил Г. К. Орджоникидзе, предпринял меры для создания большой отрасли химической промышленности — отрасли химических волокон. В 1930—1931 гг. были пущены заводы в Клину, Могилеве и в Ленинграде; поэтому 1930—1931 годы принято считать годами возникновения этой отрасли.

Основным способом производства был в то время вискозный.

В 30-х годах продолжалось строительство заводов, рос выпуск химических волокон и нитей.

В период Великой Отечественной войны ряд предприятий, оказавшихся в зоне военных действий, сильно пострадал, но сразу после окончания войны началось восстановление отрасли, а с конца 50-х годов ее быстрое развитие на вновь построенных заводах. Началось производство синтетических нитей и волокон.

Рост советской промышленности химических волокон и нитей по годам показан в табл. II.1.

В СССР работает ряд заводов химических волокон и нитей, размещающихся в разных районах страны. Балаковское и Могилевское производственные объединения — крупнейшие в мире. Растут технико-экономические показатели работы отрасли (например, производительность труда возросла за последние 20 лет более чем в 2 раза). Выпускаются все основные виды волокон и нитей. По производству искусственных материалов СССР занимает первое, а по синтетическим — третье место в мире. Из 305 тыс. т искусственных комплексных нитей, выпущенных в 1980 г., на долю ацетатных приходится 55 тыс. т, основная масса остальных — вискозные, небольшая доля — медно-аммиачных.

На долю искусственных волокон приходится немного более половины всех искусственных материалов. Среди синтетических, наоборот, преобладают нити (более 55 %). На долю полиамидных материалов падает около 60 %, полиэфирных — 25 %, полиакрилонитрильных — более 10 %.

В 1985 г. намечено выпуск химических волокон и нитей довести до 1,6 млн. т, т. е. за одиннадцатую пятилетку производство увеличится на 36 %. Преимущественный рост получают синтетические волокна и нити. Значительная доля их будет использована в технике; это позволит высвободить часть натуральных волокон (например, хлопкового), все еще в значительных количествах используемых для технических нужд. Эти волокна целесообразно направить на производство бельевых, одежных и других изделий, где их применение в соответствии с их свойствами, будет более рациональным.

Необходимо, однако, отметить, что при непрерывном росте производства химических волокон и нитей потребность в них пока еще удовлетворяется не полностью.

3. ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН И НИТЕЙ ЗА РУБЕЖОМ

Производство химических волокон и нитей развито в большинстве стран мира. Так, по последним данным мировой статистики, в мире работает около 800 предприятий, выпускающих химические волокна и нити; среди них около 150 производят искусственные, 70 — стеклянные, остальные — синтетические.

В 1980 г. в Советском Союзе было выпущено 1176 тыс. т химических волокон, в Германской Демократической Республике — 307,5, Болгарии — 86,1, Польше — 223,9, Румынии — 199,5, Югославии — 136, Чехословакии — 131,1, в том же году в Китае было выпущено 440 тыс. т химических волокон.

В ряде капиталистических и развивающихся стран также широко развито производство химических волокон и нитей. В 1980 г. в США их выпущено 3607,7 тыс. т, в Японии — 1754,1 тыс. т, ФРГ — 831 тыс. т, Англии — 433,6 тыс. т. Производство вискозных материалов сокращается, что связано с большим использованием в технике синтетических, которые лучше подходят для многих целей (например, для корда). Так, в США на долю синтетических волокон и нитей (без полиолефиновых) приходится около 90 %; среди оставшихся искусственных свыше 40 % — ацетатные.

4. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПОЛУЧЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН И НИТЕЙ [1, 2, 3]

Для изготовления большинства химических волокон и нитей исходный твердый полимерный материал путем растворения или плавления переводят в жидкое состояние и под давлением нагнетают по системе разветвленных трубок, концы которых закрыты фильерами — колпачками с маленькими отверстиями. Выдавливаемые через них непрерывные струйки жидкого полимера вследствие испарения растворителя, или физико-химического взаимодействия с окружающей средой, или охлаждения, затвердевают и превращаются в элементарные нити, которые чаще соединяют вместе скручиванием, а также пневматическим переплетением или перепутыванием.

При получении волокон отдельные элементарные нити со многих фильер соединяют вместе в один жгут, который затем разрезают на волокна заданной длины. Кроме того, применяют штапельирование жгута, т. е. надрыв в нем нитей через определенные интервалы, и получают ленту, которую перерабатывают в прядильном производстве. В штапельированной ленте отдельные надорванные нити в последующем процессе вытягивания разделяются на волокна. Использование в прядении жгута заданной линейной плотности сокращает ряд технологических процессов:

на заводах химических волокон — резку жгута и прессование волокон в кипы, а на прядильных фабриках — разрыхление спрессованного волокна, чесание и получение ленты.

Несмотря на различие отдельных процессов изготовления разных химических волокон и нитей, в производстве их имеется много общего, что позволяет сравнивать и изучать вначале основные этапы производства обобщенно, а затем по отдельным их видам.

Производство химических волокон и нитей складывается из следующих этапов: получение или предварительная обработка сырья, приготовление прядильного раствора или расплава, формирование нитей или жгута, их вытягивание и термофиксация, отделка и текстильная переработка (скручивание, перемотка и сортировка) нитей, разрезание или штапелирование жгута.

Получение исходного полимера (сырья) и его предварительная обработка

Исходное сырье для искусственных волокон и нитей получают с заводов других отраслей промышленности. Например, целлюлозу получают с хлопкоочистительных или целлюлозных заводов. Ее предварительная обработка заключается в очистке хлопковой целлюлозы, измельчении древесной целлюлозы, а также химической обработке для превращения в новые полимерные вещества (ксантогенат целлюлозы, ацетилцеллюлозу), растворимые в доступных растворителях.

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

Приготовление прядильного раствора или расплава

Твердое исходное полимерное сырье различной формы и размеров должно быть превращено в тонкие нити или волокна примерно цилиндрической формы. Для этого необходимо ослабить межмолекулярное взаимодействие и изменить расположение макромолекул исходного полимера переводом 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, хлориновых и других волокон и нитей, второй — при получении капроновых, амидных, лавсановых и других волокон и нитей, а третий — при выработке полипропиленовых волокон и нитей.

Приготовление прядильного раствора. Прядильным раствором называют достаточно 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: низкая стоимость, распространенность, малая токсичность, простая регенерация и огнебезопасность. Предпочтительнее растворители с пониженной горючестью и воспламеняемостью. Обычно растворитель регенерируют и используют повторно в производстве. Поэтому при регенерации не должно происходить химического изменения или разложения растворителя.

Полимер обычно растворяют в аппаратах периодического действия, представляющих собой горизонтальные или вертикальные баки с мешалкой и рубашкой для подогрева раствора. Основными контролируемыми параметрами процесса являются температура и продолжительность растворения. В некоторых случаях возможно совмещение процессов получения полимера и прядильного раствора, например при полимеризации или сополимеризации (см. с. 46) мономеров в жидкости, в которой растворяются мономеры и получающийся полимер.

Чем больше получено однородного раствора, тем длительнее обеспечивается равномерность формования из него нитей. Поэтому 2—4 партии отдельно приготовленных растворов смешивают в большом баке-смесителе, снабженном мешалками. При использовании однородных полимера и растворителей необходимость в смешивании растворов отпадает.

При формовании нитей или волокон раствор продавливают через фильтры с отверстиями малого диаметра (0,05—0,1 мм). При засорении отверстий фильтры или прохождении через них пузырьков воздуха непрерывное истечение струйки раствора прерывается и происходит обрыв изготавливаемой нити. Во избежание этого раствор фильтруют 3—4 раза под давлением (4...25) 10^5 Па. Чем больше вязкость раствора, тем под большим давлением его фильтруют. В качестве фильтрующих материалов чаще используют ткани 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 характеризуют двумя основными показателями — вязкостью и концентрацией полимера в растворе. С повышением концентрации увеличивается производительность при формовании, но вследствие повышения вязкости раствора замедляется скорость фильтрования и обезвоздушивания раствора, а его истечение из отверстий фильтров затрудняется. Снижение концентрации раствора иногда может ухудшить свойства получаемых нитей и волокон. Поэтому установлены оптимальные концентрация и вязкость прядильного раствора для волокон и нитей различных видов.

Приготовление прядильного расплава. При поликонденсации

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 в виде отдельных партий гранул, после их смешивания для получения равномерного расплава полимер *1* (рис. XII.1) загружают в плавильную головку. Ее продувают инертным газом для удаления кислорода воздуха, который вызывает деструкцию нагретого полимера. При соприкосновении с трубчатой решеткой *2*, нагретой теплоносителем, полимер плавится и стекает вниз, образуя расплав.

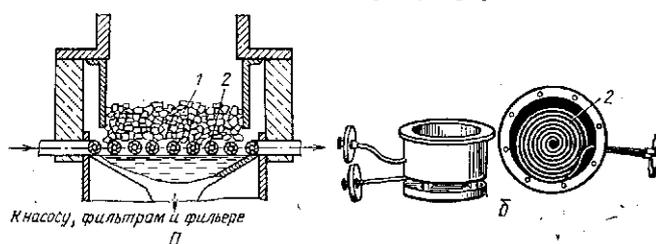


Рис. XII.1. Плавильная головка:

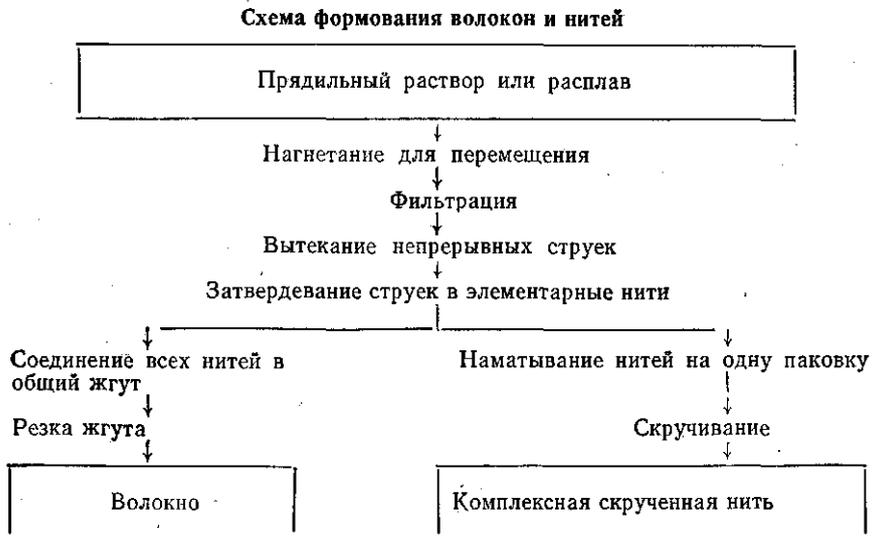
а — схема; *б* — общий вид

Поскольку расплав полимера имеет высокую температуру (260—320 °С), его фильтруют через несколько слоев кварцевого песка и металлические сетки непосредственно перед поступлением на фильеру.

Введение добавок в прядильный раствор или расплав применяют для уменьшения блеска, окрашивания в массу, придания белизны, повышения термо- и светостойкости, снижения электризуемости, сообщения волокнам и нитям бактерицидных и других защитных свойств. Добавки вводят опудриванием полимера перед растворением или добавлением сухого вещества, пасты, концентрированного раствора с последующим тщательным перемешиванием раствора с добавкой. При расплаве добавки чаще вводят, опудривая гранулы, а иногда добавляя пасту в расплав перед формованием или при синтезе полимера.

Формование нитей, жгута и волокон

Эта стадия технологического процесса заключается в равномерной дозированной подаче, фильтрации и продавливания прядильного раствора или расплава через отверстия фильеры, затвердевании вытекающих струек, вытягивании и наматывании получающихся нитей на приемные приспособления или соединении их в жгут, разрезаемый иногда на волокна (см. схему на с. 155).



Существует несколько способов формирования: 1) из раствора мокрым способом; 2) из раствора сухим способом; 3) из расплава; 4) из размягченного полимера.

Мокрый и сухой способы формирования нитей из раствора. Эти способы являются наиболее распространенными. При формировании мокрым способом (вискозных, медно-аммиачных, нитроновых, поливинилспиртовых, хлоридных и других нитей) вытекающие из фильеры 1 (рис. XII.2) струйки 2 поступают в рас-

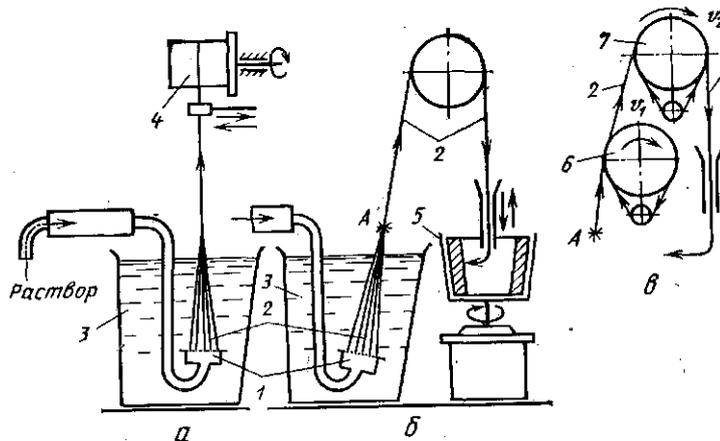


Рис. XII.2. Схема формирования нитей из раствора мокрым способом:

а — с наматыванием на бобины; б — со скручиванием и наматыванием с помощью центрифуги; в — с дополнительной вытяжкой

твор осадительной ванны 3, где происходят физико-химические процессы высаживания полимера (затвердевание струек и превращение их в нити), а иногда и химическое взаимодействие его с компонентами ванны, приводящее к изменению состава полимера. При однованном формовании высаживание полимера и химическое взаимодействие происходят одновременно в одной осадительной ванне, при двухванном формовании осаждение происходит в первой ванне, а изменение химического состава полимера — во второй.

Элементарные нити, выходящие из осадительной ванны с одной фильеры, соединяются вместе, обычно вытягиваются и поступают на приемное устройство в виде бобины 4 или на центрифугу 5. В первом случае комплексная нить только наматывается, а во втором — скручивается и наматывается.

Отдельные длинные макромолекулы полимера при растворении принимают свернутую форму. При формовании без вытягивания такие макромолекулы и их агрегаты располагаются хаотично, что резко снижает прочность получаемых нитей и сообщает им большую растяжимость. Для вытягивания нити пропускают через два диска 6 и 7, имеющих соответственно окружную скорость v_1 и v_2 . Вследствие вытяжки $E = v_2/v_1$ структурные элементы распрямляются, ориентируются в осевом направлении, а вытянутая нить вследствие усиления межмолекулярных связей сблизившихся молекул делается более прочной, хотя растяжимость нити снижается, так как макромолекулы становятся более распрямленными. Вытягивание нити может происходить в воздушной среде или в жидкости так называемой пластификационной ванны.

Сухим способом формируют ацетатные, а иногда нитроновые нити и волокна. При повышенной температуре воздуха у струек 2 (рис. XII.3), вытекающих из отверстий фильеры 1, испаряется растворитель и происходит образование нитей, которые замасливаются для уменьшения электризуемости роликком 4 и наматываются на бобину 5. Изменения химического состава полимера при этом не происходит. Для полного улавливания и регенерации испаряющегося растворителя нити формируют в шахте 3.

Способ сухого формования по сравнению с мокрым имеет следующие преимущества: 1) отпадает необходимость в промывке нитей от раствора осадительной ванны и в сушке; 2) в 5—10 раз более высокая скорость формования, что обусловлено отсутствием гидравлического сопротивления раствора осадительной ванны и применением концентрированных растворов. Последнее определяет также снижение расхода растворителя и количества аппаратов для приготовления прядильного раствора.

Формование нитей из расплава. Оно возможно только из полимеров, плавящихся без разложения. Его применяют при производстве полиамидных, полиэфирных, полиолефиновых нитей и др. Формование из расплава имеет следующие преимущества

по сравнению с формированием из растворов: 1) исключение из технологического процесса растворения и обезвоздушивания прядильного раствора; 2) исключение регенерации раствора осадительной ванны или растворителя; 3) высокая скорость формирования (500—1200 м/мин), превышающая в 5—10 раз скорость при мокром формировании и в 1,5—2 раза при сухом формировании.

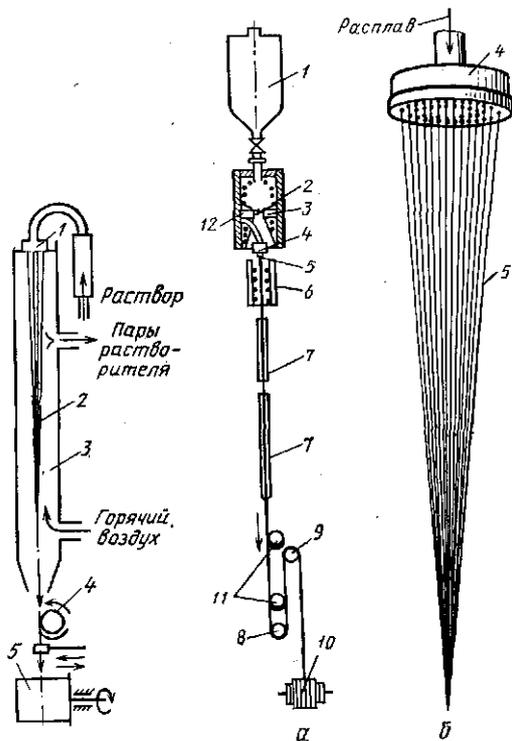


Рис. XII.3. Схема формирования нитей из раствора сухим способом

Рис. XII.4. Схема формирования нитей из расплава:

а — общая схема; б — фильера и вытекающие из нее струйки (нити)

Однако формирование из расплава сложнее, так как происходит при высоких температурах (250—320 °С) с точностью регулировки ± 1 °С, а во избежание окисления и деструкции полимера его необходимо плавить в потоке инертного газа, очищенного от кислорода.

На рис. XII.4 показана схема формирования капроновой нити. Полимер в гранулах из бункера 1 поступает на плавильную решетку 2, где плавится и стекает вниз. Далее расплав подается нагнетающим насосом 3 и дозирующим насосом 12 через фильерный комплект, где вначале фильтруется через слой кварцево-

го песка и металлические сетки, а затем продавливается через отверстия фильеры 4. Вытекающие струйки 5 расплава проходят обдувочную шахту 6 и шахту 7, где охлаждаются потоком инертного газа или воздуха и затвердевают. Нити проходят диски 11 для замасливания, диски 8 и 9 для вытягивания и наматываются на бобину 10.

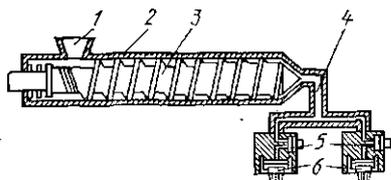


Рис. XII.5. Схема прядильной головки экструдерного типа

При формировании нитей из размягченного полимера или очень вязкого расплава используют прядильные головки экструдерного типа. В них полимерное сырье поступает через загрузочную воронку 1 (рис. XII.5) в цилиндр 2 и червяком 3 под

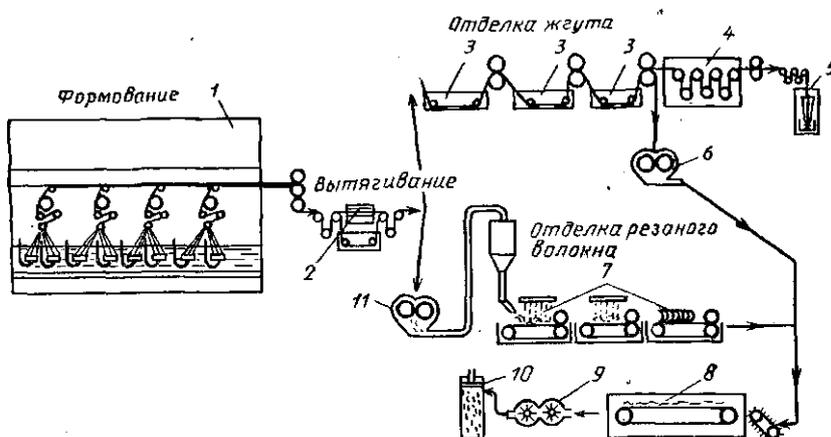


Рис. XII.6. Схема формирования и отделки жгута и резаного волокна

давлением подается по расплавопроводу 4 к дозирующим насосам 5 и далее к фильерным комплектам 6. Вытекающие струйки затвердевают при охлаждении их воздухом, а иногда в ванне с водой.

Особенности получения жгута и волокон. Формование и отделка жгута обычно происходят поточным способом на прядильно-отделочном агрегате, который включает прядильную машину 1 (рис. XII.6), вытяжную машину 2, отделочную машину 3 для жгута, сушильную машину 4 и жгутуюкладчик 5.

Для разрезания неотделанного жгута и получения волокна, иногда называемого штапельным волокном, используют резальную машину 11. После отделки на машине 7 резаное волокно поступает в сушильную машину 8, рыхлитель 9 и упаковочный пресс 10. Иногда отделанный на машине 3 жгут поступает на резальную машину 6, а затем в сушильную машину 8, рыхлитель 9 и упаковочный пресс 10.

При выработке комплексных нитей увеличение числа отверстий в фильере ограничено, так как это увеличивает толщину нитей. При формировании по мокрому способу жгута и резаного волокна такого ограничения нет и поэтому число отверстий в каждой фильере может достигать 12000—15000 вместо 10—100 при формировании комплексных нитей. Поэтому производительность машин, вырабатывающих жгут или волокно, во много раз выше производительности машин, вырабатывающих комплексные нити, а себестоимость жгута или волокна ниже, чем нитей.

Вытягивание и термофиксация

После формирования для упорядочения и ориентации структурных элементов элементарных нитей их вытягивают в условиях, когда полимер находится в пластическом состоянии. Для этого ослабляют межмолекулярные связи повышением температуры и пластификацией полимерного вещества нитей.

Устойчивое упрочнение нитей не может быть достигнуто за счет сравнительно небольшой фильерной вытяжки вследствие превышения окружной скорости наматывания нити на бобину 4 (см. рис. XII.2) или окружной скорости v_1 диска b над скоростью вытекания струек из фильеры. Необходимого упрочнения нити при минимальном снижении ее растяжимости достигают при значительной вытяжке нити на прядильной машине при формировании мокрым способом или на крутильно-вытяжной машине после формирования сухим способом из раствора или расплава. Машины для вытягивания жгута обычно входят в состав агрегата (см. рис. XII.6). 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.

Характер изменения свойств химических нитей в зависимости от вытяжки показан на рис. XII.7. Однако при последующей релаксации возможно

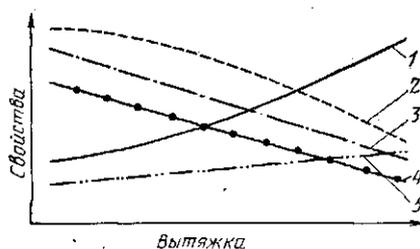


Рис. XII.7. Зависимость свойств нитей от вытяжки:

1 — разрывная нагрузка; 2 — разрывное удлинение; 3 — число двойных изгибов до разрушения; 4 — интегральная теплота смачивания; 5 — плотность

изменение свойств вытянутой нити. Для снятия (релаксации) возникших при вытягивании и скручивании напряжений и уменьшения последующей усадки нитей их подвергают термофиксации при температуре, которая должна быть выше температуры эксплуатации изделий. Для этого нити на перфорированных бобинах обычно обрабатывают паром в автоклавах (котлах). Термофиксацию жгута осуществляют пропуском 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 для нитей из кристаллизирующихся полимеров даже несколько увеличивается, что объясняется дополнительной ориентацией макромолекул в аморфных участках полимера.

Отделка

В большинстве случаев химические нити и волокна не могут быть использованы непосредственно после формования для изготовления тканей, трикотажа и других изделий и обычно

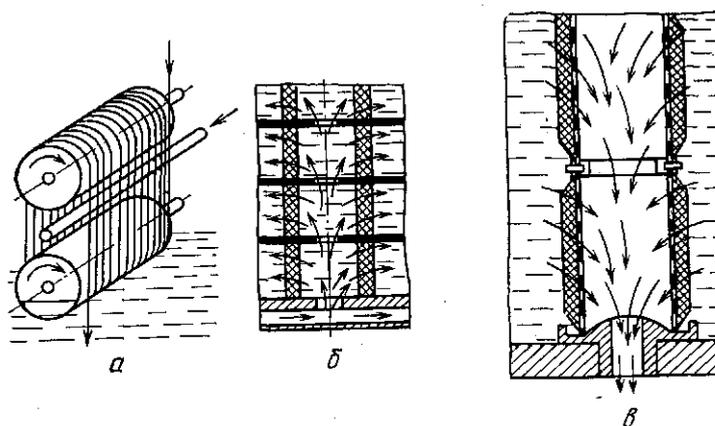


Рис. XII.8. Схемы отделки нитей:

a — на парных цилиндрах; *b* — в куличах; *v* — на бобинах

подвергаются дополнительным обработкам — отделке. Ее целью является 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.

Две схемы отделки жгута и резаного волокна показаны на рис. XII.6. На машинах непрерывного процесса нить орошается

отделочными растворами на парных цилиндрах. При отделке нитей на паковке жидкость нагнетается или просасывается через паковки (рис. XII.8).

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

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

Поверхностная обработка заключается в нанесении на нити веществ в виде замазливателей, авиважных средств (эмульсий), шлихты (клея), антистатических препаратов и других для улучшения процесса 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 цилиндрах, обогреваемых изнутри паром или горячей водой. Нити в паковках, резаное волокно или жгуты сушат в сушильных машинах. Предварительно из волокна и жгута отжимают избыточную влагу.

Текстильная переработка [4]

Для нитей этот последний этап производства может состоять из следующих процессов: скручивания, вытягивания, фиксации крутки, усаживания и перемотки. Для некоторых видов нитей отдельные процессы могут быть исключены. Например, текстильная переработка вискозных нитей проходит без вытягивания, которое осуществляется при формовании. Иногда нити из термопластичных полимеров (полиамидные, полиэфирные, полипропиленовые и др.) дополнительно подвергают текстурированию для придания им извитости, растяжимости, объемности (рыхлости) и других свойств. К текстильной переработке жгута относят его гофрирование и резку.

Скручивание необходимо для соединения элементарных нитей в одну более толстую и прочную комплексную нить и изменения ее свойств в соответствии с предъявляемыми требованиями. Поскольку с увеличением крутки снижается производительность машин, на химических заводах иногда выпускают нити с пониженной круткой ($K=10\text{--}40$ 1/м), а обычно с круткой $K=50\text{--}250$ 1/м (см. гл. VI). Для некоторых тканей, например креповых, необходимы нити с высокой круткой $K=1500\text{--}2500$ 1/м. Такие нити вырабатывают на крутильных фабриках.

При выработке синтетических термопластичных нитей их подвергают многократному (обычно двукратному) последовательному скручиванию, причем одно из них сочетают с вытягиванием нити. Многократное скручивание нити в разных направ-

лениях придает ей равновесность, т.е. минимальное напряжение в скрученном состоянии.

Нити скручивают на прядильных (формовочных) или на крутильных машинах. На кольцевой крутильной машине некрученная нить с бобины 1 (рис. XII.9) проходит натяжной прутком 2, нитепроводником 3, выпускные цилиндры 4, нитепроводник 5, бегунок 6, вращающийся по кольцу 7, и наматывается на шпулю 8, плотно насаженную на веретено 9. Крутка нити прямо пропорциональна постоянному числу оборотов веретена ($n = \text{const}$) и обратно пропорциональна скорости выпускных цилиндров 4, а следовательно, и производительности машины. Наматывание нити на шпулю происходит вследствие меньшей угловой скорости трущегося о кольцо бегунка по сравнению со скоростью веретена.

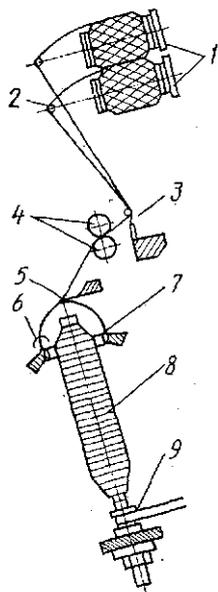
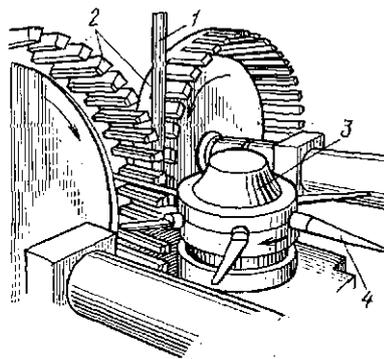


Рис. XII.9. Схема кольцевой крутильной машины

Рис. XII.10. Жгуторезка



Фиксация крутки применяется для выравнивания и снижения напряжений нити в различных слоях паковки и устранения тем самым самораскручивания, образования петель и сукрутин в последующих операциях переработки. Для фиксации крутки используют увлажнение крученой нити при нормальной температуре, но высокой влажности (98—99 %) воздуха; запаривание нити; нагревание нити токами высокой частоты.

Перемотка нитей вызвана тем, что длина и масса их на паковках с крутильных машин обычно невелика (160—220 г) при массе пустой шпули около 100 г. Транспортировка таких паковок нерациональна и поэтому их перематывают на более крупные паковки — конические (до 1200 г) или на секционные ка-

тушки или на навои, приспособленные для использования на машинах ткацкого или трикотажного производства.

Текстурирование нитей используют для увеличения рыхлости (объемности), растяжимости и эластичности гладких и плотных комплексных нитей за счет придания составляющим их элементарным нитям стабильной извитости. На термопластичных нитях этого достигают: 1) путем отдельного скручивания, термофиксации и раскручивания; 2) методом ложного кручения; 3) протягиванием нити под определенным углом и натяжением по ребру острого лезвия; 4) пропусканием комплексной нити через сопло в струе сжатого воздуха; 5) плотной набивкой нити в термокамеру и др. [4, 5].

Извитость термопластичным волокнам придают путем гофрирования жгута, для чего его подогревают и пропускают между зубчатыми колесами. Широкое применение получил метод запрессовки жгута в термокамеру, где он как бы собирается в гармошку и фиксируется.

Резка жгута осуществляется на жгуторезке, где вертикально движущийся жгут 1 (рис. XII.10) периодически зажимается между делительными колесами 2. В горизонтальной плоскости вращается диск 3, ножи 4 которого проходят через совпадающие прорези колес 2 и режут зажатый жгут на волокна заданной длины. Имеются резальные машины и других конструкций.

Сортировка волокон и нитей по внешним признакам и наиболее значимым свойствам выполняется в соответствии с требованиями стандартов или технических условий. В зависимости от качества волокна и нити подразделяют на сорта, а затем раздельно по сортно упаковывают.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. XII

1. **Рогович З. А.** Основы химии и технологии химических волокон. Т. I, М., 1974.
2. **Зазулина З. А., Конкин А. А.** Основы технологии химических волокон. М., 1969.
3. **Панков С. П.** Физико-химические основы производства искусственных и синтетических волокон. М., 1972.
4. **Свойства и особенности переработки химических волокон/Пакшвер А. Б., Мельников Б. Н., Усенко В. А., Соловьев А. Н., Кукин Г. Н. М., 1975.**
5. **Садыкова Ф. Х.** Текстурированные нити, основные их свойства и методы определения. М., 1974.

ГЛАВА XIII. ИСКУССТВЕННЫЕ НИТИ И ВОЛОКНА

1. ПОЛУЧЕНИЕ ВИСКОЗНЫХ (ГИДРАТЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ) НИТЕЙ, ЖГУТА И ВОЛОКОН [1, 2]

Технологический процесс производства вискозных нитей и жгута включает четыре основных этапа: 1) предварительную обработку сырья и приготовление прядильного раство-

ра; 2) формование; 3) отделку и 4) текстильную переработку.

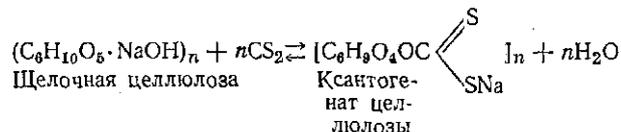
Для получения волокон жгут разрезают на части определенной длины или надрывают на штапелирующих машинах. В процессе последующего вытягивания отдельные участки надорванных в жгуте нитей разделяются на волокна и при скручивании образуют пряжу.

Предварительная обработка целлюлозы и приготовление прядильного раствора. Ее начинают со смешивания нескольких партий целлюлозы, что обеспечивает более длительную стабильность технологического процесса и дает более однородные по свойствам нити и волокна.

Обычно используют древесную, преимущественно еловую целлюлозу. Ее обрабатывают 18 %-ным раствором NaOH (процесс мерсеризации), в результате чего получают щелочную целлюлозу, которую затем отжимают от избытка щелочи и подвергают измельчению для повышения скорости и равномерности реакции при последующей обработке.

Измельченную щелочную целлюлозу выдерживают 10—30 ч при постоянной температуре 25—30 °С. Во время этого процесса, называемого предсозреванием, уменьшается степень полимеризации щелочной целлюлозы в результате окисления ее кислородом воздуха. Это обеспечивает необходимую вязкость получаемого затем прядильного раствора.

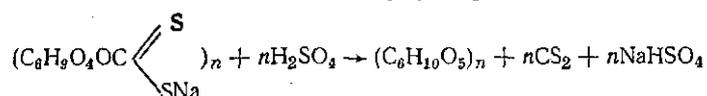
После предсозревания щелочная целлюлоза обрабатывается сероуглеродом — процесс ксантогенирования. В результате образуется ксантогенат целлюлозы — натриевая соль сложного кислого эфира целлюлозы и дитиугольной кислоты:



При растворении ксантогената целлюлозы в разбавленном растворе NaOH получается вязкий прядильный раствор вискозы. Для уменьшения блеска волокон и нитей в вискозу вводят матирующее вещество — двуокись титана. Перед фильтрацией отдельные партии вискозы смешивают в баках-смесителях, снабженных мешалками, а затем подвергают обезвоздушиванию для удаления пузырьков воздуха. При этом вискозу выдерживают 20—40 ч, в результате чего происходит созревание ее, т. е. совершается комплекс химических и физико-химических процессов, облегчающих последующее формование нитей.

В СССР помимо отдельного осуществления перечисленных процессов разработан метод непрерывного получения вискозы, что сокращает продолжительность технологического процесса, повышает производительность труда и уменьшает вредность производства.

Формование нитей (жгута). Полученный прядильный раствор (вискозу) под давлением подают на прядильные машины. Здесь через отверстия фильеры вискоза тонкими струйками продавливается в осадительную ванну, содержащую раствор основного компонента — серной кислоты, а также сульфатов натрия и цинка (см. рис. XII.2). Раствор проникает в струйки вискозы, что вызывает ее коагуляцию (затвердение) и разложение ксантогената с восстановлением целлюлозы, в результате образуется гидратцеллюлоза и выделяется сероуглерод



При разложении ксантогената целлюлозы и примесей образуется также сероводород и выделяется сера, которая оседает на нитях и загрязняет их. Добавляемые сульфаты замедляют большую скорость реакции серной кислоты с ксантогенатом, без чего поверхностные слои струек быстро разлагаются и превращаются в твердую гидратцеллюлозную оболочку, затрудняющую проникновение кислоты внутрь нитей. Это вызывает резкую разницу в структуре и свойствах внешних и внутренних слоев вискозных элементарных нитей. Образование на поверхности формирующейся нити гидратцеллюлозной оболочки определяет условия вытягивания нити в процессе ее формования.

Вытягивание нитей на пути от ванны до приемного механизма необходимо для улучшения их механических свойств, так как при этом происходит упорядочение расположения вдоль оси нити агрегатов макромолекул. Однако их ориентация при вытягивании возможна при условии, что нить находится в пластичном состоянии, т. е. когда взаимодействие между агрегатами макромолекул уже имеется, но оно сравнительно невелико. Поэтому состав осадительной ванны и условия формования должны подбираться так, чтобы к моменту выхода нитей из ванны их поверхностные слои были в пластичном состоянии. Это условие выполняется, когда омыление ксантогената в ванне полностью не заканчивается. При этом во внутренних слоях нитей коагуляция ксантогената целлюлозы полностью не завершена и ориентации агрегатов макромолекул не происходит. В результате степень их ориентации и плотность упаковки на поверхности нити всегда больше, чем внутри.

За счет разной вытяжки получают обыкновенные, упрочненные и высокопрочные нити, а также вискозное высокомолекулярное волокно ВВМ (см. с. 169). Их прочность и растяжимость приведены в табл. XIII.1 [2].

Сформованные нити наматываются приемным механизмом в виде бобины или при центрифугальном способе — кулича (см. рис. XII.2). Далее нити подвергают промывке, десульфурации, авиважу, сушке и скручиванию. В настоящее время имеются

Т а б л. XIII.1. Прочность и растяжимость нитей и волокон

Вид нитей и волокон	Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	Разрывное удлинение, %
Вискозная нить		
обычная	16—18	17—25
упрочненная	34—36	11—15
высокопрочная	40—45	12—16
Вискозное волокно		
обычное	15—20	20—30
упрочненное	22—28	18—20
Волокно ВВМ		
стандартное	35—40	12—16
высокопрочное	47—49	13—14
Полинозное волокно		
стандартное	35—45	8—12
упрочненное	42—47	6—10

машины непрерывного процесса, на которых формование, отделка, сушка и кручение нити осуществляются непрерывно. Такие нити имеют лучшую равномерность.

В нашей стране нити вырабатываются преимущественно центрифугальным способом. При производстве вискозного волокна формование жгута осуществляется на машинах высокой производительности с фильтрами, имеющими 2500—40000 отверстий. Жгуты с отдельных фильер соединяются в один толстый жгут. Вискозное волокно для переработки в смеси с хлопковым волокном должно иметь более высокую прочность (20—24 сН/текс), пониженное удлинение (15—18 %) и примерно одинаковую линейную плотность (0,16—0,2 текс). Для этого нити жгута при формовании обычно вытягивают на 25—30 %. Волокно для смеси с шерстью должно иметь линейную плотность 0,3—0,4 текс и повышенное удлинение — 28—30 %; поэтому его формируют без вытягивания, вследствие чего оно имеет пониженную прочность — 16—17 сН/текс. Получение из жгута волокон описано ранее на с. 158.

Отделка и текстильная переработка. Для свежесформированных нитей отделка состоит из их промывки для удаления кислоты, солей и других загрязнений, а затем десульфурации для удаления серы не только с поверхности, но и внутренних слоев нитей. Наличие серы придает желтизну нитям, она выделяется и пылит при скручивании их и перемотке. Для десульфурации используют растворы едкого натра, сульфида или сульфата натрия.

Десульфурированная нить тщательно промывается и отбеливается гипохлоритом натрия, перекисью водорода и другими реагентами. Остатки белящего реагента удаляют промывкой в воде и кислоткой в слабом растворе соляной или серной кислоты.

Авиваж заключается в нанесении различных поверхностно-активных веществ, улучшающих внешний вид нитей и волокон и их дальнейшую текстильную переработку. Вискозные нити иногда подвергают скручиванию и перемотке на большие или необходимые потребителю специальные паковки.

Сущность отделки вискозного жгута и волокна та же, что и нитей. Основным недостатком производства вискозных нитей и волокон является его вредность, связанная с выделением токсичных газов и получением большого количества сточных вод. В них большое содержание солей (в том числе солей цинка, которые даже в минимальных дозах нельзя спускать в водоемы) и серной кислоты. Поэтому на предприятиях имеются дорогостоящие установки для регенерации сероуглерода и окисления выделяющегося сероводорода до серы, а также крупные сооружения для очистки сточных вод. Для удаления выделяющихся в цехах формования и отделки токсичных газов устанавливают мощную приточно-вытяжную вентиляцию. Все эти обстоятельства значительно затрудняют дальнейшее развитие производства вискозных волокон и нитей, когда проблема загрязнения окружающей среды и обеспечения все повышающихся требований к условиям работы на заводах приобретает все большее значение в нашей стране.

Особенности производства специфических вискозных волокон и нитей

Методы получения окрашенных в массу, извитых, модифицированных (полинозных и ВВМ) волокон и нитей, а также кордных и текстурированных нитей имеют особенности по сравнению с методами получения обычных вискозных.

Получение окрашенных в массу волокон и нитей. При изготовлении вискозного прядильного раствора добавляют высокопрочный краситель. Иногда суспензию красителя добавляют в вискозу с помощью краскосмесителя непосредственно перед поступлением прядильного раствора на формование.

При крашении в массу получают нити с равномерной и устойчивой окраской. Последующая переработка окрашенного волокна, особенно в смеси с другими волокнами, упрощается.

Получение извитого волокна. Его формируют в ванне с пониженной концентрацией серной кислоты, вследствие чего не происходит полного омыления ксантогената целлюлозы. Вытягивание сформованных элементарных нитей, внутренние слои которых не полностью восстановлены (омылены), создает разные напряжения во внешних и центральных слоях. Вследствие этого при последующем вытягивании и усаживании образуются устойчивые извитки.

Значительная часть вискозных волокон средней прочности выпускается в структурно-извитом виде. В СССР выпускается извитое матированное волокно линейной плотности 0,31—0,35 текс

для шерстяной промышленности. Для ковровой пряжи используют волокна 2—2,7 текс.

Получение текстурированных нитей. В СССР разработана технология текстурированной нити овилан [3]. Принцип ее получения основан на кручении свежесформованных ксантогенатных нитей и последующем их раскручивании после завершения в них процесса регенерации целлюлозы. Фиксация извитков осуществляется в процессе разложения ксантогената целлюлозы. Эффект извитости и образование высокообъемной структуры реализуются при раскручивании. Нити овилан устойчивы к влажно-тепловым обработкам и к механическим воздействиям. Они успешно применяются в ковровом производстве.

Дальнейшее развитие способов получения нитей овилан связано с обеспечением условий охраны окружающей среды и созданием непрерывного производственного процесса.

Получение полинозных волокон. Для производства используют высококачественное сырье с высоким содержанием α -целлюлозы. Для формования применяют молодую вискозу, поэтому процесс созревания длится 2—4 ч. Обезвоздушивание производится непрерывно в испарительном аппарате. Наиболее перспективен двухванный способ формования. В первой ванне происходит коагуляция и частичное омыление ксантогената целлюлозы, а во второй — окончательное омыление и вытягивание. Остальные этапы производства одинаковы с этапами производства вискозного волокна. От него полинозные волокна отличаются более высокой прочностью в сухом и смоченном виде, пониженным удлинением, высоким модулем, особенно во влажном состоянии, хорошей стойкостью к щелочным обработкам. Для полинозных волокон характерна высокая степень кристалличности, большие размеры элементов надмолекулярной структуры и высокая степень их ориентации. По свойствам они приближаются к тонковолокнистому хлопку.

Благодаря хорошей устойчивости полинозных волокон к действию щелочей изделия из хлопкополинозной пряжи можно подвергать мерсеризации, что улучшает прочность и придает им шелковистый внешний вид.

Наряду с комплексом ценных свойств полинозные волокна имеют недостаток — повышенную хрупкость, которая увеличивает обрывность пряжи при переработке и снижает износостойкость изделий.

Получение модифицированных волокон и нитей. За последние годы производство вискозных модифицированных волокон и нитей развивается по двум основным направлениям: 1) изменение физической структуры (физическая модификация) путем создания особых условий формования и вытягивания свежесформованных нитей (высокопрочные, высокомодульные и полинозные волокна и нити); 2) химическое модифицирование, основанное на реакциях привитой сополимеризации, образовании меж-

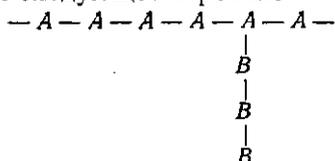
молекулярных связей, реакциях этерификации, а также на введении в вискозное волокно добавок различных соединений (волокно мтилон и др.).

Получение вискозных высокомолекулярных (ВВМ) нитей и волокон. Они отличаются от обычных не только повышенной относительной прочностью, но и высоким модулем жесткости (см. гл. VI). Для их выработки используют высококачественную целлюлозу, а формуют по двухванному способу.

ВВМ-волокна, как и полинозные, имеют высокую прочность и пониженное удлинение по сравнению с обычным вискозным (см. табл. XIII.1). Преимущества ВВМ-волокон по сравнению с полинозными заключаются в меньшей обрывности при их прядении и лучшей устойчивости изделий к истиранию. Однако они менее устойчивы к действию щелочей, чем полинозные. В СССР вырабатывается неизвитое ВВМ-волокно сиблон.

ВВМ-волокна, как и полинозные, используют в смеси с хлопковым волокном или с синтетическими волокнами.

Химическая модификация вискозных нитей и волокон [4]. Ее осуществляют синтезом полимера из мономера на макромолекулах или на поверхности надмолекулярной структуры другого (исходного) полимера. Для этого в основном используют метод привитой сополимеризации. Получаемые привитые сополимеры имеют схематически следующее строение



где *A* — элементарное звено макромолекулы исходного полимера (гидрат-целлюлозы); *B* — элементарное звено макромолекулы привитого сополимера.

Для синтеза привитых сополимеров практически используют метод радикальной полимеризации, при котором необходимо образование макрорадикала в молекуле исходного полимера. В опытных установках и промышленных условиях обычно применяют химический метод — образование окислительно-восстановительной системы, одним из компонентов которой является реакционноспособная группа, входящая в состав макромолекулы исходного полимера.

Выбор мономера для прививки в значительной мере определяет свойства получаемого сополимера. Для придания негорючести прививают фосфор или галогенсодержащие мономеры; для получения водо- и маслоотталкивающих материалов — перфторсодержащие мономеры; для придания кровеостанавливающих свойств — кальциевую соль акриловой или метакриловой кислоты и т. д.

В Советском Союзе в промышленном масштабе производится волокно мтилон прививкой вискозным волокнам полиакрилонит-

рила. Мтилон вполне устойчив к действию микроорганизмов, солнечного света, а по внешнему виду и грифу приближается к шерсти. Он получил широкое применение для изготовления ковров.

Получение кордных нитей. Кордная нить по сравнению с текстильной значительно толще, имеет повышенную прочность и пониженное удлинение. Ее используют для изготовления покрышек, транспортерных лент и других технических изделий.

Для производства кордной нити используют высококачественные целлюлозу и химикаты. Получение нитей осуществляется на машинах непрерывного процесса, включающего операции формования, вытягивания, промывки, отделки, сушки, замасливания, скручивания и наматывания на большие паковки. На этих машинах в связи с заменой вискозного корда синтетическим вместо корда получают тонкие жгуты, которые после штапелирования (надрыва элементарных нитей) перерабатывают в прядильном производстве как ровницу.

Производство вискозных нитей для шинного корда сокращается в связи с заменой вискозного корда в основном синтетическим и металлическим.

Использование вискозных нитей и волокон

Из вискозных нитей вырабатывают платьевые, рубашечные и декоративные ткани, бельевого и верхний трикотаж, чулки, носки, перчатки, текстильно-галантерейные изделия — ленты, галстуки, тесьму и др. Из вискозных волокон в чистом виде и в смеси с другими волокнами вырабатывают платьевые, костюмные и рубашечные ткани, бельевого, спортивного и верхний трикотаж и др. Высокопрочные нити (корд) используют при изготовлении покрышек, ремней, транспортерных лент и резинотехнических изделий. Из высокомолекулярных нитей изготавливают технические изделия.

Из полинозных и высокомолекулярных волокон и их смеси с хлопковым волокном получают тонкие ткани, обладающие стабильностью размеров и формы, приятным внешним видом, шелковистостью. Полинозные волокна применяют также для выработки бельевого и спортивного трикотажа и технических тканей различного назначения.

Модифицированное химически вискозное волокно и нити используют в медицине, для изготовления спецодежды, огнестойких и хемостойких изделий, а волокно мтилон — в ковровом производстве.

2. ПРОИЗВОДСТВО МЕДНО-АММИАЧНЫХ НИТЕЙ, ЖГУТА И ВОЛОКОН

Значительным преимуществом производства гидратцеллюлозных медно-аммиачных волокон и нитей по сравнению с производством вискозных волокон является резкое умень-

Рис. XIII.1. Воронка для формования медно-аммиачных нитей по водному способу

шение вредности вследствие отсутствия выделения газов и меньшей загрязненности водоемов. Однако для производства медно-аммиачных волокон и нитей требуется менее распространенное сырье и более дефицитные медные соединения и аммиак. Поэтому их доля в производстве химических волокон составляет около 1 %.

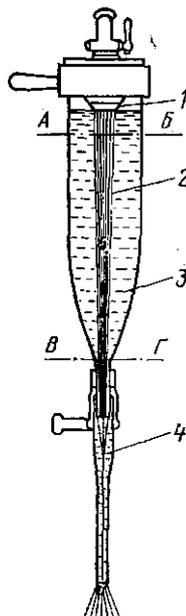
Предварительная обработка сырья и получение прядильного раствора. Исходным сырьем является хлопковый пух или облагороженная древесная целлюлоза. Очищенную целлюлозу в виде рыхлой массы смешивают с гидроокисью или основной солью меди в присутствии концентрированного водного раствора аммиака. Получаемый вязкий прядильный раствор нескольких партий смешивают, фильтруют и обезвоздушивают.

Формование и отделка нитей и волокон. Их обычно формуют двухваннным способом. Прядильный раствор насосиком подается в фильеру 1 (рис. XIII.1), укрепленную в верхней части конической воронки 3. Вытекающие струйки 2 раствора увлекает протекающая сверху вниз вода. Под ее воздействием происходит коагуляция струек и высаживание соединения целлюлозы с куприамингидратом. Ускоряемое к низу течение воды вытягивает свежескоагулированные нити. После выхода из воронки нити 4 поступают во вторую ванну с раствором серной кислоты, где промежуточное медно-аммиачное соединение разлагается с образованием гидроцеллюлозы. Полученная комплексная нить поступает на центрифугу, где она скручивается и наматывается на паковку.

Затем нити промывают, обрабатывают разбавленным раствором кислоты для удаления следов меди, снова промывают, подвешивают авиважу и сушат.

Основные отличия процесса формования волокна от нити заключаются в следующем. Формование элементарных нитей в воронке не завершается полностью, и они направляются во вторую ванну с подогретой водой. Затем нити поступают на ленточный транспортер, собираются в жгут, который отжимается на вальцах и направляется в следующую ванну с раствором серной кислоты, а затем его отделяют. Отделку осуществляют в жгуте или в резаном виде.

Медно-аммиачное волокно повышенной линейной плотности (1—1,5 текс) используется в смеси с другими химическими волокнами или с шерстью (для ковров). Более тонкие волокна и нити используют в том же ассортименте, что и вискозные.



3. ПРОИЗВОДСТВО АЦЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ (АЦЕТАТНЫХ И ТРИАЦЕТАТНЫХ) НИТЕЙ, ЖГУТА И ВОЛОКОН [5]

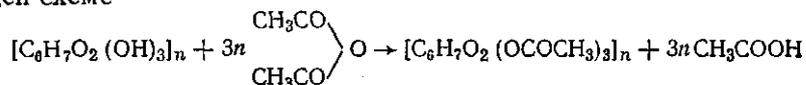
Под термином ацетилцеллюлозные волокна и нити объединяют как триацетатные, так и диацетатные. Последние часто называют ацетатными.

Развитие промышленного производства ацетилцеллюлозных волокон и нитей обусловлено его относительной безвредностью, простотой технологического процесса и доступностью вспомогательных материалов.

Ацетилцеллюлозные волокна и нити состоят не из гидратцеллюлозы, как вискозные и медно-аммиачные, а из сложного эфира целлюлозы, и поэтому значительно отличаются от них по своим свойствам.

Предварительная обработка сырья и приготовление прядильного раствора. Исходным сырьем служит очищенный хлопковый пух, подвергнутый предварительно химической обработке, или облагороженная древесная целлюлоза, содержащая не менее 97 % α -целлюлозы. В результате химической обработки повышается реакционная способность целлюлозы, она очищается от жировосковых и других веществ, при этом содержание α -целлюлозы достигает не менее 98 %.

Ацетилирование очищенной целлюлозы заключается в обработке ее смесью уксусного ангидрида, уксусной и серной кислот. Уксусная кислота является растворителем, серная — катализатором, а уксусный ангидрид ацетирует целлюлозу по следующей схеме



Реакция ацетилирования целлюлозы необратима, поэтому при достаточном количестве уксусного ангидрида образуется триацетат целлюлозы (первичный ацетат), который растворяется только в метиленхлориде и уксусной кислоте. Его используют для получения триацетатных нитей и волокон. Диацетатные волокна и нити, называемые далее ацетатными, изготовляют из вторичного ацетата, который получают частичным омылением триацетата в присутствии катализатора (H_2SO_4). Сущность реакции омыления заключается в замене у молекул триацетата части ацетильных групп гидроксильными



В молекуле триацетата целлюлозы число ацетильных групп $\gamma = 290 \dots 300$, а диацетата целлюлозы $\gamma = 240 \dots 260$.

Первичный и вторичный ацетаты обычно изготовляют на заводах химической промышленности, а на заводы искусственного волокна поступает готовая ацетилцеллюлоза.

Основным преимуществом производства триацетатных нитей и волокон является упрощение технологического процесса получения триацетата, так как исключается операция частичного омыления. Выход триацетата целлюлозы примерно на 10 % выше, чем диацетата, поэтому уменьшается удельный расход углекислого ангидрида.

Триацетат целлюлозы растворяют в метиленхлориде или в смеси метиленхлорида со спиртом (92...95) : (8...5), а вторичный ацетат целлюлозы — в смеси ацетона с водой (95 : 5) или ацетона и спирта (85 : 15). После смешивания нескольких партий растворов, 2—3-кратной фильтрации и выдерживания под вакуумом для удаления пузырьков воздуха прядильный раствор под давлением подается на формование.

Формование нитей, жгутов и волокон. При формовании ацетилцеллюлозных волокон и нитей в отличие от технологии вискозных и медно-аммиачных никаких химических превращений не происходит, и они по химическому составу не отличаются от исходной ацетилцеллюлозы.

Ацетатные и триацетатные нити формируют сухим способом. Прядильный раствор продавливают дозировочным насосом через отверстия фильеры. Вытекающие струйки раствора попадают в шахту с подогретым воздухом (см. рис. XII.3), где из них испаряются летучие растворители, что приводит к затвердеванию струек. Испарившийся растворитель поступает на регенерацию. По выходе из шахты нить замасливается, направляется на приемный диск, а затем скручивается.

В процессе формования вместо скручивания применяется пневматический способ переплетения элементарных нитей в комплексной. Это придает триацетатным и ацетатным нитям повышенную уплотненность и стойкость к истиранию.

Сформованная нить после прохождения замасливающего ролика 4 (см. рис. XII.3) наматывается один раз вокруг прядильного диска, затем поступает для компактирования на пневматическое устройство, а после наматывается на паковку.

В пневматическом устройстве струя сжатого воздуха выходит из форсунки, попадает на проходящие между нитепроводниками элементарные нити, а затем — в резонирующую камеру. В результате действия возникающих вихревых воздушных потоков элементарные нити переплетаются между собой и образуют компактную комплексную нить. В ней переплетенные участки длиной 5—10 мм чередуются с непереpleтенными участками длиной 20—30 мм. Интенсивность переплетения, длина и чередование переплетенных и непереpleтенных участков нити зависят от давления воздуха, скорости формования, линейной плотности и натяжения нити, а также от количества замасливателя на нити.

При оценке структуры пневматически переплетенных комплексных нитей используют показатель интенсивности переплетения, т. е. количество переплетенных участков на 1 м нити и

относительную суммарную длину переплетенных участков в процентах от общей длины нити.

Сухой способ формования ацетатного и триацетатного жгута для волокон осуществляют по схеме, аналогичной формованию нитей. Жгутики элементарных нитей с каждой шахты замасливаются, собираются в общий жгут для каждой стороны машины, затем жгуты с нескольких машин соединяют в общий толстый жгут, который пропускают через гофрировочную камеру для придания волокну извитости (термомеханическим способом) и через камеру фиксации извитков, куда подается горячий воздух и откуда отсасывается растворитель на регенерацию. Затем жгут идет непосредственно в прядильное производство или разрезается на волокна.

Формование триацетатного волокна мокрым способом осуществляется по двум схемам. В первой из них применяют раствор триацетатцеллюлозы в смеси метиленхлорида и спирта. Осадительная ванна — метиловый спирт, содержащий некоторое количество растворителя (метиленхлорида) для замедления скорости осаждения и соответственно повышения равномерности структуры волокна.

В другой схеме используют растворы триацетилцеллюлозы в ацетилирующей смеси. В осадительной ванне используют водный 20—30 %-ный раствор уксусной кислоты. При этом способе отпадают операции высаживания триацетата целлюлозы из раствора, его промывка, сушка и повторное растворение для получения прядильного раствора. Получение жгута и волокна аналогично сухому способу.

Получение текстурированных высокообъемных нитей. Ацетилцеллюлозные нити термопластичны, поэтому из них, как и из синтетических нитей, могут быть получены текстурированные нити. Наибольшее распространение получил метод ложной крутки, при котором вначале комплексная нить получает кручение в одну сторону. Эта крутка фиксируется при повышенной температуре. Затем нить крутят в противоположную сторону (раскручивают) и получают рыхлую высокообъемную нить, состоящую из извитых элементарных нитей.

Отделка и текстильная переработка. Замасленная, но нескрученная при формовании комплексная нить не требует очистки и химической отделки. Нить скручивают на крутильных машинах, а по требованию потребителя перематывают на другие паковки.

Триацетатные нити и волокна подвергают термообработке, т. е. кратковременному нагреву, что улучшает несминаемость, термостойкость и уменьшает усадку изделий из них.

Область применения ацетатных и триацетатных нитей и волокон. Нити используют для изготовления платьевых и рубашечных тканей, верхнего трикотажа. Ацетатные нити более гигроскопичны, чем триацетатные. Основным недостатком изделий из ацетилцеллюлозных нитей, кроме пониженной прочности, гиг-

роскопичности и стойкости к истиранию является их повышенная электризуемость, что затрудняет их использование для бельевых изделий, особенно женского белья. Существенным недостатком ацетатных изделий является их высокая сминаемость.

Ацетатные нити широко используют в сочетании с другими при изготовлении платьевых тканей. При этом возможно создание интересных колористических эффектов, так как ацетатные нити окрашиваются только особыми красителями, которые не окрашивают, например, вискозные и другие нити.

По сравнению с ацетатными нитями триацетатные имеют более высокую устойчивость к светопогоде, тепловому старению, дают более стойкие эффекты плиссировки и тиснения полотен, а окраски более прочные к мокрым обработкам. Их используют также для электроизоляции. Изделия из триацетатных нитей меньше сминаются как в процессе носки, так и при стирке, а их прочность после многократных стирок уменьшается меньше, чем ацетатных и вискозных. Триацетатные изделия не разрушаются молью. Для изготовления одежных и технических изделий триацетатное волокно используется в чистом виде и в смеси с другими волокнами. Ацетилцеллюлозные волокна широко применяют для сигаретных фильтров, так как они обладают повышенной сорбционной способностью вредных веществ.

4. АЛЬГИНАТНЫЕ НИТИ И ВОЛОКНА

Исходным сырьем служит раствор альгината натрия, выделяемый из бурых морских водорослей. Формуют нити мокрым способом в осадительной ванне с раствором хлористого кальция аналогично вискозным.

Получаемая нить состоит из альгината кальция. Ее замасливают, сушат и наматывают на бобины.

Альгинатные (альгиновые) нити негорючи, но растворимы в слабощелочных растворах мыла. Из них изготавливают нетоксичную кровеостанавливающую хирургическую марлю, а из волокон — вату. Альгиновые волокна, используемые в смеси с другими, при последующей промывке растворяются, что позволяет изготавливать рыхлые и ажурные изделия.

5. БЕЛКОВЫЕ ВОЛОКНА И НИТИ

Современный объем производства белковых волокон и нитей составляет доли процента от общего объема химических волокон.

Сырьем для производства белковых волокон является казеин молока, зеин кукурузных семян, белки, извлекаемые из арахиса и соевых бобов. Растворитель — обычно, слабый раствор щелочи. Смесь нескольких партий прядильных растворов филь-

труют, обезвоздушивают под вакуумом и подают на отстаивание и созревание.

Формование проводится по обнованному мокрому способу, при этом происходит лишь высаживание элементарных нитей из струек раствора, продавливаемых через отверстия фильеры. Число отверстий в фильере 5000—10000. В состав осадительной ванны входит серная кислота для нейтрализации щелочи и осаждения белков, сульфат натрия или сульфат цинка для ускорения осаждения. Иногда в состав ванны добавляют формальдегид. Элементарные нити с нескольких фильер соединяют в общий жгут и без промывки направляют на резку и дублирование. В результате дублирования при воздействии на белки формальдегида, солей многовалентных металлов или других полифункциональных соединений происходит образование межмолекулярных связей. Это уменьшает потери прочности при смачивании волокон, снижает усадку и улучшает несминаемость. Иногда для устранения усадки волокон в горячей воде их подвергают ацетилованию или дополнительной обработке формальдегидом или хромовыми солями.

Окрашенные волокна получают крашением в массе при формовании, а также поверхностным крашением готовых волокон и изделий из них.

Белковые волокна используют в смеси с шерстью и реже с другими волокнами. В чистом виде из них изготовляют стеганые изделия и используют для набивки.

Белковые коллагеновые нити получают из коллагена, выделяемого из среднего слоя (дермы) шкур крупного или среднего домашнего скота [4]. После щелочно-солевой обработки коллаген растворяют в уксусной кислоте. Нити формуют чаще в ацетоновой осадительной ванне при скорости 1,5—3,5 м/мин. Затем их подвергают дублированию 5-нитрофурилакroleином или другими дубителями.

Нити рассасываются в живых тканях организма в течение 1—2 мес. Их используют в хирургической практике.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. XIII

1. Серков А. Т. Вискозные волокна. М., 1981.
2. Технология производства химических волокон/Рязов А. Н., Груздев В. А., Бакшеев И. П., Костров Ю. А., Сигал М. Б. и др. М., 1980.
3. Гидратцеллюлозные волокна, их свойства и разновидности/Маслеников К. Н., Николаева Н. С., Смирнов В. С., Могилевский Е. М. — Химические волокна, 1981, № 1, с. 6—13.
4. Волокна с особыми свойствами/Вольф Л. А., Емец Л. В., Костров Ю. А., Перепечкин Л. П., Шамолина И. И. М., 1980.
5. Ушакова К. Н. и др. Ацетатные и триацетатные нити/Ушакова К. Н. Мацкевичене Я.-М. К., Будзилайте О. А. М., 1976.

ГЛАВА XIV. СИНТЕТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА И НИТИ

Синтетическими волокнами и нитями, как уже отмечалось в начале книги, называют такие, которые не только производятся из каких-либо веществ заводским путем, но и для которых предварительно еще необходимо синтезировать сами эти вещества (полимеры) из более простых веществ (мономеров), что обычно и делают на одних и тех же заводах [1—5].

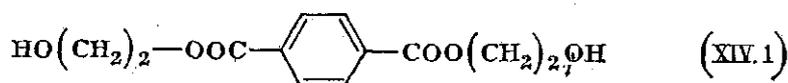
1. СИНТЕТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА И НИТИ ИЗ ГЕТЕРОЦЕПНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Поскольку среди синтетических текстильных материалов первое место в мире по объему производства еще к середине 70-х годов текущего столетия заняли полиэфирные, с них и начинается рассмотрение этой группы материалов.

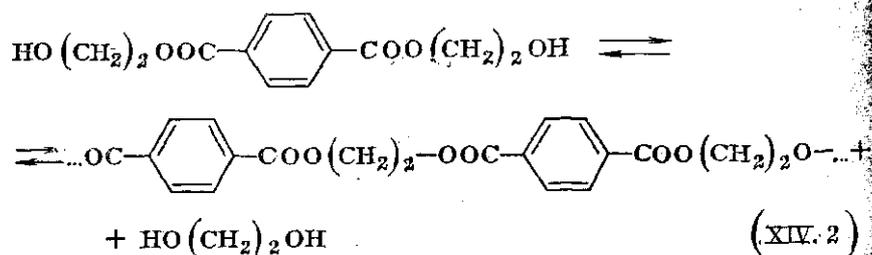
Полиэфирные волокна и нити [6]

Полиэфирные волокна и нити производятся главным образом из полиэтилентерефталата (ПЭТ). В СССР принято их название лавсан, в ГДР — ланон, в Англии — терилен, в США — дакрон, в ФРГ — диолен, во Франции — тергаль и т. д. ПЭТ является продуктом совместной поликонденсации терефталевой кислоты и этиленгликоля. Терефталевая кислота (ТФК) получается из продуктов, содержащихся в нефти, каменноугольной смоле — *n*-ксилола или толуола. Переработка *n*-ксилола заключается в освобождении его от изомеров и окислении различными способами (кислородом воздуха или кислотами) при применении катализаторов; в некоторых из этих способов получают промежуточные продукты. При изготовлении ТФК из толуола всегда сначала получают промежуточные продукты, а уже затем ТФК, ТФК является основным компонентом при синтезе ПЭТ, для которого требуется тщательная ее очистка от побочных продуктов; расходы, связанные с получением ТФК, определяют сравнительно высокую стоимость ПЭТ.

Для получения чистого продукта, имеющего необходимую молекулярную массу, иногда применяют обходный путь — вместо ТФК сначала получают ее диметилловый эфир — диметилтерефталат (ДМТ). Однако это приводит к необходимости последующего проведения дополнительных процессов перед получением исходного продукта для синтеза ПЭТ. Поэтому в последнее время все больше используют чистую ТФК. Исходный продукт для получения ПЭТ — диэтиленгликольтерефталат (ДЭГТ).



Поликонденсация его осуществляется в реакторах при высокой температуре (270—280 °С) в присутствии катализаторов и при глубоком вакууме. Если это требуется, в расплав вводятся матирующие вещества и красители. Реакция идет по схеме



Побочным продуктом является этиленгликоль, тщательный отвод которого необходим для получения ПЭТ с достаточной молекулярной массой.

В настоящее время используется два способа осуществления необходимых для этого процессов — непрерывный, наиболее прогрессивный, когда передача продуктов совершается непрерывно потоком, и периодический, когда от одного частного процесса к другому продукты передаются периодически. Первый способ дает возможность перерабатывать большие количества материалов, обеспечивает получение более однородной продукции, уменьшает затраты при строительстве и производственные расходы. Примером сокращения числа процессов может служить, например, отсутствие необходимости вести двукратное расплавление материалов — мономеров перед синтезом, а затем уже полученного полимера. При непрерывном процессе расплав полученного ПЭТ непосредственно передается на формование. При непрерывном способе основным видом аппаратуры чаще всего являются колонные реакторы — высокие вертикальные обогреваемые трубы с расположенными внутри тарельчатыми перегородками, по которым постепенно перетекают сверху вниз вещества, входящие в реакцию. Иногда трубы располагают горизонтально, одну над другой. Объемы производства непрерывных поточных линий достигают 25 тыс. т в год, тогда как при втором способе — при небольших линиях с периодическими процессами они составляют лишь 2,5—3 тыс. т в год. Эти линии пока сохраняются на старых заводах, особенно при необходимости выпуска разнообразного ассортимента нитей и волокон (например, различных цветов).

В линиях обоих типов процессы синтеза проводятся при температурах, постепенно повышающихся до 290 °С, часто при вакууме или в атмосфере азота.

Формование нитей при обоих процессах осуществляется из расплавов, как это описано в гл. XII. Тщательно поддерживается температура 285 °С, при более высоких температурах ПЭТ разлагается, плавление начинается только при 260—265 °С. Там, где проводятся отдельные процессы получения полимера и формования, полимер обычно выпускается в виде ленты, которая затем дробится в крошку с размерами частиц менее 10 мм. Ее загружают в бункер прядильной машины, она подвергается расплавлению и последующему формованию через фильеры. Последние применяют с диаметром отверстий 0,2—0,5 мм, что связано со значительной вязкостью расплава ПЭТ. При формовании жгутиков для производства волокон применяют фильеры с большим числом отверстий — 1000 и более. Используются также профилированные отверстия.

В настоящее время на наших заводах скорость формования для гладких нитей 1,2—1,8 тыс. м/мин; для высокопрочных технических нитей, предназначенных для совмещенного процесса вытягивания с текстурированием, 3,5—4,0 тыс. м/мин. Жгутики формуют при скорости до 1,1 тыс. м/мин.

Нить наматывается на цилиндрические бобины, а жгутики укладываются в высокие цилиндрические тазы. Нити ПЭТ подвергают вытягиванию (для обычных — порядка 4-кратного, для особопрочного — выше); ввиду сильного взаимодействия между молекулами вытяжку проводят при нагреве, доводя его до 180—200 °С. После вытягивания нити подвергаются термофиксации в автоклавах (в течение 30—40 мин при температуре 120—125 °С в воздушной среде или при воздействии насыщенного пара).

Термофиксация в автоклавах ограничена по объему. Поэтому применяют термофиксацию движущихся нитей в воздушных камерах специальных агрегатов. Перспективным направлением является термофиксация непосредственно после вытягивания на машинах совмещенного формования и вытягивания. Стабилизированные нити скручиваются и перематываются на выходные паковки. Нити, предназначенные для выработки корда, при формовании или после него проходят обработку специальными растворами, повышающими их адгезию к резине. В последние годы иногда совмещают процессы вытягивания и текстурирования, что дает существенную экономию и улучшает качество текстурированной нити.

При производстве волокон жгутики из 20—30 тазов складываются в толстый жгут, который вытягивается при нагреве, а затем для получения извитости на него воздействуют рифленые вальцы. Извитость волокон получают перед фиксацией в гофрировочных камерах. В последние принудительно подается жгут, элементарные нити под давлением складываются, что придает им извитость. Лавсановые нити выпускаются еще в виде мононитей, которые формуются через фильеру, сблужающийся пучок

нитей поступает в водяную ванну и ему дается 4—4,5-кратная вытяжка. Такая обработка обеспечивает хорошую усадку монопнитей, применяемых для технических целей. Если на последней стадии производства монопнити не подвергают термофиксации, то они становятся малоусадочными. В основном выпускают малоусадочные полиэфирные нити, которые применяются для изготовления сеток, используемых в бумажной промышленности.

Наконец, необходимо упомянуть о производстве лавсановых бикомпонентных нитей. В этом случае к каждой фильере двумя насосиками подаются расплавы ПЭТ и какого-либо другого полимера (в том числе и ПЭТ с другой степенью полимеризации), имеющего другую температуру плавления. При последующих нагревах нити благодаря различной усадке составляющих их компонентов приобретают извитость, которая позволяет изготавливать изделия (трикотаж) с повышенной объемностью. Известны волокна из других полиэфиров, кроме ПЭТ. Например, в США в ограниченных количествах выпускается волокно кодель из сополимера терефталевой кислоты и двух гликолей — этиленгликоля и ароматического гликоля; оно имеет повышенную температуру плавления, пониженную плотность ($1,22 \text{ г/см}^3$), в остальном сходно с волокном из ПЭТ.

Основные показатели свойств лавсановых волокон и нитей приведены в табл. VI.1. При сравнительно небольшой плотности (в среднем $1,38 \text{ г/см}^3$) они обладают высокой относительной прочностью (40—50 сН/текс и выше для сильновытянутых — упрочненных), большой долей обратимых деформаций, особенно при малых нагрузках, хорошей термостойкостью (существенное падение прочности начинается после 180°C), высокой светостойкостью. Существенным недостатком лавсановых материалов является их низкое поглощение влаги — около 0,4 % в нормальных атмосферных условиях, а также повышенная жесткость, приводящая к образованию пиллинга — дефектов в виде шариков, получающихся из закатанных отдельных волокон, торчащих на поверхности пряжи. Волокна перерабатываются в пряжу в основном в смеси с натуральными (шерстью, хлопком, льном), что позволяет выпускать изделия повышенной прочности, малосминаемые. Это определяет, почему до $\frac{3}{4}$ всех лавсановых материалов выпускается в виде волокон и лишь $\frac{1}{4}$ в виде нитей, большая часть которых подвергается текстурированию и идет для изготовления трикотажа. Текстурирование делает последний малотеплопроводным и лучше поглощающим влагу. В нашей стране примерно $\frac{1}{3}$ лавсановых нитей выпускается в виде корда, который благодаря теплостойкости и хорошим механическим свойствам обеспечивает получение более долговечных шин. Ко всему сказанному следует добавить, что, как это видно из табл. XII.1, лавсан является более дешевым, чем ряд других химических волокон и нитей. Монопнити используют для производства различных сеток, фильтров, щеток и др.

Полиамидные волокна и нити

Второе место по тоннажу среди синтетических нитей и волокон в мировом производстве занимают полиамидные материалы. На заводы синтетического волокна, изготавливающие полиамидные волокна, поступает не первичное сырье, а продукты дальнейшей его переработки — мономеры, из которых непосредственно синтезируются полиамиды.

Поликапроамидные волокна и нити [7]. Эти волокна и нити одни из наиболее распространенных среди полиамидных. В СССР их называют капрон, в ГДР — дедерон, в Чехословакии — силон, в Польше — стилон, в ФРГ — перлон, в США и ряде других стран — найлон-6 и т. д. Мономером для получения полиамида, из которого изготавливается это волокно, является лактам ϵ -аминокапроновой кислоты, иначе называемой капролактамом, или капроамид



В результате нагрева капролактама и его взаимодействия с активатором — водой связь CO-NH в этом циклическом мономере раскрывается и капролактамом превращается в аминокaproновую кислоту.

С повышением температуры равновесие между мономером и получающимся полимером устанавливается при более высоком содержании низкомолекулярных фракций. Повышение содержания мономеров нежелательно, так как оно ухудшает свойства ПКА. В то же время значительное уменьшение нагрева невозможно, так как температура плавления поликапролактама 215—220 °С. Поэтому оптимальной температурой, при которой обычно ведется процесс полимеризации, является 250—260 °С.

Основными процессами получения ПКА являются фильтрация реакционной массы, полимеризация, получение жилки, гранулирование, экстрагирование низкомолекулярных фракций, сушка. Процессы получения ПКА проводятся периодически или осуществляются непрерывно; иногда применяются смешанные способы. Непрерывные способы ускоряют получение ПКА и сокращают расход рабочей силы. Однако в некоторых случаях периодический способ имеет преимущества, так как при нем облегчается выдерживание частных условий на отдельных стадиях синтеза (например, вакуума); поэтому до сих пор он иногда применяется. В разных странах, в том числе в СССР, предложена и используется различная по конструкции и способу действия аппаратура для синтеза ПКА.

При непрерывном методе полимеризация осуществляется при нормальном давлении с применением реагентов, отщепляющих при высокой температуре воду, что обеспечивает начало реак-

ции. В качестве активаторов используют соль адипиновой кислоты и гексаметилендиамина* и др.

При непрерывном процессе синтез осуществляется, как и в производстве полиэфирных волокон и нитей, в колонных реакторах — вертикальных трубах, разделенных перфорированными дисками на секции (во избежание перемешивания мономера и полимеризующегося капролактама). Высота трубы 5—6 м, и обогревается она до 260—270 °С. В трубу подаются расплав лактама и раствор соли АГ. Вытекающий из нижней части трубы расплав ПКА предварительно превращается в ленту, которая проходит те же процессы обработки, что и при описанной выше технологии.

На некоторых заводах непрерывный способ производства охватывает как полимеризацию, так и формование. В этом случае расплав ПКА не превращают в ленту, а в специальном аппарате, в котором поддерживается значительный вакуум (130—70 Па), дают ему медленно стекать тонким слоем по стенкам, во время чего отсасывают превращающиеся в пары остатки мономера и олигомеров. Далее демономеризованный расплав, освобожденный от низкомолекулярных фракций, идет на формование. Формование поликапроамидных нитей осуществляется только из расплавов, как это описано в гл. XII.

Если применяют способы производства, при которых получается крошка, ее загружают в бункер, обслуживающий одно или несколько прядильных мест. Бункер закрывается герметически; через него пропускается азот или водяной пар для удаления остатков кислорода. Далее крошка поступает на плавильную решетку — змеевик, обогреваемый динилом, и плавится при температуре 260—270 °С. Расплав ПКА прядильными насосами подается в шахту высотой 3—5 м под давлением (5..6) 10⁶ Па к фильтрам (сетки с кварцевым песком) и далее — к фильерам. Последние обычно имеют круглые отверстия, число которых определяет число получаемых элементарных нитей (для комплексных нитей делается не более нескольких десятков, чаще 8—12). Диаметры отверстий (от нескольких десятых до 2—3 мм) выбирают с учетом скорости формования, которая чаще устанавливается 1—1,5 км/мин, но иногда достигает 4—5 км/мин, если осуществляется дополнительная вытяжка. Чем выше линейная плотность элементарных нитей, тем ниже скорость формования. Высокие скорости приводят к большой фильерной вытяжке, что вызывает ориентацию частиц и, повышая прочность, снижает удлинение. Однако при этом растет обрывность элементарных нитей. Для хорошего сцепления элементарных нитей между собой и увеличения сорбционной способности (за счет развития поверхности) применяют профилированные отверстия фильер,

* Соль этих двух веществ, взятых в эквимолярных количествах, обычно сокращенно называют солью АГ.

дающих элементарные нити сложных форм сечения. Однако это наряду с положительным эффектом нередко приводит к легкому засорению фильер. Необходимо учитывать влияние профилированных отверстий фильер на ход процесса формования. Выходящие из фильеры струйки проходят через обдувочную шахту, где охлаждаются потоком воздуха, затвердевают и, пройдя через направляющую шахту, замасливающие и вытяжные диски, наматываются обычно на цилиндрические бобины. После этого осуществляют вытягивание и замасливание. Последнее предохраняет элементарные нити от цепляния и обрывов.

Несмотря на то что полиамидные волокна в процессе формования получают большую вытяжку, молекулы в них недостаточно ориентированы и сильно изогнуты. Вследствие этого волокна обладают малой прочностью и очень большими удлинениями. В таком виде они непригодны для производства текстильных изделий, поэтому их подвергают вытягиванию (обычно в 3,5—4 раза).

В отличие от полиэфирных нитей полиамидные хорошо поддаются вытягиванию. Далее следуют термофиксация и отделочные процессы, перемотка на выпускные паковки, на которых готовые нити направляются на текстильные фабрики.

При производстве кордных нитей особое внимание обращают на их прочность. Повышенная прочность достигается при использовании ПКА с увеличенной молекулярной массой, более тщательно освобожденного от низкомолекулярных фракций, а также при высокой вытяжке. Мононити из ПКА вырабатывают как значительной линейной плотности (до 500 текс), так и тонкие (1,5—2,2 текс). В отличие от комплексной нити мононити из фильеры поступают в водяную ванну, что обеспечивает их быстрое охлаждение и затвердевание. Волокна из ПКА, как и другие синтетические, часто используют в смесях с натуральными, которые имеют более низкую прочность. Совместное прядение дает смешанную пряжу повышенной прочности. Производство жгутов для них обычно ведется по полному непрерывному способу, в основном сходному с описанным для комплексных нитей. Некоторые отличия заключаются в том, что скорости формования более низкие, чем при производстве нитей, и составляют 0,5—1 км/мин. В одной шахте устанавливается до 6 фильер, имеющих до 400 отверстий. Вытяжка 3—3,5-кратная. Вытягивание соединено с гофрированием для получения извитых волокон. Для толстых жгутов и для получения пониженного удлинения вытягивание осуществляется с подогревом. Отделочные операции проводятся или в жгуте, или после резки, т. е. уже для волокон.

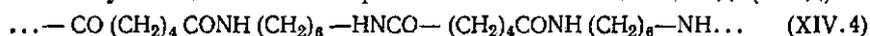
Анид. Другим полиамидным материалом, производство которого широко распространено в мире, является материал, называемый в СССР анид, в ряде стран — найлон 6.6, в Японии — ниплон, в Англии — бринайлон, во Франции — нилфранс. Про-

мышленное производство полиамидных нитей и волокон, как указывалось в гл. XII, началось именно с производства найлона 6.6 в США. Название найлон часто распространяют на всю группу полиамидных гетероцепных нитей и волокон.

Соединениями, служащими для получения анида, являются дикарбоновые кислоты и диамины. Обычно применяются адипиновая кислота $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ и гексаметилендиамин $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$. Первая из них получается в основном из продуктов переработки нефти — фенола, бензола, циклогексана и др.; вторая — переработкой первого.

Для того чтобы при синтезе получить полимер с необходимой молекулярной массой, требуется соблюдать точное соотношение мономеров, входящих в реакцию. Это удается обеспечить при условии применения не их смеси, а их соединения, в которое они входят в эквимолярных количествах. Синтез идет по типу поликонденсации при температуре около 280°C в течение 10—15 ч. Образующаяся при этом вода должна тщательно удаляться, так как иначе не удастся получить полимер необходимой большой молекулярной массы, поэтому при синтезе применяется вакуум.

Получающийся полимер — гексаметиленадипамид (анид)



почти не содержит примесей, имеет температуру плавления 255°C , т. е. примерно на 40° более высокую, чем ПКА, обладает несколько лучшими механическими свойствами, но стоимость его немного дороже.

В производстве анида начали также применять непрерывные способы. Процессы формования и отделки анида сходны с таковыми для ПКА; области применения те же. Необходимо отметить, что несколько более высокие показатели анида по сравнению с показателями капрона (повышенная термостойкость, лучшие механические свойства) делают целесообразным его применение для ответственных технических изделий, например для корда авиационных шин.

Прочие полиамидные волокна. Отметим еще некоторые виды полиамидных нитей и волокон, которые по разным, в основном экономическим, причинам не получили широкого распространения, подобно аниду и капрону, но представляют известный интерес. Для получения полимеров, пригодных для производства нитей и волокон, в ряде стран были испытаны различные лактамы* и другие соединения. Некоторые из них представляют интерес вследствие своих свойств или видов исходного сырья.

Так, в Англии сделаны попытки получать полиамиды из таких же аминокислот, которые входят в состав кератина шерсти и фиброина шелка, но естественно используя другое сырье для

* Напомним, что лактамами называют циклические соединения (внутримолекулярные ангидриды), образующиеся при нагреве аминокислот в результате отщепления воды.

их получения. Примером может служить полиглицин ($-\text{HNCH}_2\text{CO}-$)_n, называемый в литературе найлон 2.

Опробован аналогичный путь — получение из другой аминокислоты — полиаланина (иначе метил-найлона 2), формула которого $[-\text{HNCH}(\text{CH}_3)\text{CO}-]$ _n.

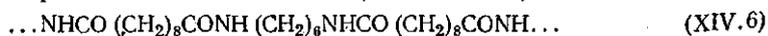
В США предпринималось получение полиамида из ацетилену путем переработки его в лактам пирролидон и его полимеризации в полипирролидон (найлон-4) $[-(\text{CH}_2)_3\text{CONH}-]$ _n. Напоминающая по свойствам своим капрон, этот материал обладал повышенной способностью влагопоглощения.

В СССР, как отмечалось в гл. XII, осуществлено получение из этилена и четыреххлористого углерода лактама ω-энантовой кислоты, поликонденсация которого, проводимая при температуре 260 °С, дает полимер энант $[-\text{HN}(\text{CH}_2)_6\text{CO}-]$ _n, иногда называемый найлон 7. Нити из него по механическим свойствам приближаются к капрону, несколько меньше поглощают влагу, но имеют очень малое содержание низкомолекулярных фракций, что является его существенным преимуществом. Следует отметить еще производимый во Франции и других странах полиамид рильсан (иначе ундекан или найлон 11). Исходным сырьем для его производства служит рициновое (касторовое) масло, получаемое из семян клещевины. Переработка ее дает ω-аминоундекановую кислоту $\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$, поликонденсация которой при нагреве до 215 °С позволяет получить рильсан



Отличительными особенностями формуемых из него нитей является пониженная по сравнению, например, с капроном температура плавления (183 °С), малая гигроскопичность, более трудная окрашиваемость. Повышенная жесткость позволяет получать из рильсана хорошую щетину для щеток.

В США и Англии в небольших количествах производится найлон 6.10. Исходными мономерами для его производства служат упомянутый выше гексаметилендиамин и себациновая кислота $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$. Совместная их поликонденсация и дает полимер гексаметиленсебацид (найлон 6.10)



Свойства нитей из этого полиамида хуже, чем свойства анида. Оно имеет невысокую температуру плавления (214 °С), менее гигроскопично, более жестко.

Следует отметить, что изменения состава цепи линейных молекул резко влияют на свойства полимеров. Так, увеличение числа размещенных подряд групп $-\text{CH}_2-$ ведет к увеличению жесткости, уменьшению гигроскопичности и т. д. Еще большие изменения вносит химическая модификация. В последние годы начато производство волокон из модифицированных (видоизмененных) полиамидов. Эти модификации получают различными способами, в частности совместной поликонденсацией различных

мономеров. Например, в ГДР волокно эфтрелон изготавливают из продукта совместной поликонденсации капролактама и соли АГ. В отличие от описанных выше полиамидов, имеющих регулярное строение вследствие чередования карбоаминной группы —CONH— и определенного числа метиленовых групп —CH₂—, сополиконденсаты имеют менее регулярное строение. Вследствие этого в подобных веществах реализуется меньшее число водородных связей, что существенно изменяет их свойства: повышает их растворимость, делает более прозрачными и менее окисляющимися, изменяет температуру плавления, повышает поглощение влаги, уменьшает содержание низкомолекулярных фракций и т. д.

Волокна из ароматических полиамидов рассмотрены в конце этой главы.

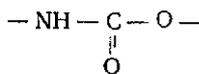
Область применения полиамидных волокон. Полиамидные волокна и нити нашли разнообразное и широкое использование. Их высокая прочность и упругость, износостойкость и малая плотность определили их области применения. Тонкие комплексные нити и тонкие мононити используют для выработки трикотажных изделий — чулок, тонкого белья; для производства тонких тканей — блузочных и других; технических тканей (ситя, парашютное полотно и т. д.). Комплексные нити большой линейной плотности применяют для выработки корда для авто- и авиапокрышек, различных крученых изделий, сетей, мебельных тканей и др.

Полиамидные волокна используются в смесях с натуральными волокнами (шерстью, хлопком) для выработки костюмных и других тканей. Обычно к натуральным волокнам добавляют 10—20 % полиамидных штапельных волокон, что резко увеличивает износостойкость изделий. Грубые моноволокна применяют как заменители щетины, а также для лесок и других целей.

Полиамидные волокна поглощают сравнительно небольшое количество влаги. Поэтому нецелесообразно изготавливать из полиамидных волокон плотные, тяжелые ткани для белья и одежды.

Полиуретановые нити

Полиуретан является гетероцепным полимером, получающимся в результате ступенчатой сополимеризации гексаметилендиизоцианата $\text{OCN}(\text{CH}_2)_6\text{NCO}$ и тетраметиленгликоля $[\text{HO}(\text{CH}_2)_4\text{OH}]$. Характерной группой этого соединения является уретановая группа



Полиуретан, синтезируемый при температуре 195 °С в атмосфере азота, имеет следующее строение



Гексаметилендиизоцианат получают из фенола, растворяя его в дихлорбензоле и последовательно обрабатывая углекислым газом, а затем фосгеном. Бутандиол является продуктом соединения формальдегида с ацетиленом и последующей гидратации. Нити формируются из расплава аналогично полиамидным волокнам, а затем также подвергаются большой вытяжке (3,5—4).

Производят в основном монопнити, которые используют как заменитель щетины. По сравнению с полиамидными это волокно отличается большей жесткостью, меньшими прочностью и влагопоглощением.

Поскольку исходным сырьем для получения полиуретанов указанного вида служат соединения, сходные с применяемыми для нейлона, а получаемое волокно имеет преимущества только при использовании в указанной специфической области, широкого распространения оно не получило. Начиная с 60-х годов в ряде стран было начато производство блочных полимеров, у которых в молекулу наряду с участками полиуретана входят гибкие, сильно растяжимые блоки, не содержащие полярных групп— это простые или сложные эфиры. Предложен ряд способов получения блок-сополимеров. Используется также формование из олигомеров, в процессе которого идет синтез. Формование проводится или из расплавов, или из растворов. Они получили наименование спандекс, лайкра, вирен и др. Название «спандекс» часто используется как родовое для всех нитей подобных видов. Блок-сополимерные волокна обладают большой обратимой растяжимостью (в 2—3 раза и более) при сравнительно высокой прочности и малой плотности. Их широко используют для производства трикотажных и тканых изделий бытового, спортивного, медицинского и других назначений. Эти нити часто вырабатываются с предохраняющей их обмоткой из пряжи различных видов или комплексных нитей.

Волокна и нити из прочих гетероцепных синтетических полимеров

Рассматриваемые в этом параграфе волокна и нити в настоящее время не получили широкого распространения, но их описание показывает огромные возможности современной химии полимеров для получения синтетических текстильных материалов из самого разнообразного сырья.

Полиуроновые волокна и нити. В 50-х годах в Японии было начато их производство. Они получили наименование урилон. Полимер содержит мочевиновую группу —HN—CO—NH—. Мономерами для синтеза полимера являются диамины, в основном нонаметиленамин $[\text{NH}_2(\text{CH}_2)_9\text{NH}_2]$, получаемый из рисовых отрубей, и мочевины $\text{H}_2\text{N—CO—NH}_2$, синтезируемая из углекислого газа (CO_2) и аммиака, представляющая собой весьма дешевый продукт. Полимер получается при совместной поликон-

денсации при температуре 250 °С в течение 15—18 ч и представляет собой полимочевину $[-(\text{CH}_2)_9\text{NHCONH}-]_n$. Формование проводится из расплава при температуре 225—230 °С, применяется большая вытяжка. Нити и волокна напоминают анид, обладают высокой хемостойкостью, хорошей прочностью, большой обратимой деформацией, малой плотностью и низкой гигроскопичностью. Используются аналогично полиамидным материалам. Урилон недостаточно термостоек, что, по-видимому, послужило причиной ограниченного объема производства. В СССР предложены методы термостабилизации урилона.

Полиформальдегидные волокна и нити. В СССР и других странах проведены работы по получению нитей и волокон из полиформальдегида, синтезируемого полимеризацией производных формальдегида (ОСН_2), широко используемого для производства пластмасс. Формование осуществляется из расплава при температуре порядка 200 °С. После большой (более 10-кратной) вытяжки получается высокопрочная нить с большой плотностью (до 1,4 г/см³) и очень низким влагопоглощением (0,2 %), пригодная в основном для технических целей.

Волокна и нити из ароматических полиамидов и других гетероцепных высокопрочных и термостойких полимеров

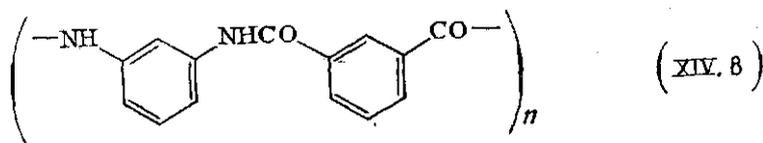
Текстильные материалы широко используются как армирующие различные конструкционные композиты, как разнообразные гибкие оболочки, тепло-, электро-, свето- и звукоизоляционные материалы, как элементы силовых передач, фильтры и другие технические устройства. Среди текстильных материалов лучше других разнообразным требованиям отвечают синтетические. Этому способствуют их малая физическая плотность (легкость), прочность, гибкость, термоустойчивость, хемостойкость и др. Но требования техники растут, и ряд материалов, который на прежних этапах развития удовлетворял по показателям своих свойств, сейчас уже непригоден. Приходится вести поиски новых материалов [8].

Научно-технический прогресс в области производства синтетических нитей и волокон в последние два десятилетия связан не столько с улучшением уже известных материалов и ростом объема их производства, сколько с появлением новых материалов, которые позволяют лучше использовать пути совершенствования волокнообразующих полимеров. Крупный ученый в области химии и физики полимеров Г. Ф. Марк (США) указывает на основные направления улучшения свойств полимерных материалов и прежде всего их прочности и устойчивости к разным воздействиям* — это кристаллизация, структурирование, т. е.

* Марк Г. Ф. Полимерные материалы: Международный ежегодник «Наука и человечество-1977». М., 1977, с. 268—277.

увеличение межмолекулярных связей и увеличение жесткости цепи макромолекул. Для получения высокопрочных материалов, стойких к различным перечисленным выше воздействиям, используется выбор хорошо полимеризующихся мономеров, дающих большие молекулярные массы при небольшой полидисперсности. В них должны отсутствовать низкомолекулярные включения. Они должны иметь полярные группы, способность к кристаллизации и обладать значительной жесткостью. Во многих случаях материалы, при синтезе которых реализованы эти положения, одновременно обладают и высокой прочностью и сопротивлением некоторым из перечисленных воздействий.

Опишем наиболее характерные виды волокон и нитей, которые получили разные наименования — высокомодульных, сверхпрочных, жаростойких и т. д. Одним из первых среди этих материалов явился номекс (США). Он представляет собой ароматический полиамид, в котором в цепную молекулу входят бензольные кольца, соединяемые карбоамидными группами



(поли-*m*-фениленизофталамид)

Мономерами для их поликонденсации явились *m*-фенилендиамин и терефталевая кислота.

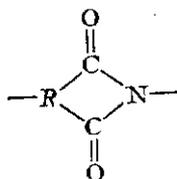
Большое значение имеет, какое положение в бензольном кольце занимают заместители; наиболее термостойкий продукт дает ортоположение. Введение ароматических звеньев (колец), достигаемое в результате использования фенилдиаминов и фталевых кислот, обеспечивает большую жесткость и кристалличность, что позволяет получать более прочные и термостойкие материалы. В СССР из материалов этой подгруппы был разработан материал фенилон. Термостойкость его довольно высока, достигает температуры 350°C и более. При получении многих подобных материалов часто невозможны поликонденсация и формование из расплава, так как температура плавления полимера оказывается значительно выше температуры его разложения, поэтому применяют другие методы (например, поликонденсацию и формование из растворов сложных составов).

Работы по созданию высокопрочных и высокоустойчивых материалов развернулись в ряде стран. В СССР выпускают нити вивлон (иначе СВМ — сверхвысокомодульные) из полигетероарилена — ароматического полимера, обладающие хорошей термостабильностью и светостойкостью, при температуре 400°C сохраняющие половину исходной прочности, не плавящиеся и не воспламеняющиеся при контакте с огнем и т. д. Нити вивлон

имеют влагоемкость в нормальных атмосферных условиях около 4 % и физическую плотность 1,43 г/см³. Нити используются для изготовления тканей для спецодежды, фильтров, швейных ниток, корда, а волокна — для армирования конструктивных материалов и др.

Другой материал — оксалон, такой же плотности, формируемый из раствора полиоксидиазола в серной кислоте, несколько менее прочный, чем предыдущий, но очень устойчивый к истиранию, хемостоек, используется для производства фильтровальных тканей.

Аримид Т имеет показатели, близкие к показателям оксалона. Не воспламеняющийся и не поддерживающий горение материал. В США выпускаются нити кевлар-49, сохраняющие до 70 % начальной прочности при нагреве до температуры 300 °С, хемостойкие. Во Франции разработан материал кермель, в цепной молекуле полимера имеющий не только ароматические звенья, но и циклические имидные звенья. Имидные циклы имеют структуру



Поэтому кермель относится к ароматическим полиамидоимидам. При умеренной прочности кермель обладает хорошей термостойкостью и используется для производства защитных, фильтровальных и других изделий.

Все приведенные материалы следует рассматривать как примеры наиболее известных высокопрочных, термостойких, хемостойких и других материалов. В последние годы их предложено очень много. Эта область синтетических текстильных материалов быстро развивается.

2. СИНТЕТИЧЕСКИЕ ВОЛОКНА И НИТИ ИЗ КАРБОЦЕПНЫХ СОЕДИНЕНИЙ [9]

Многие карбоцепные соединения могут являться исходными мономерами, позволяющими получать волокнообразующие полимеры. Ряд из них нашли практическое применение для получения волокон и нитей. Рассмотрены наиболее типичные из них, представляющие интерес как исходные текстильные материалы.

Углеродные и графитовые волокна и нити

В 60-х годах впервые были получены нити из веществ, состав которых приближается к почти чистому углероду. Предшественниками их были волокна Д. Свана для ламп нака-

ливания, о которых упоминается в гл. XII, однако те волокна были очень хрупкими и не могли быть применены в качестве текстильных. Нити, полученные почти 80 лет спустя, оказались пригодными для изготовления текстильных тканей. Причиной их появления были поиски материалов, обладающих большой термостойкостью — негорючестью, могущие использоваться при температурах в несколько сот градусов (400°C и выше), часто называемые жаростойкими. Подобные материалы необходимы для авиации, космонавтики и других целей.

Углерод, как известно, может находиться в природе в разных состояниях по своей структуре (одной из структур, обеспечивающей особую прочность, является алмаз). Для получения текстильных материалов исходным материалом обычно являются полиакрилонитрильные или вискозные нити; в инертной среде их подвергают длительному (40 ч и более) высокому нагреву, сопровождаемому вытягиванием, происходит разложение соединений, составляющих указанные нити. При этой деструкции отщепляются различные низкомолекулярные соединения (NH_3 , HCN , H_2O и др.), а основная масса углеродных атомов остается, формирует молекулы новых структур, состоящих преимущественно из углерода. Если процесс ведется в одну стадию при температуре $900\text{--}1500^{\circ}\text{C}$, получают нити с содержанием углерода порядка 95 % — углеродные, если в две стадии (вторая при температурах $1500\text{--}3000^{\circ}\text{C}$), получают нити с содержанием углерода до 99 % — графитовые. Под этими наименованиями они и известны в СССР. Кроме СССР, углеродные и графитовые волокна и нити производятся в ряде стран и известны под разнообразными фирменными названиями: торнель (США), модмор (Англия), торейка, карболон (Япония) и др. Они отличаются малой физической плотностью ($1,5\text{--}2\text{ г/см}^3$), высокой прочностью (разрывное напряжение 1 МПа и более), малым разрывным удлинением (0,5—0,8 %), высокой хемостойкостью. В условиях длительного нагрева (температура 400°C и более) сохраняют свои механические свойства, негорючи, электропроводны. Нити перерабатывают в ткани, волокна применяют для армирования пластиков. Используются в различных областях техники (авиационном и химическом машиностроении, в нагревательных устройствах, для термоизоляции и др.).

Волокна и нити из углеводородных полимеров (полиолефинов)

Продукты полимеризации углеводородов начали изучаться еще в XIX веке. Будучи распространенными и относительно дешевыми, они привлекли в 40-х годах внимание химиков для производства пластмасс, а затем и волокон. В основном для этого использовались этилен ($\text{CH}_2=\text{CH}_2$), пропилен

($\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$), этилен-газ, который полимеризуется в полиэтилен ($-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$)_n — твердое кристаллическое вещество.

Вначале было развито производство из этилена, полимеризация осуществлялась при высоком давлении — (12...20) 10^7 Па и температуре 150—250 °С. Для начала полимеризации необходимо присутствие небольшого количества инициаторов, в качестве которых используется кислород, некоторые перекиси. Из газгольдеров этилен подается в два последовательно соединенных компрессора. В первом он сжимается до (35...45) 10^6 Па, во втором — до давления, применяемого при полимеризации. Сжатый этилен поступает в реактор, в котором он при указанной температуре полимеризуется. Из реактора полимер и остатки непрореагировавшего этилена поступают в приемный бак, где происходит снижение давления. Из дна бака выходит полимер в виде гранул размером 3—4 мм, а из верхней части по трубе обратно в газгольдер возвращается непрореагировавший этилен.

В ФРГ К. Циглером и в Италии Г. Натта были предложены новые катализаторы, позволившие отказаться при синтезе от применения высоких давлений и температур. Г. Натта отметил наличие трех структурных разновидностей (изомеров) полиолефинов:

изотактические — когда все боковые заместители располагаются по одну сторону от плоскости цепи главных валентностей;
синдиотактические — когда боковые группы регулярно чередуются и располагаются попеременно по обеим сторонам цепи;
атактические — когда боковые группы расположены хаотически.

От вида примененных катализаторов зависит строение получаемого полимера. Первая из структур обеспечивает получение материалов с более высокими механическими свойствами. Новые катализаторы позволили осуществлять синтез при резко сниженном и даже атмосферном давлении.

Формование нити происходит в основном по методу выдавливания из размягченного полиэтилена при нагреве до температуры 150 °С. Полученное моноволокно подвергается большой вытяжке (до 6-кратной) и стабилизации в горячей воде.

Производимые моноволокна имеют различную толщину — от 0,09 до 0,5 мм. Они обладают удовлетворительными механическими свойствами, хорошей хемостойкостью при нормальной температуре (при повышенной температуре, например, азотная кислота действует разрушающе), очень легки (плавают на воде). Как недостаток полиэтиленовых материалов следует отметить низкую термостабильность (значительная усадка начинается при температуре 50—60 °С) и отсутствие способности поглощать влагу (влажность этого волокна порядка 0,02 %).

Полиэтиленовые волокна и нити, известные под названиями полиэтан, фэйристон и другими в США, пурлен в Англии, в основном используются для производства мебельных, обивочных,

обувных, фильтровальных тканей, крученых изделий, для электроизоляции и др.

Другим видом материалов, получаемых из полиолефинов, является полипропилен, промышленное производство которого началось в 60-х годах в Италии. Волокно это в Италии получило наименование моплен, в США — болта, простран, DLP (дэ-эл-пэ) и др. Используется изотактический полимер с большой молекулярной массой (40—50 тыс.), получаемый из продуктов, содержащихся в нефтяном газе (пропан, пропилен).

Полипропилен



обладает большой кристалличностью, что позволяет вырабатывать более прочные волокна и нити. Полипропилен обладает более высокой хемостойкостью, чем полиэтилен, к которому он близок по другим свойствам. Он используется для веревочно-канатных изделий, мебельных тканей и др.

Из полипропиленовой пленки продольным ее разрезанием или расчесыванием игольчатыми валами получают разрезные фибриллизированные волокна, которые используют для получения текстурированной пряжи, в смесях с натуральными волокнами и др.

Ограниченное использование находят волокна из полимеров, получаемых из других углеводородов олефинового ряда. В числе таких следует отметить волокна из полистирола (поливинилбензола), известные под наименованиями полифайбр (США), стирофлекс (ФРГ).

Исходным сырьем для производства стирола служат бензол и этилен. Стирол легко полимеризуется при простом нагреве с добавлением инициаторов. Из размягченного полистирола выдавливанием производится элементарная нить (мононить), используемая для технических изделий — для изоляции проводов, как заменитель щетины для щеток и др. Волокно обладает удовлетворительной прочностью, довольно жестко, малотермостабильно (размягчается при температуре 80°C и выше) и не поглощает влаги.

Необходимо также указать на мононити квадратного и круглого сечения из синтетических каучуков. Эти нити используют в качестве текстильных в ткацком и трикотажном производствах при выработке эластичных лент — резинки, бинтов и других изделий. Применение нашли нити из различных синтетических каучуков, которые относятся к углеводородным полимерам, например из полибутадиена (нить диен), из полиизобутилена (нити оппанол, вистанекс, тенсилон и др.).

Мононити вырабатывают выдавливанием, или разрезанием пленки на узкие полоски. Для производства подобных нитей используют и натуральный каучук.

Полиакрилонитрильные волокна и нити [9]

В материалах этой группы следует различать две подгруппы (см. гл. IV): 1) волокна и нити, получаемые из чистого полиакрилонитрила или из сополимеров акрилонитрила, в который второй мономер входит в небольших количествах (до 15 %) и 2) из сополимеров акрилонитрила, в которых второй мономер представлен в больших количествах (более 15 %); последние за рубежом часто называют модакриловыми материалами. Представители второй подгруппы существенно отличаются по своим свойствам и поэтому рассматриваются отдельно (см. с. 199—200). Исходными соединениями, из которых получается акрилонитрил, являются ацетилен (C_2H_2) и синильная кислота (HCN).

Эти соединения получают из простых и доступных веществ. Так, ацетилен синтезируется из карбида кальция при действии на него воды, из метана или природного газа, а синильная кислота синтезируется из окиси углерода и метилового спирта и аммиака. Синтез самого акрилонитрила осуществляется непосредственным присоединением синильной кислоты к ацетилену. Акрилонитрил представляет собой летучую жидкость (температура его кипения $78^\circ C$), растворимую в водном растворе или эмульсии в присутствии различных перекисей при нормальной температуре. Совместная полимеризация акрилонитрила (с различными виниловыми соединениями) протекает иногда несколько сложнее, так как скорость полимеризации отдельных компонентов может быть различна. Процесс приходится регулировать, перемешивая и изменяя температуру, концентрацию и т. д.

Формование полиакрилонитрильных волокон осуществляется из их растворов как по сухому, так и по мокрому способам. Полиакрилонитрил труднорастворим, но в результате многолетних поисков было найдено несколько органических растворителей, которые могут быть использованы для получения прядильных растворов: диметилформамид, этиленкарбонат, роданистый натрий и др. В производственных условиях в настоящее время используется преимущественно диметилформамид.

Волокна по сухому способу формуруются из более концентрированных растворов, содержащих до 28—30 % полимера, а по мокрому способу — из растворов, содержащих 16—20 % полимера.

Вследствие труднорастворимости полимера для получения растворов используют мешалки и применяют подогрев. Формование по сухому способу осуществляется подобно формированию ацетатного волокна. Однако существенным затруднением является необходимость подогрева подаваемого раствора и поддержания в шахте температуры $165^\circ C$ и выше, иначе не удастся испарять растворитель (диметилформамид кипит при $153^\circ C$). По сухому способу производят в основном комплексные нити хорошего качества. После формования волокно подвергается 8—

12-кратной вытяжке в нагретых вальцах или в глицериновой ванне при температуре 170°C.

По мокрому способу в основном получают волокна. При этом применяют осадительные ванны из водных растворов диметилформамида или различных органических жидкостей, не растворяющих полимер, чаще всего глицерина. Полученное волокно подвергается сильному вытягиванию (в 5—6 раз).

Для придания полиакрилонитрильным волокнам безусадочности — постоянной, устойчивой формы, а также извитости их подвергают термофиксации — сушке при 100—110°C, а затем запариванию в автоклаве при давлении (2...3) 10⁵ Па и температуре до 150°C в течение 2—3 ч. Эти волокна следует замасливать, так как они легко электризуются.

Полиакрилонитрильные материалы известны под наименованиями: в СССР — нитрон, нитрилон; в США — орлон (комплексная нить и волокно); в ГДР — волькрилон, прелана (волокно); в ФРГ — пан (комплексная нить и волокно), дралон, редон (волокно); во Франции — крилон (комплексная нить и волокно) и др.

Полиакрилонитрильные волокна обладают хорошими механическими свойствами, но сравнительно жестки и не особенно устойчивы к истиранию. Они термопластичны, т.е. при нагреве легко меняют форму; в то же время они термостойки — сохраняют значительную прочность даже при сравнительно высоком нагреве до температуры 180—200°C и выше. Эти волокна обладают высокой светостойкостью, но малой способностью поглощать влагу и относительно небольшой хемостойкостью, сравнительно трудно окрашиваются.

Область применения полиакрилонитрильных волокон следующая. Штапельное волокно в чистом виде и в смесях с шерстью используется для выработки пряжи, идущей на изготовление костюмных тканей и трикотажа, а непрерывные нити — для изделий, подвергающихся ингаляции, — гардин, рыболовных снастей и др.

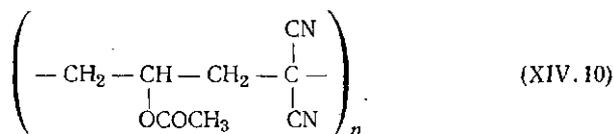
Для улучшения способности полиакрилонитрильных волокон окрашиваться, поглощать влагу и для других целей иногда изготавливают волокна из сополимеров акрилонитрила с другими соединениями. Так, в США производится волокно креслан из сополимера акрилонитрила с эфирами акриловой кислоты и другими соединениями. Это волокно, обладая физико-механическими свойствами, присущими другим полиакрилонитрильным волокнам, в то же время хорошо окрашивается разнообразными красителями. Следует отметить волокно X-51 из сополимера акрилонитрила и метилметакрилата, обладающего несколько большей влагопоглощаемостью, чем орлон, а также волокно акрилан из смеси полимеров акрилонитрила и винилацетата, тоже более влагоемкого. Волокном из сополимера последнего типа является волокно верел. В сополимер, из которого изготавливается верел,

входят звенья, обеспечивающие лучшую окрашиваемость этого волокна. Волокно верел выпускается подвергнутым тепловой обработке и без нее: первое имеет малую усадку (порядка 2—3 %), второе сильно усаживается (на 10—20 %).

Интересным методом модификации свойств акриловых волокон, используемым, в частности, также для повышения влагопоглощения волокон и улучшения их способности окрашиваться, является изготовление их из привитых полимеров акрилонитрила. К молекуле полиакрилонитрила или сополимера акрилонитрила и винилацетата прививаются небольшие боковые цепи других веществ. Например, промышленное использование получил графт-полимер названного сополимера с боковыми цепями из винилпирролидона. Волокно из этого графт-полимера под названием зефран, выпускаемое в США с 50-х годов в промышленных масштабах, обладает наряду со свойствами, сходными с полиакрилонитриловыми волокнами, хорошей окрашиваемостью разнообразными классами красителей, несколько больше поглощает влагу и потому менее электризуется при переработке в прядении.

Наконец, необходимо упомянуть о волокне дарван (США), производящемся уже не из акрилонитрильных (винилианидных) сополимеров, а из сополимера винилиденцианида, т. е. винилового соединения, содержащего две нитрильные группы с винилацетатом. Такой сополимер имеет регулярное строение со строгим чередованием звеньев из остатков обоих мономеров.

Сополимер, из которого изготавливается дарван, отвечает формуле



Волокно дарван обладает достаточно хорошими механическими свойствами, в частности хорошей упругостью, поглощает в нормальных атмосферных условиях 2—3 % влаги; при температуре, близкой к температуре его размягчения (175 °С), сохраняет до половины своей прочности, относительно мало усаживается при нагреве, сравнительно хемостойко (в особенности к кислотным реагентам), но трудно окрашивается. Выпускается это волокно в виде штапельного, из которого получают пряжу для платьевых и бельевых тканей.

Волокна и нити из галогенопроизводных виниловых соединений [10]

Волокна и нити из хлорсодержащих полимеров.

Первые попытки получать волокна из поливинилхлорида* относятся еще к 1913 г. Однако трудности приготовления концентри-

* В технике винилхлорид часто неточно называют хлорвинил.

рованных растворов этого вещества, которое оказалось нерастворимым в большинстве распространенных органических растворителей, привели к тому, что промышленное производство волокон из него началось только в 40-х годах (во Франции). Эти волокна известны под наименованием ровиль (комплексная нить), фибровиль, термовиль (волокна) — во Франции; PCU (монопити и волокна) — в ФРГ; мовиль (различные волокна) — в Италии.

Волокна получают формованием из растворов по сухому и мокрому способам. При первом способе в качестве растворителя применяют смесь ацетона и сероуглерода, а формование осуществляется на машинах сухого прядения, вырабатываются комплексные нити и волокна. При втором способе, используемом при производстве волокон, применяется растворитель тетрагидрофуран — циклическое соединение. Сформованные волокна малопрочны. Подвергая их 4—8-кратной вытяжке с последующей термофиксацией, достигают некоторого упрочнения этих волокон.

Производятся также волокна из хлорированного поливинилхлорида. Они известны под наименованиями: хлорин — в СССР, РС (пе це) — в ГДР. Поливинилхлорид содержит 50 % хлора. Добавочное хлорирование, приводящее к замещению некоторого числа атомов водорода атомами хлора, позволяет повысить содержание хлора. При доведении его примерно до 64 % полимер приобретает хорошую растворимость в некоторых органических растворителях, в частности в ацетоне. Это позволяет легче получать прядильные растворы. Отсюда и возникло производство волокна из хлорированного поливинилхлорида. Для хлорирования раствор поливинилхлорида в тетрахлорэтаноле подвергается воздействию газообразного хлора. Из раствора хлорированный продукт выделяется смешиванием его с метанолом.

Формование волокна производится по сухому способу из более концентрированных (33—35 %-ных) растворов хлорированного полимера в ацетоне или из менее концентрированных растворов (28 %-ных) по мокрому способу. При мокром способе раствор выдавливается в разбавленный (5 %-ный) водный раствор ацетона. При мокром прядении применяется способ формования, сходный с используемым в прядении медно-аммиачного волокна. Для сухого прядения используются те же машины, что и при производстве диацетатного волокна.

Качество волокна при обоих способах формования примерно одинаково. Первый способ экономичнее для производства непрерывных нитей, второй — штапельного волокна. При формовании хлоринного волокна применяется вытяжка $i=2,3...2,5$. Скорость наматывания при сухом прядении 200—230 м/мин, при мокром — 45—55 м/мин. Качество волокна при обоих способах формования примерно одинаково.

После формования нить подвергается термофиксации на твердых паковках при нагреве до температуры 85 °С. В результа-

те молекулы принимают более изогнутую и, следовательно, равновесную форму, одновременно сохраняется их ориентированное состояние. Это обеспечивает повышение механических свойств волокон. Далее нить подвергают кручению, перемотке и замасливанию.

При производстве волокна жгут проводится через пять последовательных ванн с водой для промывки от ацетона и при передаче из ванны в ванну вытягивается (общая вытяжка 2-кратная), затем гофрируется механическим способом и разрезается; полученное после разрезания волокно разрыхляется и прессуется в кипы.

Волокна описанных типов отличаются хемостойкостью, имеют удовлетворительные механические свойства, устойчивы к истиранию, но в то же время они мало поглощают влагу (незамасленные волокна — 0,2—0,3 %), недостаточно светостойки и малотермостабильны. Уже при температуре 65—70 °С они сильно усаживаются, при температуре 90 °С начинается их химическая деструкция, а при температуре 95—100 °С размягчаются. Поэтому использование изделий из этих волокон при температуре выше 70—80 °С не рекомендуется.

В работе Н. В. Михайлова и его сотрудников показано, что для повышения термостойкости волокон из хлорсодержащих виниловых полимеров целесообразно изготавливать эти волокна из смесей полимеров, добавляя к основному хлорсодержащему полимеру, например поливинилхлориду, небольшие количества (12—15 %) иных полимеров — диацетилцеллюлозы, нитроцеллюлозы и др. Такие добавки обеспечивают более выгодное перераспределение межмолекулярных связей, в результате которого ослабляются связи С1...Н и, наоборот, усиливаются основные химические связи С1...С. Это и приводит к повышению термостойкости. Волокна, изготовленные из смеси поливинилхлорида и нитроцеллюлозы, получили наименование винитрон.

Поливинилхлоридные нити используются для производства фильтровальных тканей, рыболовных сетей; пряжа из волокна (в чистом виде и в смесях с натуральными волокнами) — для фильтровальных тканей, сукон, трикотажного лечебного белья. Вследствие большой способности поливинилхлоридных волокон электризоваться при трении о кожу на белье из этих волокон накапливаются значительные электростатические заряды, что имеет лечебное значение при болезнях суставов.

Производятся волокна из сополимеров винилхлорида и других веществ. Среди них следует отметить волокно из сополимера винилхлорида (88—80 %) и винилацетата (12—20 %), известное в США под наименованием виньон А*. Винилацетат ($\text{CH}_2=\text{CHOCOSCH}_3$) является более дорогим продуктом и при сополи-

* Также виньон ST — упрочненные (вытянутые), виньон HST — сильно упрочненные комплексные нити и ависко виньон НН — неупрочненное волокно.

меризации применяется в сравнительно небольшом количестве, которое обеспечивает хорошую растворимость сополимера. Полимеризация осуществляется в растворах при эмульсиях. Обычно применяются концентрированные 25 %-ные растворы сополимера в ацетоне и формование осуществляется по сухому методу, подобно формованию ацетатных волокон, при температуре 80 °С и скорости наматывания 250 м/мин. Полученное волокно промывается от 2 до 5 ч в воде при температуре 60 °С для окончания процесса коагуляции и полного удаления ацетона. Затем нить во влажном виде подвергается скручиванию и упрочняется вытяжкой (3—4-кратной). Полученное волокно обладает свойствами, сходными со свойствами других поливинилхлоридных волокон, но несколько менее хемостойко и термоустойчиво (при температуре 60—65 °С оно сильно усаживается, а при температуре 75 °С начинает размягчаться). Виньон А используется для изготовления технических и защитных тканей.

Для получения волокон используются также сополимеры винилхлорида (40—80 %) и акрилонитрила (винилцианида $\text{CH}_2=\text{CHCN}$); чем выше содержание винилхлорида, тем больше эти волокна приближаются к описанным выше хлорсодержащим. Наоборот, повышение содержания акрилонитрильных звеньев в макромолекуле сополимера повышает термостабильность волокон, но удорожает их.

Производимые в США волокна из сополимеров винилхлорида и акрилонитрила известны под наименованием виньон Н для комплексных нитей и дайнеел — для волокна. Формуются они из растворов в ацетоне (по сухому и мокрому способам), а затем подвергаются большим вытяжкам (10—12-кратным) при нагреве паром, после чего скручиваются. Область использования та же, что и других волокон из полимеров и сополимеров винилхлорида.

Волокна и нити из сополимеров винилхлорида ($\text{CH}_2=\text{CCl}_2$) производятся нескольких видов. Наиболее известны волокна, называемые в СССР совиден, в США — саран, велан, бексан, люмит, пермалон и др. Эти волокна получают из сополимера винилиденхлорида (85—90 %) и винилхлорида (10—15 %)*. Исходным продуктом для получения того и другого мономера является этилен, подвергающийся хлорированию. Таким образом, вещества отличаются лишь содержанием хлора. В сополимерах указанного состава содержание хлора составляет 67—69 %. Волокна в основном получают по методу формования выдавливанием из сополимера, размягченного нагреванием до температуры 170 °С, и последующей холодной вытяжкой (делаются попытки прядения из растворов).

Основным отличием свойств описываемых волокон от поли-

* Иногда используют и другие соотношения исходных продуктов.

винилхлоридных является их несколько большая термостабильность, температура размягчения находится в зоне до 115°C.

З. А. Роговиным и З. А. Зазулиной (Московский текстильный институт им. А. Н. Косыгина) разработан способ получения волокна санив из сополимера винилиденхлорида (60 %) и акрилонитрила (40 %). Соплимер растворим в ацетоне и может формироваться по мокрому способу с последующей 4—8-кратной вытяжкой.

В последние годы в ФРГ для получения волокон начали использовать более сложные, трехкомпонентные сополимеры винилиденхлорида, винилхлорида и акрилонитрила или этилакрилата (волокна РС-120, РС-140, диорид), а также обрабатывать волокна кипячением в воде. Это повышает их термостойкость. Нити из сополимеров винилиденхлорида используются в виде мононити для производства технических тканей — фильтровальных (хемостойких), обивочных и других, для изоляции. Волокно перерабатывается в смесях в пряжу для выработки ковров, применяется в смесях с шерстью для изготовления войлоков, используется как набивочный материал и др.

Волокна и нити из фторсодержащих полимеров. Известны волокна из политетрафторэтилена $(-CF_2-)_n$ — тефлон, из поливинилфторида $(-CH_2-CF_2-)_n$ — волокно РФ, производимые в США, волокно фторлон из фторсодержащих сополимеров, метод производства которого разработан в СССР (З. А. Роговиным и З. А. Зазулиной).

Тетрафторэтилен полимеризуется подобно этилену при высоких давлениях в присутствии катализаторов. Производимая из него нить тефлон формируется выдавливанием из размягченного полимера.

Фторлон формируется из растворов в ацетоне и может производиться по сухому и мокрому способам. Оно подвергается значительной вытяжке (16—20-кратной), осуществляемой в два приема — сначала в холодном, а затем в нагретом состоянии.

Характерными особенностями материалов из фторсодержащих полимеров является их высокая хемостойкость даже при значительно повышенных температурах. В отличие от хлорсодержащих полимеров фторсодержащие обладают сравнительно высокой термостойкостью. Сильная усадка волокон фторлон и РФ начинается при температуре выше 130°C и волокон тефлон — выше 200°C, но эти волокна выдерживают значительно большие кратковременные нагревы.

При температуре 205°C тефлон начинает выделять ядовитые газы, но почти не теряет прочности.

Механические свойства материалов из фторсодержащих полимеров высокие; почти не поглощают влаги (при нормальных атмосферных условиях фторлон поглощает 0,4 %, тефлон 0,02 %). Недостатком этих волокон является их высокая плотность (2,2—2,3 г/см³).

Нити из фторсодержащих полимеров применяются для выработки фильтровальных тканей, которые должны иметь хемостойкость при повышенной температуре, спецодежды, прокладок и др.

Волокна и нити из поливинилового спирта

Первые попытки получить волокна из поливинилового спирта были сделаны еще полвека тому назад в Германии, однако промышленное производство его ведется главным образом в Японии.

Исходным сырьем для получения поливинилового спирта служит неоднократно упоминавшийся выше винилацетат. Он синтезируется из ацетилена и уксусной кислоты в присутствии катализаторов. Ацетилен получается из карбида кальция или природного газа.

Винилацетат полимеризуется, а полученный полимер омыляется спиртовым раствором щелочи и превращается в поливиниловый спирт $(-\text{CH}_2-\text{CHOH}-)_n$, хорошо растворимый в воде. Волокна чаще всего формируются из 15–18 %-ного водного раствора поливинилового спирта по мокрому способу со значительной вытяжкой (до 2-кратной).

Применяются осадительные ванны, содержащие сернистый натрий и сернистый цинк. Полученное волокно подвергается воздушной термообработке (при нагреве свыше 200°C), в результате чего оно усаживается, а структура его улучшается — повышается степень кристалличности. Для того чтобы полученное волокно сделать не только нерастворимым, но и малонабухающим в воде, его обрабатывают различными веществами, вызывающими образование химических связей — мостиков между молекулами и внутри них. В качестве подобных веществ обычно используется формальдегид (CH_2O), с помощью которого образуются ацетальные связи $-\text{O}-\text{CH}_2-\text{O}-$.

Поливинилспиртовые волокна иногда обрабатывают азотсодержащими соединениями (подвергают так называемому процессу анимализации), что придает им шерстеподобный вид.

В Японии поливинилспиртовые волокна выпускаются под наименованиями: винилон, винилан, мевлон, канебиан, кремона, вулон, куралон и в виде непрерывной комплексной нити. В нашей стране поливинилово-спиртовое волокно выпускается под наименованием вилол. Волокна обладают высокой прочностью (в мокром состоянии она снижается немного — на 15–20 %), стойкостью к истиранию, плотностью 1,26–1,30 г/см³, достаточно хемостойки (в частности, к действию морской воды) и термостойки (при нагреве до температуры 150°C сохраняют $\frac{2}{3}$ прочности); по сравнению с другими синтетическими волокнами поглощают больше влаги (до 5 % при стандартных атмосферных условиях).

Поливинилово-спиртовые волокна являются самыми дешевыми из всех других синтетических волокон. Они используются

для выработки тканей для верхней одежды и костюмных, бельевого трикотажа, одеял, ковров, а также для различных технических целей. Из них изготовляют рыболовные сети, канаты и прочие крученые изделия, тарные и фильтровальные ткани и др.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. XIV

1. Роговин З. А. Основы химии и технологии химических волокон. Т. II — Производство синтетических волокон. М., 1974.
2. Папков С. П. Физико-химические основы производства искусственных и синтетических волокон. М., 1972.
3. Moncrieff R. W. Man-made Fibres, 6-ed., J. Willey & Sons, N—Y, Toronto, 1975.
4. Man-made Textile Encyclopedia edited by J. J. Press, N—Y, Interscience Publishers Inc., 1959.
5. Cook J. G. Handbook of Textile Fibres, II Man-made Fibres, 4-ed, Merrow Publ. Co, Ltd, Watford — Herts, England, 1968.
6. Петухов Б. В. Полиэфирные волокна. М., 1976.
7. Кларе Г. и др. Синтетические полиамидные волокна (перевод с немецкого)/Кларе Г., Фрише Э., Греббе Ф. М., 1966.
8. Конкин А. А. и др. Термостойкие и негорючие волокна/Конкин А. А., Кудрявцев Г. И., Щетинин А. М., Дружинина Т. В., Мухин Б. А. М., 1978.
9. Пакшвер А. Б., Геллер Б. Э. Химия и технология производства волокна нитрон. М., 1960.
10. Зазулина З. А., Конкин А. А. Основы технологии химических волокон. М., 1969.

ГЛАВА XV. НЕОРГАНИЧЕСКИЕ НИТИ И ВОЛОКНА

Основными неорганическими нитями и волокнами являются стеклянные, металлические и жаростойкие минеральные.

1. СТЕКЛЯННЫЕ НИТИ И ВОЛОКНА [1, 2, 3]

Первичными стекловолкнистыми материалами являются элементарные нити, некрученые и крученые комплексные нити, волокно и жгут (ровинг), состоящий из некрученых комплексных нитей. Он обычно наматывается крестообразно в бухты массой 10—15 кг.

При одностадийном способе производства нитей и волокон в плавильную печь загружается шихта, в которой используют следующие сырьевые материалы: песок, мел, доломит, глинозем, борную кислоту или борат кальция, плавиковый шпат, сульфаты и другие материалы содержащие в виде примесей щелочные окислы.

Изменяя содержание в шихте основных и других сырьевых материалов, получают по составу стекло разных типов. Например, для защищающих от излучений волокон и нитей используют свинец-, висмут- и барийсодержащие стекла, а для защиты от воздействия нейтронов применяют стекла, содержащие оксиды бора, кадмия и некоторые редкоземельные элементы.

Для производства стекловолокна и нитей в основном используют стекло трех типов: бесщелочное борсиликатное (тип Е), бесщелочное или малощелочное (тип С) и щелочное (тип А). Из последнего обычно вырабатывают волокно, используемое в виде матов и войлока для звуко- и теплоизоляции. Для этих же целей используют также стекла типа С, из которых, кроме того,

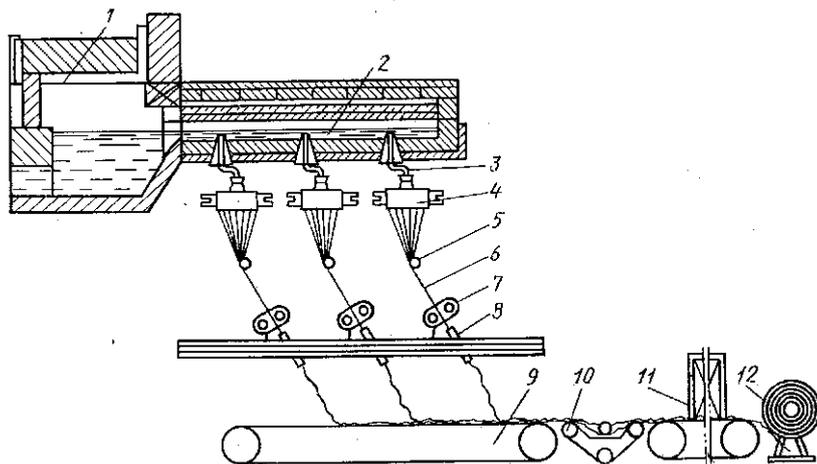


Рис. XV.1. Схема одностадийного получения нитей

получают стекловолокнистый материал для фильтров. Из стекла типа Е вырабатывают нити для электроизоляционных и фильтровальных материалов, конструктивных стеклопластиков и др.

При двухстадийном способе производства из шихты вначале изготовляют шарики или штабики (стержни), что обеспечивает затем лучшее плавление, более точную дозировку и исключает попадание пузырьков воздуха в расплавленную стекломассу.

Получение стеклянных нитей. При одностадийном производстве нитей в стекловаренную печь 1 (рис. XV.1) загружается шихта в смеси со стеклянным боем. Расплавленная стекломасса поступает в фидер 2, на дне которого размещены струйные трубки 3, подводящие стекломассу к фильерным питателям 4. Вытекающие струйки стекла вытягиваются, охлаждаются и, соединяясь в нитесборнике 5, образуют комплексную нить 6. Для вытягивания применяют устройство 7 с двумя вытяжными валиками. Далее раскладчиком 8 нити распределяются на движущейся сетке конвейера 9 в виде слоев 10. Их толщина зависит от производительности питателей и скорости конвейера. Далее слои нитей пропитываются связующим веществом и поступают на другой конвейер с сушильной камерой 11. После сушки получают холст 12, используемый как армирующий материал для стеклопласти-

ков. Для выработки на этой установке текстильных нитей вытяжные валики заменяют наматывающим аппаратом.

При двухстадийном способе получения нитей, наиболее распространенном на предприятиях нашей страны, отсортированные и промытые стеклянные шарики 1 (рис. XV.2) из бункера 2 самотеком или через автозагрузчик поступают в сосуд 3 электро-

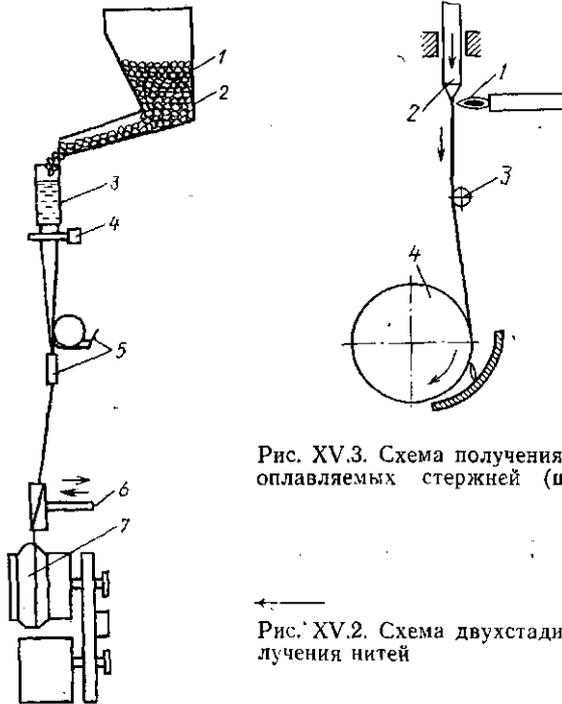


Рис. XV.3. Схема получения нитей из оплавляемых стержней (штабиков)

Рис. XV.2. Схема двухстадийного получения нитей

печи и расплавляются в нем. Вытекающие из фильер в дне сосуда струйки охлаждаются холодильником 4 и формируются в комплексную нить в замасливающем устройстве 5. Вследствие большей скорости наматывания нити вытягиваются, проходят через раскладчик 6 и наматываются на бобину 7.

Стеклянные нити получают также вытягиванием расплавленной пламенем 1 (рис. XV.3) стекломассы с оплавляемых стеклянных стержней 2. Сформованная на замасливающем устройстве 3 нить наматывается на бобину или барабан 4. Этим способом изготовляют в основном кварцевые и оптические нити. Разрезая слой намотанных на барабан нитей, можно получить стекловолокно.

При формировании нитей большое значение имеет их замасливание. В зависимости от назначения применяемые замасливатели делятся на текстильные и прямые. Назначение первых — за-

щита нитей от истирания и разрушения при получении, переработке в изделия и эксплуатации изделий. Прямые замасливатели улучшают адгезию нитей и волокон с полимерами в композиционных материалах, что обеспечивает прочность армирующих материалов.

Получение стекловолокна. Технологический процесс производства включает два основных этапа — формирование волокна и получение из него матов, холстов или ваты. Первый этап может

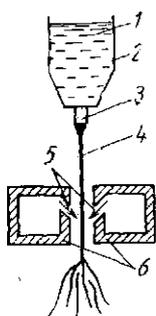


Рис. XV.4. Схема получения волокон дутьевым способом вертикального вытягивания

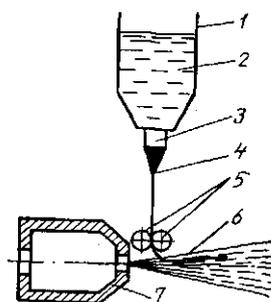


Рис. XV.5. Схема получения волокна раздувом первичной нити

быть одно- или двухстадийным. В первом случае исходным сырьем является шихта, а во втором — стеклянные шарики и бой стекла. Формование волокон осуществляется вытягиванием нитей из струек расплавленного стекла с их последующим разрывом на волокна или путем раздува струек на отдельные части, растягиваемые в короткие волокна. Их также получают разбрызгиванием струи расплавленного стекла, поступающей на быстро-вращающийся диск.

При производстве волокон способом воздушного вытягивания (ВВ) стекломасса 1 (рис. XV.4) из печи 2 поступает к фильерному питателю 3 и вытекает в виде струй из фильер. Формующиеся нити 4 вытягиваются двумя потоками воздуха 5, перегретого пара или газа из дутьевой головки 6. Ниже в камере осаждения элементарные нити турбулентным потоком разрываются на волокна, которые оседают на движущейся ленте конвейера и склеиваются связующим, а затем сушатся и уплотняются в мат (холст).

Очень тонкие волокна (диаметром 1—3 мкм) можно получить раздувом первичных нитей. Расплавленная в печи 1 (рис. XV.5) стекломасса 2 вытекает из фильеры 3 в виде первичных нитей 4. Они подаются валиками 5 в поток горячего газа 6, выходящего из камеры сгорания 7, и разделяются на волокна.

Использование стеклянных нитей и волокон. Стекловолоконистые материалы обладают негорючестью, стойкостью к коррозии и биологическим воздействиям, хемостойкостью, высокой прочностью, хорошими оптическими, электро-, тепло- и звукоизоляционными свойствами.

Из комплексных нитей изготавливают ленты, ткани, сетки и нетканые материалы, а из волокон — холсты, маты и вату. Их используют для фильтров и изоляции в химической, нефтехимической, металлургической, пищевой, медицинской, строительной промышленности и в других отраслях. Из нитей изготавливают также огнестойкие декоративные ткани, театральные занавесы, абажуры, ковры и т. п.

Значительная часть стеклянных нитей и материалов из них (ровинга, тканей и нетканых материалов) используется для производства стеклопластиков. Для многих конструктивных стеклопластиков применяют высокопрочные и высокомодульные (жесткие) нити и волокна. Их изготавливают из стекол с добавкой оксидов, тяжелых металлов и редкоземельных элементов.

Стеклопластик — композиционный материал, состоящий из двух основных компонентов: стекловолоконистой армирующей части и синтетической связующей части. Армирующий компонент обеспечивает высокую прочность и жесткость стеклопластика, а связующий компонент защищает стекломатериал от химических, атмосферных и других внешних воздействий, воспринимает часть усилий, развивающихся в стеклопластике при работе под нагрузкой. Кроме того, связующее придает материалу способность формоваться в изделия различной конфигурации и размеров.

Широкая возможность модифицирования свойств стеклопластиков за счет применения различных армирующих материалов и связующих позволяет широко использовать стеклопластики в различных отраслях народного хозяйства: транспорте, судостроении, строительстве, машиностроении, химической и электротехнической промышленности. Среди товаров широкого потребления основное место принадлежит стеклопластиковой мебели, ограждениям балконов, спортивным товарам и др.

Оптические нити и волокна. Стеклянные нити и волокна называются оптическими, если они имеют светопроводящую жилу с высоким показателем преломления n_1 и оболочку из стекла с низким показателем преломления n_2 . Лучи света, многократно отражаясь на границе раздела двух разных сред (стекло), распространяются на большие расстояния даже в произвольно изогнутых нитях или жгутах.

Для получения нитей с высоким светопропусканием применяют особо чистые свинцовосиликатные, барийсиликатные и другие стекла с заданным показателем преломления. На рис. XV.6 показана схема получения оптической нити. Стержень 1 из стекла с высоким показателем преломления n_1 вставляется в

калиброванную трубку 2 с низким показателем n_2 . Такая заготовка опускается в печь 3, где размягчается, а затем вытягивается в нить 4 и наматывается на паковку. Для получения многожильных нитей несколько заготовок вкладывают в общую трубку из стекла с показателем преломления n_2 . Трубка подается в печь, размягчается и вытягивается в многожильную нить.

Изготавливаемые из нитей и волокон оптические элементы (световоды) служат для передачи световой энергии и изображе-

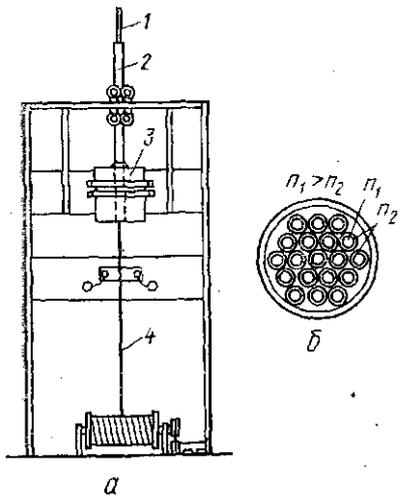


Рис. XV.6. Схема получения оптической нити (а), поперечное сечение нити (б)

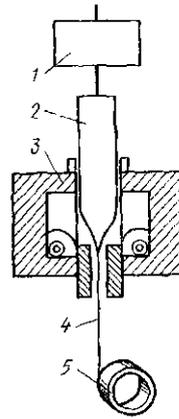


Рис. XV.7. Схема получения профильной нити

ния. Они используются в медицине, линиях связи и для других целей.

Полые, профильные и цветные нити и волокна. Стекланные полые нити и волокна получают подачей воздуха под давлением через сопло, расположенное внутри фильеры концентрично ее отверстию. Они обладают по сравнению со сплошными нитями и волокнами низкой объемной массой ($1,6-1,8 \text{ г/см}^3$), пониженными диэлектрической проницаемостью, тангенсом угла диэлектрических потерь и коэффициентом теплопроводности, а также большей жесткостью при изгибе и прочностью при сжатии. Их используют для стеклопластиков радиотехнического и конструкционного назначения.

Профильные нити и волокна изготавливают вытягиванием расплавленной стекломассы из фильер с отверстиями различной формы. Их получают также на установке, сверху которой расположен механизм 1 (рис. XV.7) для опускания в печь 3 стеклянной заготовки 2 с поперечным сечением той же формы, что и

получаемая нить 4, но большего размера. Нить вытягивается намоточным механизмом 5. Поперечный размер профильной нити определяется соотношением скорости подачи заготовки и наматывания.

2. ЖАРОСТОЙКИЕ (ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРОСТОЙКИЕ) НИТИ И ВОЛОКНА [4, 5]

Стойкость материалов к нагреванию выше 500 °С условно называют жаростойкостью. Высокая жаростойкость волокон и нитей определяет их применение в изделиях и конструктивных материалах для атомной, авиационной, ракетной, космической техники и других областей.

Кварцевые нити и волокна. Особенности получения кварцевых нитей из расплава являются использование высокотемпературной печи (до 2500 °С) и плавление в среде аргона, принудительное (под давлением) течение расплава через фильеры, формирование нитей в защитной среде нейтральных газов (аргона, азота или гелия) и вывод сформованных нитей на воздух для наматывания на приемный барабан.

Процесс формирования из расплава затруднен, поэтому применяют преимущественно стержневой (штабиковый) метод. Супертонкие кварцевые волокна диаметром 1—2 мкм получают по одноступенчатому или двухступенчатому способу. В первом случае тонкий кварцевый стержень ($d \approx 1$ мм) плавится и раздувается на волокна потоком горючего газа (см. рис. XV.4), а во втором — из более толстого стержня вначале формируют первичную нить ($d = 100 \dots 200$ мкм), а затем в газовых горелках происходит ее растягивание и выдувание супертонких волокон (см. рис. XV.5).

Высокие диэлектрические, акустические, оптические, химические свойства и температуростойкость определяют широкое применение кварцевых нитей и волокон в атомной, авиационной, ракетной, космической технике, радиоэлектронике, химии, оптике и других областях [1].

Алюмосиликатные (керамические) волокна. Эти тугоплавкие волокна вырабатывают из глинозема, кварцевого песка, каолина, кианита, боксита и из смеси отдельных оксидов (TiO_2 , ZrO_2 , MgO , B_2O_3 , Na_2O и др.).

Для промышленного получения волокон используют в основном электрические дуговые печи с камерой, в которой расплав дополнительно подогревается перед выпуском через водоохлаждаемое выпускное устройство. Струя расплава, проходящая через дутьевое сопло, разделяется на волокна.

Керамические волокна имеют высокие электро-, тепло-, звукоизоляционные свойства и хемостойкость. Широкое применение находит вата из каолинового волокна для жаростойкой теплозвукоизоляции.

В СССР керамическое волокно имеет наименование каолиновое, а в США — файберфракс, каовул и др.

Кремнеземные волокна и нити. Их получение основано на селективной растворимости (выщелачивании) отдельных оксидов из некоторых силикатных стекол при действии на них растворов кислот и солей. В результате волокно обогащается кремнеземом (SiO_2). В США, Англии, Франции и других странах кремнеземное волокно рефразил с содержанием 98—99 % SiO_2 получают обработкой нитей, тканей, ваты из бесщелочного алюмоборсиликатного стекла типа Е раствором HCl .

Кремнеземные волокна всех видов обладают пористой структурой, высокой температурой размягчения, хемостойкостью к кислым средам и слабым щелочам, хорошими теплофизическими и электроизоляционными свойствами, мало изменяющимися с повышением температуры. Их используют в производстве композиционных теплоизоляционных материалов.

3. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ НИТИ И ВОЛОКНА [5, 6]

Тонкие металлические нити получают многократным последовательным протягиванием (волочением) более толстой проволоки через калиброванные отверстия в волочительных досках или через фильерные вставки из твердых сплавов, рубина или алмаза. Перед волочением и после большого числа протягиваний проволоку отжигают.

Нити изготовляют из меди, латуни и никеля. Первые два вида нитей выпускают также с гальваническим покрытием из золота и серебра. Нити бывают круглые (волока), плоские (плющенко), гладкие, рисунчатые, блестящие и матовые. Круглая или плоская нить, свитая в спираль, носит название канитель.

Разрезные нити изготовляют в СССР разрезанием алюминиевой фольги, дублированной с двух сторон полиэтилентерефталатовой пленкой (нити алюнит), или разрезанием предварительно металлизированной полимерной пленки, дублированной с такой же неметаллизированной пленкой. Разрезные полуметаллические нити известны за рубежом под наименованиями люрекс, лама, метлон.

Разрезные нити выпускают различного цвета, для чего применяют анодирование алюминиевой фольги или окраску пленки и добавление красителя в клей. Иногда разрезные нити соединяют с нейлоновыми, капроновыми, вискозными и др.

Описанные металлические и полуметаллические нити используют для выработки декоративных тканей и трикотажа, а также для других целей.

Металлизированные стеклянные нити получают на установке, в которой расплав стекла из печи 1 (рис. XV.8) выходит через фильеру 2. Сформованная нить проходит нагревательный элемент 3 в газовой камере 4 и попадает в камеру 5, заполнен-

ную при высокой температуре парами металла. Металлизированная нить проходит камеру 6, где происходит восстановление, и роликами 7 подается через направляющее устройство 8 для наматывания на паковку 9. Для покрытия стеклонитей используют пары никеля, железа, молибдена, циркония, алюминия и др. Эти нити используют для изготовления жаростойких материалов.

Металлизированные электропроводные волокна и нити также получают нанесением паров металла. Их используют для изготовления нагревательных элементов, эластичных электродов, фильтров для отвода статического электричества, защитных экранов в виде нитей, жгутов, тканей, нетканых материалов, бумаги и наполненных пластиков.

При напылении слоя металла на пряжу разного волокнистого состава получается металлизированная пряжа.

Металлические волокна изготавливают из меди, алюминия, никеля, молибдена, золота, серебра, платины, кобальта, латуни, бронзы, нихрома и стали путем волочения, резки, строгания, литья, восстановлением из окислов и посредством испарения. Волокна получают также из расплава методом раздува и центробежным аналогично стеклянным волокнам

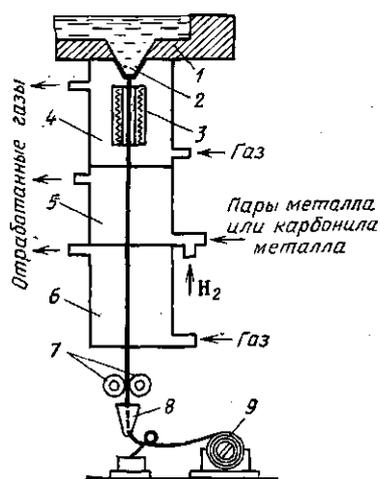


Рис. XV.8. Схема металлизации стеклянных нитей

(см. с. 205). Волокна бывают неизогнутые, крученые, спиральные различного поперечного сечения. Из металлических волокон в смеси с другими вырабатывают пряжу, используемую для выработки декоративных тканей. Из волокон получают также металлический войлок, используемый для фильтрации и в качестве изоляционного и конструкционного материала.

4. МАЛОТОННАЖНЫЕ ВОЛОКНА

Эти волокна в ассортименте других неорганических волокон составляют небольшую долю.

Синтетические асбесты [7] типа амфиболов получают пирогенным методом кристаллизации из фторсодержащих силикатных расплавов. *Шлаковые волокна* получают из доменных шлаков, в состав которых входят кремнезем, окиси кальция, магния, железа и алюминия. *Каменные волокна* изготавливают из расплавов доломита, известняка, алюмосиликатов и других минералов.

Их разновидностью являются базальтовые волокна, получаемые из базальта, содержащего наряду с соединениями кремния оксиды магния, железа и кальция.

Перечисленные выше волокна являются термостойкими и используются для изоляции, фильтрации и в качестве наполнителей для различных композиционных материалов.

Усы — иглообразные высокопрочные монокристаллы с отношением длины к диаметру более 20—25. Почти любое кристаллическое вещество — металл, окисел, хлористый натрий и другое может при соответствующих условиях приобретать форму усов [5]. Наиболее распространенными способами получения усов являются восстановление солей металлов в токе водорода или другого восстановителя, конденсация паров, электролитическое осаждение из расплавленной соли, экструзия мягких металлов под высоким давлением и осаждение из раствора [8]. Усы обладают одним общим важным свойством — они в сотни раз прочнее исходных кристаллических материалов. Усы используются для армирования композиционных материалов разного назначения.

ЛИТЕРАТУРА К ГЛ. XV

1. Стекланные волокна/Асланова М. С., Колесов Ю. И., Хазанов В. Е., Ходаковский М. Д., Шейко В. Е. М., 1979.
2. Непрерывное стеклнное волокно. Основы технологии и свойства/Черняк М. Г., Асланова М. С., Вольская С. З., Кутуков С. С., Симаков Д. П. и др. Под ред. Черняка М. Г. М., 1965.
3. Конструкционные стеклопластики/Альперин В. И., Корольков Н. В., Мотавкин А. В., Рогинский С. Л., Телешев В. А. М., 1979.
4. Термо-жаростойкие и негорючие волокна/Конкин А. А., Кудрявцев Г. И., Щетинин А. М., Дружинина Т. В., Мухин Б. А. М., 1978.
5. Каррол-Порчинский Ц. Материалы будущего. Термостойкие и жаропрочные волокна и волокнистые материалы. Пер. с англ. М., 1966.
6. Катц Н. В. Металлизация тканей. М., 1972.
7. Федосеев А. Д. и др. Волокнистые силикаты. Природные и синтетические асбесты/Федосеев А. Д., Григорьева Л. Ф., Макарова Т. А. М.—Л., 1966.
8. Композиционные материалы волокнистого строения/Ван Фо Фы Г. А., Грошева В. М., Денбювецкая Е. Н., Зильберберг В. Г., Карпинос Д.М. и др. Киев, 1970.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава I. Наука о текстильных материалах (Г. Н. Кукин)	3
1. Предварительные сведения о текстильных материалах. Основные определения	3
2. Предмет текстильного материаловедения	5
3. Связи текстильного материаловедения с другими науками	8
4. Задачи текстильного материаловедения	10
Литература к гл. I	10
Глава II. Значение текстильных материалов (Г. Н. Кукин)	11
1. Области использования текстильных материалов	11
2. Развитие производства текстильных материалов	12
Литература к гл. II	15
Глава III. Возникновение и развитие текстильного материаловедения (Г. Н. Кукин)	15
1. Первоначальное накопление знаний о текстильных материалах	15
2. Развитие текстильного материаловедения во второй половине XIX и начале XX в.	18
3. Развитие текстильного материаловедения в XX в.	20
Литература к гл. III	26
Глава IV. Классификация текстильных материалов (Г. Н. Кукин)	27
1. Общая классификация текстильных материалов	27
2. Классификация исходных текстильных материалов (волокон, элементарных нитей и др.)	33
3. Классификация первичных и вторичных нитей	34
Литература к гл. IV	43
Глава V. Химический состав, строение и свойства веществ исходных текстильных материалов (Г. Н. Кукин)	43
1. Высокомолекулярные соединения	43
2. Синтез высокомолекулярных соединений	46
3. Строение высокомолекулярных веществ	48
4. Особенности строения волокон и элементарных нитей	54
5. Основные вещества, составляющие волокна и нити	55
Целлюлоза	56
Белковые вещества — кератин, фиброин и другие	63
Синтетические вещества	69
Литература к гл. V	72

Глава VI. Общие сведения о свойствах волокон и нитей (А. Н. Соловьев)	73
1. Основные характеристики свойств волокон и нитей	73
2. Сравнительные ориентировочные данные о свойствах волокон и нитей	77
Литература к гл. VI	78
Глава VII. Хлопок (А. Н. Соловьев)	79
1. Хлопчатник	79
2. Элементы агротехники хлопчатника	80
3. Созревание хлопка-сырца и его сбор	82
4. Основные сведения о первичной обработке хлопка-сырца	89
5. Использование хлопка	92
Литература к гл. VII	93
Глава VIII. Лубяные волокна (А. Н. Соловьев)	93
1. Лен	94
Льноводство и элементы агротехники льна-долгунца	94
Стебель и волокно льна	97
Основные сведения о первичной обработке льна	99
Использование длинного, короткого волокна, луба и костры	106
2. Рами	107
3. Грубостебельные волокна	107
Элементы агротехники конопли, кенафа и джута	107
Стебель, луб и волокно	108
Основные сведения о первичной обработке конопли и кенафа	110
Использование грубостебельных волокон	112
4. Жесткие листовые волокна	112
Литература к гл. VIII	113
Глава IX. Шерсть (А. Н. Соловьев)	113
1. Развитие волокон шерсти	114
2. Овечья шерсть	115
3. Шерсть прочих видов	118
4. Основные сведения о первичной обработке шерсти	120
5. Использование шерсти различных видов	123
Литература к гл. IX	124
Глава X. Шелк (Г. Н. Кукин)	124
1. Общие сведения	124
2. Тутоводство	127
3. Шелководство — развитие шелкопряда и его выкормка	128
4. Основные сведения о коконах и их первичной обработке	133
5. Свойства сухих коконов и их нитей	136
6. Шелк диких шелкопрядов	139
7. Области применения шелка	139
Литература к гл. X	140
Глава XI. Асбест (А. Н. Соловьев)	140
1. Добыча и обогащение асбеста	140
2. Области применения асбеста	141
Литература к гл. XI	141
Глава XII. Химические волокна и нити	141
1. Возникновение и развитие производства химических нитей (Г. Н. Кукин)	141

2. Промышленность химических волокон и нитей в СССР (Г. Н. Кукин)	149
3. Промышленность химических волокон и нитей за рубежом (Г. Н. Кукин)	151
4. Основные этапы получения химических волокон и нитей (А. Н. Соловьев)	151
Получение исходного полимера (сырья) и его предварительная обработка	152
Приготовление прядильного раствора или расплава	152
Формование нитей, жгута и волокон	154
Вытягивание и термофиксация	159
Отделка	160
Текстильная переработка	161
Литература к гл. XII	163
Глава XIII. Искусственные нити и волокна (А. Н. Соловьев)	163
1. Получение вискозных (гидратцеллюлозных) нитей, жгута и волокон	163
Особенности производства специфических вискозных волокон и нитей	167
Использование вискозных нитей и волокон	170
2. Производство медно-аммиачных нитей, жгута и волокон	170
3. Производство ацетилцеллюлозных (ацетатных и триацетатных) нитей, жгута и волокон	172
4. Альгинатные нити и волокна	175
5. Белковые волокна и нити	175
Литература к гл. XIII	176
Глава XIV. Синтетические волокна и нити (Г. Н. Кукин)	177
1. Синтетические волокна и нити из гетероцепных соединений	177
Полиэфирные волокна и нити	177
Полиамидные волокна и нити	181
Полиуретановые нити	186
Волокна и нити из прочих гетероцепных синтетических полимеров	187
Волокна и нити из ароматических полиамидов и других гетероцепных высокопрочных и термостойких полимеров	188
2. Синтетические волокна и нити из карбоцепных соединений	190
Углеродные и графитовые волокна и нити	190
Волокна и нити из углеводородных полимеров (полиолефинов)	191
Полиакрилонитрильные волокна и нити	194
Волокна и нити из галогенопроизводных виниловых соединений	196
Волокна и нити из поливинилового спирта	201
Литература к гл. XIV	202
Глава XV. Неорганические нити и волокна (А. Н. Соловьев)	202
1. Стекланные нити и волокна	202
2. Жаростойкие (высокотемпературостойкие) нити и волокна	208
3. Металлические нити и волокна	209
4. Малотоннажные волокна	210
Литература к гл. XV	211

*Георгий Николаевич Кукин,
Алексей Николаевич Соловьев*

**Текстильное материаловедение
(Исходные текстильные материалы)**

Редактор *Н. М. Нешатаева*
Художественный редактор *Л. К. Овчинникова*
Технический редактор *Т. С. Пронченкова*
Корректоры *А. И. Гурьчева, Т. А. Лашкина*

ИБ № 290

Сдано в набор 23.07.84. Подписано в печать 23.01.85. Т-00132. Формат 60X90^{1/16}. Бумага книжно-журнальная. Литературная гарнитура. Высокая печать. Объем 13,5 п. л. Усл. п. л. 13,5. Усл. кр.-отт. 13,88. Уч.-изд. л. 15,28. Тираж 20 500 экз. Заказ 904. Цена 50 коп.

Издательство «Легкая промышленность и бытовое обслуживание».
113184, Москва, М-184, 1-й Кадашевский пер., д. 12

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательства, полиграфии и книжной торговли
600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7