

Д.Б. Рыклин

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРЯДЕНИЮ.**

**РАЗДЕЛ
«СЫРЬЕВАЯ БАЗА ТЕКСТИЛЬНОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

Конспект лекций

Витебск
2017

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

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРЯДЕНИЮ.**

**РАЗДЕЛ
«СЫРЬЕВАЯ БАЗА ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»**

Конспект лекций

для студентов специальности 1–50 01 01
«Производство текстильных материалов»

Витебск
2017

УДК 677.021.16/.18
ББК 37.23
Р 94

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология текстильных материалов» УО «ВГТУ» Медвецкий С. С.;

кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология текстильных материалов» УО «ВГТУ» Скобова Н. В.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» «30» ноября 2016 г., протокол № 8.

Рыклин, Д. Б.

Р 94 Технология и оборудование для подготовки к прядению. Раздел «Сырьевая база текстильной промышленности»: конспект лекций / Д. Б.Рыклин. – Витебск : УО «ВГТУ», 2017. – 114 с.

ISBN 978-985-481-487-2

В конспекте лекций изложены сведения об ассортименте, свойствах, способах получения натуральных и химических волокон, а также о принципах составления волокнистых смесей на хлопко – и шерстопрядильных предприятиях с учетом системы прядения и требований к выпускаемой пряже.

УДК 677.021.16/.18
ББК 37.23

ISBN 978-985-481-487-2

©УО «ВГТУ», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Тема 1. ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН	5
Лекция 1.1. Производство хлопкового волокна	5
1.1.1 Биологические виды хлопчатника	5
1.1.2 Фазы развития хлопчатника	7
1.1.3 Основные направления селекционной работы	8
1.1.4 Сбор и заготовка хлопка-сырца	9
1.1.5 Первичная обработка хлопка-сырца	11
Лекция 1.2. Производство шерсти	14
1.2.1 Строение шерстяного волокна	14
1.2.2 Виды шерсти	16
1.2.3 Породы овец	19
1.2.4 Руно и его элементы	22
1.2.5 Стрижка овец и классировка шерсти	25
1.2.6 Первичная обработка шерсти	27
Тема 2. ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН	31
Лекция 2.1. Способы получения химических волокон и нитей	31
2.1.1 Общие сведения о химических волокнах и нитях	31
2.1.2 Стадии производства химических волокон и нитей	34
Лекция 2.2. Производство и ассортимент синтетических волокон	37
2.2.1 Производство полиамидных волокон и нитей	37
2.2.2 Ассортимент и свойства полиамидных волокон и нитей	41
2.2.3 Производство полиэфирных волокон и нитей	43
2.2.4 Ассортимент и свойства полиэфирных волокон	46
2.2.5 Производство полиакрилонитрильного волокна	47
2.2.6 Свойства полиакрилонитрильных волокон	49
Лекция 2.3. Производство и ассортимент искусственных волокон и неорганических волокон	50
2.3.1 Производство вискозных нитей	51
2.3.2 Ассортимент и свойства искусственных волокон	55
2.3.3 Ассортимент химических неорганических волокон	58
2.3.4 Технология производства стеклянных волокон	60
Тема 3. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ВОЛОКОН НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРЯЖИ	66
Тема 4. ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ СОРТИРОВОК ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА	79
Лекция 4.1. Оценка качества хлопкового волокна	79
4.1.1 Советская классификация хлопкового волокна	79
4.1.2 Современная отечественная классификация	80
4.1.3 Классификация хлопкового волокна средневолокнистых сортов хлопчатника по международным стандартам	82

4.1.4 Оценка качества хлопкового волокна с использованием номограмм Uster Statistics	85
Лекция 4.2. Порядок составления смесей (сортировок) хлопка	88
4.2.1 Основные принципы составления сортировок	88
4.2.2 Прогнозирование разрывной нагрузки пряжи разного состава	90
4.2.3 Прядильная способность волокна	93
4.2.4 Индекс прядильной стабильности	93
Тема 5. ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ СМЕСЕЙ ВОЛОКОН НА ШЕРСТОПРЯДИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	95
5.1 Классификация шерстяных волокон	95
5.2 Состав смесей и их классификация	101
5.3 Основные требования к составлению смесей для гребенной и аппаратной систем прядения	102
5.4 Выбор параметров химических волокон для смешивания с шерстью	104
5.4.1 Выбор линейной плотности (тонины) химических волокон	104
5.4.2 Выбор длины химических волокон	108
5.4.3 Высший расчетный номер пряжи	110
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	113

Тема 1. ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА НАТУРАЛЬНЫХ ВОЛОКОН

Лекция 1.1. Производство хлопкового волокна

1.1.1 Биологические виды хлопчатника

Хлопчатник – древнейшее культурное растение, он появился почти одновременно с земледелием. Родиной хлопчатника являются Индия, Китай и Египет. Самые древние из найденных археологами изделия из хлопка датируются 5800 годом до нашей эры (они были обнаружены в пещере близ мексиканского местечка Теуакан). Фрагменты хлопковой ткани и веревок из этого материала производства 3000 года до нашей эры вновь увидели свет при недавних раскопках в Пакистане, в долине реки Инд. Там же, в Пакистане, были извлечены семена хлопка, которым оказалось 9000 лет. В Европе хлопок появился в 350 году до нашей эры, когда он был привезен из Малой Азии в Грецию.

Параллельно культура разведения хлопка развивалась и в Новом свете: в Перу были обнаружены волокна хлопка, которые датируются 2500–1750 годами до нашей эры. В литературе хлопок был впервые упомянут в документе, написанном на санскрите в 1500 году до нашей эры, а Геродот описывает этот материал в 445 году до нашей эры.

Так как хлопчатник является теплолюбивым растением, его зона распространения ограничена примерно 43–44° с. ш. и 40° ю. ш. По данным мировой статистики, возделыванием хлопчатника занимаются около 80 стран мира. Основные производители хлопка – Китай, США, Индия, Пакистан, Узбекистан, Бразилия, Турция, Туркменистан, Австралия, Греция, Египет, Аргентина, Сирия и Парагвай. На долю первых пяти стран приходится 75 % мирового урожая этой культуры.

Хлопчатник – многолетнее растение, принадлежит к ботаническому роду госсипиум (*Gossypium* L.), семейству мальвовых (*Malvaceae* Juss.). Известно 39 видов хлопчатника, но промышленное значение имеет главным образом 4 вида однолетнего хлопчатника:

- госсипиум хирзутум (мексиканский, обыкновенный или упланд),
- госсипиум барбадензе (перуанский, барбадосский или пима),
- госсипиум арбореум (индокитайский или древовидный);
- госсипиум хербацеум (травянистый или гуза).

В Средней Азии, Южном Казахстане и Закавказье культивируют хлопчатник первых двух видов, для которых характерны большая урожайность, хорошее качество волокна, приспособленность к механизации процессов выращивания и особенно уборки урожая хлопка-сырца. Хлопчатник мексиканский (хирзутум) занимает 90 % мировых площадей. На втором месте длинноволкнистый перуанский хлопчатник (барбадензе), он занимает около 8 % хлопковых площадей. К виду хлопчатника госсипиум хирзутум относится средневолокнистый хлопок, а ко второму виду хлопчатника госсипиум барбадензе – длинноволкнистый хлопок.

К каждому виду хлопчатника относится большое количество селекционных сортов. *Селекционный сорт* – это группа растений, обладающих устойчивой наследственностью, имеющих общее происхождение, одинаковые морфологические и хозяйственные признаки.

Морфологические свойства – это внешние признаки растения (куста, листьев, цветка, коробочки, семян).

Хозяйственные признаки – это качественные и количественные показатели растения (крупность коробочки, выход волокна, свойства волокна, болезнестойкость растения, продолжительность вегетационного периода).

Плодом хлопчатника является коробочка (рис. 1.1), которая содержит внутри семена, покрытые волокном, которые называют *хлопком-сырцом*, а одно семечко, покрытое волокном, называют *летучкой* (рис. 1.2).

Средние размеры коробочек по высоте 60 мм и наибольший диаметр 50 мм. Средняя масса хлопка-сырца в одной коробочке средневолокнистого хлопка 5–7 г, а у длинноволокнистого – 3–5 г. 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). На одном семени находится от 7000 до 15000 волокон.

Незрелые тонкостенные волокна обладают низкой прочностью, легко разрываются при переработке, плохо окрашиваются вследствие особого состава первичной стенки. Для зрелых волокон характерно наличие штопорообразной извитости (рис. 1.3).

Выходом B волокна из хлопка-сырца называется отношение массы волокна к массе хлопка-сырца, %.

$$B = \frac{G_B}{G_C} \cdot 100, \quad (1.1)$$

где G_B – масса волокна, кг;
 G_C – масса хлопка-сырца, кг.

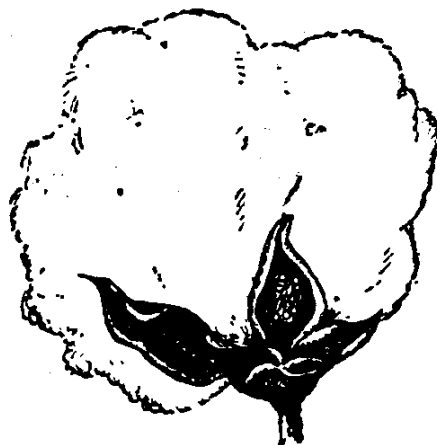


Рисунок 1.1 – Коробочка

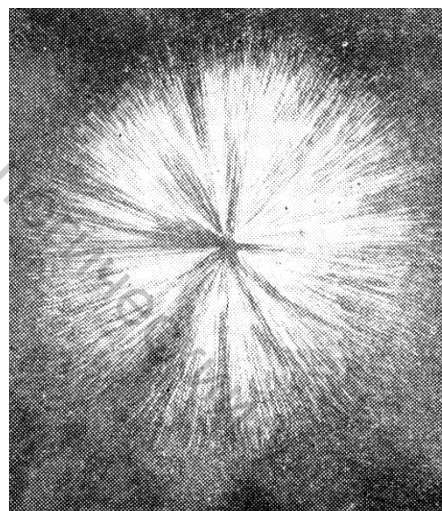


Рисунок 1.2 – Летучка



Рисунок 1.3 – Хлопковые волокна

Выход волокна из хлопка–сырца среднеазиатского длинноволонистого хлопка составляет **29–34 %**, а средневолокнистого хлопка – **32–40 %**.

Кроме волокна из хлопка–сырца получают различные продукты: масло, хлопковый пух, жмых, шелуху и др. Семена хлопчатника, содержащие 20–28 % масла, используются в маслобойной промышленности. Из черного масла после рафинирования получают пищевое масло, технические масла, глицерин, стеарин, а из отходов масла изготавливают хозяйственное и туалетное мыла. Из отходов хлопкоочистительной и маслобойной промышленности производят глицерин, олифу, целлюлозу, линолеум и другие изделия. Жмых идет на корм скоту. Шелуху используют на корм скоту и для удобрения полей, а также она является сырьем для гидролизной промышленности, вырабатывающей спирт. Кроме того, из шелухи вырабатывают изоляционные материалы, дубители, бумагу, картон, лаки. Хлопковый пух применяют для изготовления медицинской и одежной ваты, бумаги, целлофана, автомобильных лаков, линолеума, искусственных волокон и других материалов.

1.1.2 Фазы развития хлопчатника

За вегетационный период (от посева до сбора урожая) хлопчатник проходит 4 основных фазы развития: 1-я – от посева до всходов 5–12 дней в зависимости от температуры почвы, 2-я – от всходов до бутонизации 45–50 дней, 3-я – от бутонизации до цветения 25–30 дней, 4-я – от цветения до начала раскрытия коробочек 45–60 дней. Полный период вегетации в зависимости от его селекционного сорта и погодных условий длится от 100 до 160 дней.

Созревание семян и образование волокон начинается после цветения. Развитие волокон делится на 2 периода. В первом периоде (25–30 дней) волокно преимущественно растет в длину и к концу его достигает максимальной длины для данной разновидности. Во втором периоде (15–30 и даже 50 дней) происходит заполнение волокна целлюлозой. В течение суток на внутренних стенках волокна от периферии к центру откладываются кольца роста, состоящие из целлюлозы – клетчатки. С утолщением волокна увеличивается его линейная плотность, повышается разрывная нагрузка. На рисунке 1.4 показано изменение свойств волокон в процессе их созревания.

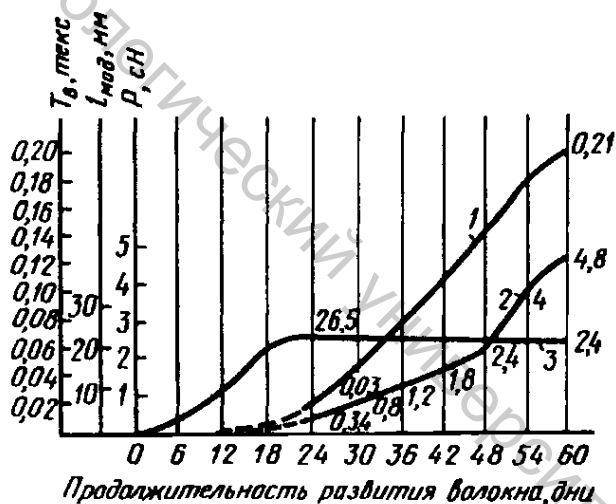


Рисунок 1.4 – Изменение свойств хлопковых волокон в процессе созревания волокна:

1 – линейная плотность волокна T_v , текс; 2 – разрывная нагрузка волокна P , сН; 3 – модальная длина $l_{\text{мод}}$, мм

1.1.3 Основные направления селекционной работы

Урожайность хлопковых полей и качество хлопкового волокна зависят от многих факторов, прежде всего от селекционного сорта, плодородия почвы, уровня агротехники, климата и погодных условий. Размножением новых сортовых семян и сохранением чистоты семян занимаются элитно-семеноводческие хозяйства, имеющие социализированные семеноводческие колхозы и совхозы, в которых выращивают семена элиты и первой репродукции.

Элитой называют семена, полученные индивидуальным отбором, типичные для данного сорта и с присущими данному сорту свойствами. Семена элиты должны иметь стопроцентную сортовую чистоту, то есть в них не допускается наличие примесей семян другого сорта.

Семенами первой репродукции называют семена, полученные от высева семян элиты. Эти семена должны иметь сортовую чистоту не ниже 90 %.

В целом производство сортовых семян осуществляется в течение пяти лет. Селекционную работу проводят методами массового и индивидуального отборов и гибридизации.

Метод массового отбора заключается в отборе самых лучших растений данного сорта, семена которых объединяют вместе и созревают на отдельных участках.

Метод индивидуального отбора состоит в том, что семена с каждого отобранного растения собирают и высевают отдельно.

Метод гибридизации заключается в скрещивании двух или нескольких сортов хлопчатника, обладающих различной наследственностью в условиях высокого агротехнического фона при многократном индивидуальном отборе лучших растений. Этот метод сводится к искусственному опылению цветков хлопчатника. После последующего отбора, обычно со второго поколения гибрида, получается однородный и стойкий хлопчатник нового сорта.

В настоящее время для получения новых сортов хлопчатника широкое распространение получил *метод генетической модификации*. Ученые путем изменения структуры ДНК хлопчатника пытаются искусственно создавать новые виды хлопка – более прочные, мягкие, устойчивые к заболеваниям и т. п. Целью генетических модификаций хлопчатника является гербицид-толерантность (ГТ): снижение негативного воздействия гербицидов, наносящих существенный ущерб культурным растениям, а также обеспечение более эффективного контроля над сорняками. ГМ-хлопчатник требует на 80 % меньше пестицидов, чем оригинальные растения.

Второе направление модификаций – энтомоцидные, или инсект-устойчивые культуры (ИУ), обладающие устойчивостью к негативному воздействию вредных насекомых.

Генетически измененный хлопок занял 50 % культивируемых земель в Мексике и Южной Америке по сравнению с 80 % в США и 66 % в Китае. Аргентина, Австралия, Индия и Индонезия также одобрили посевы генетически измененного хлопка в 2005 году.

1.1.4 Сбор и заготовка хлопка-сырца

Из раскрывшихся коробочек хлопок-сырец собирают вручную и шпиндельными 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.

Схема движения хлопка-сырца от поля до фабрики показана на рисунке 1.5. Хозяйства сдают весь собранный хлопок-сырец 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 закладывают на длительное хранение для переработки в последующее время до начала заготовок хлопка нового урожая.



Рисунок 1.5 – Схема движения хлопка-сырца от поля до фабрики

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.

Прием хлопка-сырца от колхозов и совхозов осуществляется заготовительными пунктами. Заготовительные пункты в зависимости от места нахождения делятся на призаводские (расстояние до хлопкоочистительного завода до 15 км) и внезаводские (расстояние до хлопкоочистительного завода более 15 км). В зависимости от объема заготавливаемого хлопка-сырца заготовительные пункты делятся на крупные (более 10 тыс. т), средние (до 10 тыс. т) и мелкие (менее 6 тыс. т). На заготовительном пункте осуществляется сушка и очистка хлопка-сырца машинного сбора.

Ряд факторов непосредственным образом воздействует на качество семян и хлопкового волокна в течение хранения семенного хлопка: содержание влаги в хлопке-сырце, продолжительность хранения, количество инородных частиц с большим содержанием влаги, колебания в содержании влаги по всей массе заложенного на хранение хлопка, исходная температура хлопка-сырца, температура хлопка-сырца во время его хранения, погодные факторы в течение хранения хлопка (температура, относительная влажность, выпадение осадков) и меры, принятые для защиты хлопка от дождей и грунтовой влаги. Процесс пожелтения ускоряется при повышении температуры, которая напрямую связана с теплом генерируемым посредством биологической деятельности микроорганизмов, содержащихся в хлопке-сырце.

Поэтому хлопок-сырец должен храниться в условиях, обеспечивающих сохранение свойств волокна и семян. 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.

При хранении хлопка-сырца недопустимо самосогревание его, так как при небольшом согревании хлопок-сырец становится желтоватым, а с повышением температуры до 60 °С и выше приобретает красновато-коричневую окраску. При этом уменьшаются разрывная нагрузка волокна и его выход, ухудшаются качество семян и их маслянистые свойства, а также может произойти самовозгорание. Следовательно, необходимы своевременная подсушка хлопка-сырца и его проветривание в хранилищах.

Температура воздуха на складе должна контролироваться в течение первых 5–7 дней после закладки хлопка на хранение. Хлопок-сырец, температура которого в течение данного срока повысилась на 11 °С, либо превышает 49 °С, должны быть немедленно дженированы для того, чтобы избежать возможных больших потерь хлопка.

1.1.5 Первичная обработка хлопка-сырца

Первичной обработкой хлопка-сырца называется механический процесс его обработки для получения хлопкового волокна. Непрерывный процесс первичной обработки состоит из следующих этапов: предварительной очистки хлопка-сырца от примесей, джинирования – отделения от семян волокон, а затем пуха, очистку волокна от мелкого сора, пыли и прессования его 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 и подпушек.

Хлопкоочистительный завод обычно имеет волокноотделительное, пухоотделительное, пыльное, прессовое и очистительное отделения, а также отделение для переработки отходов. Хлопкоочистительные заводы разделяют на заводы *пыльного* волокноотделения (рисунок 1.6), перерабатывающие средневолокнистый хлопок-сырец, и заводы *валичного* волокноотделения (рисунок 1.7), перерабатывающие длинноволокнистый хлопок-сырец. На приведенных схемах не показано оборудование сушильно-очистительных цехов, цехов по переработке отходов и оборудование для линтерования хлопковых семян.

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. Для отделения волокон хлопка от семян используют *пыльные* и *валичные* джины.

Пыльный волокноотделитель более производительен (800–1200 кг/ч), чем валичный (80–130 кг/ч), однако в нем волокна большой длины повреждаются больше, а выход волокна несколько ниже. Поэтому на валичных волокноотделителях перерабатывают обычно высококачественный длинноволокнистый хлопок-сырец, а на пыльных – средневолокнистый хлопок-сырец и длинноволокнистый низких сортов.



Рисунок 1.6 – Схема завода пыльного волокноотделения



Рисунок 1.7 – Схема завода валичного волокноотделения

Пильный волокноотделитель (рисунок 1.8) 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.

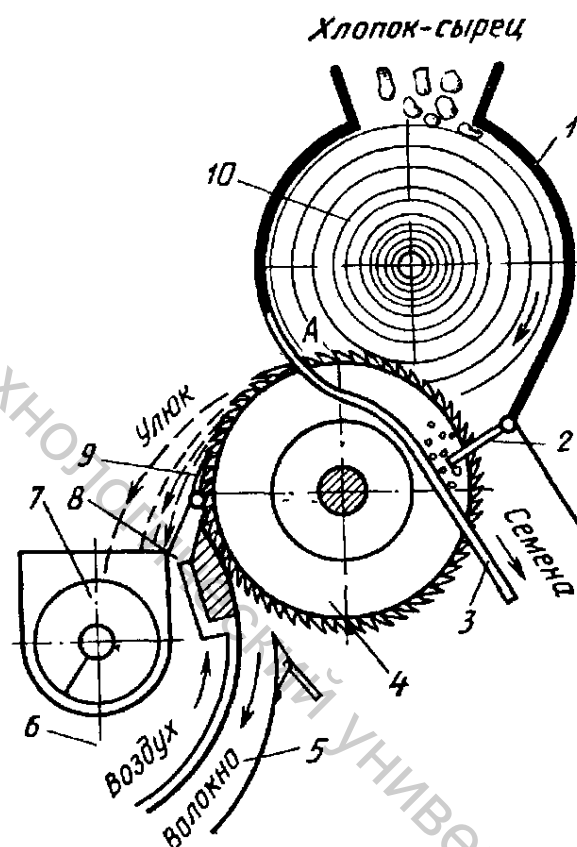


Рисунок 1.8 – Схема пильного волокноотделителя (джина)

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.

Валичный волокноотделитель (рисунок 1.9) 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.

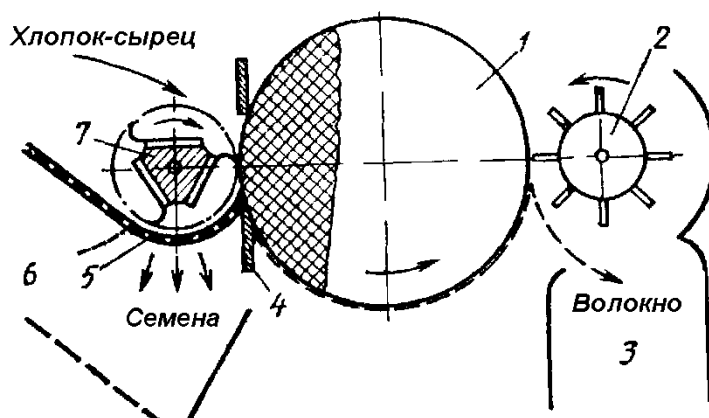


Рисунок 1.9 – Схема валичного волокноотделителя (джина)

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.

Процесс джинирования может серьезно повлиять на такие факторы, как длина волокон, однородность и содержание фрагментов семенной оболочки, минеральных сорных примесей, коротких волокон и пороков волокна.

На характеристики хлопкового волокна также существенное влияние оказывает влажность хлопка-сырца при джинировании. Рекомендуемый диапазон влажности составляет от 6 до 7 %. При более низкой влажности из хлопка-сырца удаляется большее количество мусора, однако волокноотделение сопровождается большим повреждением волокна. Высокая влажность приводит к проблемам во время джинирования и недостаточной очистке.

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.

Прессование волокна обеспечивает более полное использование объема вагонов при его транспортировке на прядильное производство. Для хранения плотных кип требуется меньше складских помещений. Кипы менее огнеопасны, чем рыхлое хлопковое волокно. Спрессованное волокно меньше загрязняется, но труднее очищается на прядильной фабрике.

После отделения волокна семена поступают в семяочиститель, а затем на пухоотделители (линтеры). Их принцип работы такой же, как и пильного волокноотделителя, только дисковые пилы имеют более мелкие и частые зубья. Остающийся на семенах или на их шелухе очень короткий подпушек отделяют соскабливанием, трением о шероховатую поверхность семян или между собой, растворением и другими способами.

Лекция 1.2. Производство шерсти

1.2.1 Строение шерстяного волокна

Шерсть – волокнистый материал волосяного покрова животных, обладающий прядильной способностью и валкоспособностью.

Шерстяное волокно представляет собой роговое образование эпидермального происхождения, состоящее из белка – кератина. В каждой шерстинке различают три морфологические части – луковица, корень и стержень, а так же три слоя – чешуйчатый, корковый и сердцевинный.

Луковица – это самая нижняя часть шерстинки, расположенная на волосяном сосочке. **Корень** – это часть шерстинки, находящаяся в коже. **Стержень** – участок шерстинки, выходящий на поверхность кожи.

При стрижке овец состригаются стержни, при линьке и сгонке шерсти на кожевенных заводах выпадает вся шерстинка вплоть до луковицы.

Строение шерстяного волокна удобно рассматривать с помощью рисунка 1.10, построенного по принципу последовательного проникновения в структуру шерстинки.

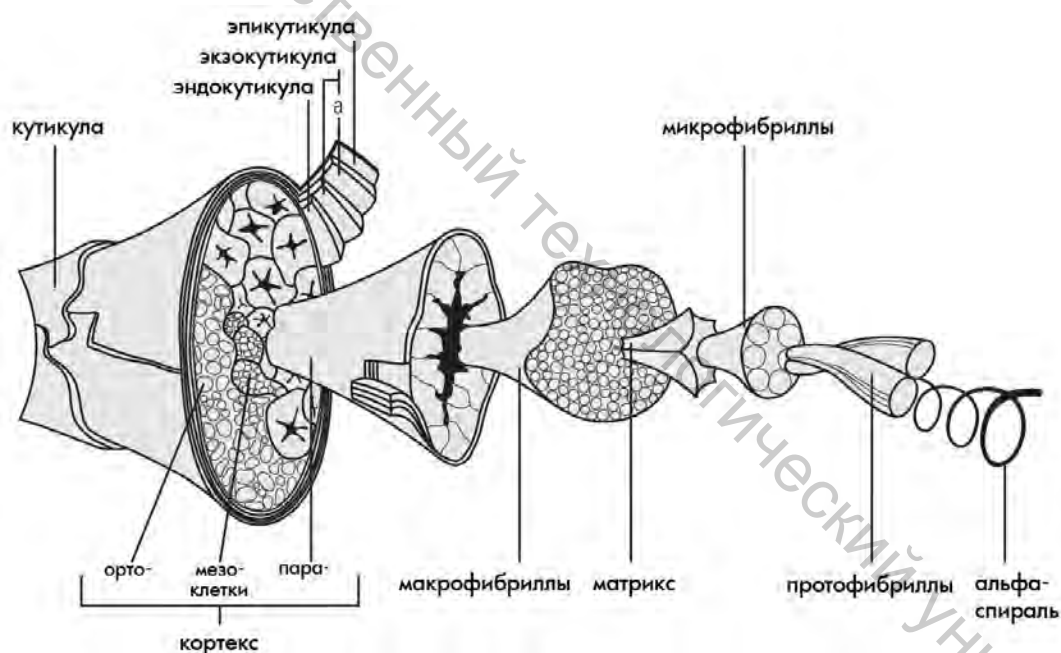


Рисунок 1.10 – Структура шерстяного волокна

Чешуйчатый слой (кутикула) представляет собой тончайшую (всего 2–3 % массы волокна) наружную оболочку, предохраняющую волокно от механических, химических и биологических факторов воздействия, влияет на блеск шерсти и ее свойлачиваемость. У пуховых волокон этот слой состоит из кольцевых клеток, которые накладываются друг на друга, как черепица. У переходного волоса и ости чешуйчатый слой состоит из плоских клеточек, накладывающихся одна на другую или соединяющихся между собой.

Корковый или волокнистый (кортекс) слой обуславливает основные физико-механические свойства шерсти. Этот слой состоит из двух взаимно соприкасающихся полуцилиндров – пара– и ортокортеса, отличающихся разным строением и различной степенью восприимчивости к влаге и химическим воздействиям.

Паракортес состоит из более крупных фибрилл, чем ортокортес. В силу различного строения обе доли по-разному ведут себя с кислотами, щелочами, водой и создают в волокне неодинаковые напряжения при набухании. **Ортокортес**, как более химически активный, набухает больше, что и вызывает извитость волокна.

В тонкой шерсти пара– и ортокортес скручены по спирали, так что шаг скрученности равен длине волны извитости, причем паракортес располагается на внутренней стороне, а ортокортес – на внешней стороне извитка.

В грубой слабо извитой шерсти обе доли располагаются концентрично, при этом паракортес находится снаружи, а ортокортес – внутри волокна.

Корковый слой состоит из длинных многогранных клеток, а они – из макрофибрилл, соединенных между собой массой, богатой цистином. Клетки коркового слоя имеют вид веретенообразных, заостренных с обоих концов роговидных образований длиной 80–150 мкм с утолщением посередине до 2–10 мкм, содержащим остатки ядра протоплазмы.

Макрофибриллы состоят из микрофибрилл, расположенных пучками и имеющих местами упорядоченную кристаллическую структуру, но в основном характеризующихся аморфным состоянием. Пустоты, разделяющие микрофибриллы, в основном заполнены межклеточным цементирующим веществом – матриксом.

Матрикс состоит из разрушенных спиралей полипептидных цепей, удерживаемых вместе ковалентными связями внутри и межцепными водородными связями, солевыми связями и силами молекулярного притяжения (силы Ван-дер-Вальса).

Микрофибриллы, в свою очередь, делятся на протофибриллы, являющиеся спиральными переплетениями из цепей – спиралей (аминокислот). Внутри каждой микрофибриллы содержится одиннадцать протофибрилл: две в центре и девять по окружности.

Каждая протофибрилла включает в себя три альфа-спирали, перекрученные между собой и представляющие спиральные аминокислоты.

Сердцевинный слой (медулла) – это полость внутри волокна, заполненная высохшими клетками и воздухом. Сердцевина может быть непрерывной (волокна ости) и прерывистой (переходный волос). У пуховых волокон сердцевина отсутствует. Наличие сердцевины снижает крепость и упругость волокна, но повышает его теплозащитные свойства и увеличивает его блеск.

1.2.2 Виды шерсти

Видом шерсти называют шерсть, обладающую характерными признаками и свойствами, определяющими ее использование и способы переработки в шерстяные изделия.

Виды шерсти в зависимости от способа получения:

- натуральная шерсть – шерсть, снятая с живых животных путем стрижки (овечья, козья, верблюжья и др.) или вычесывания в период линьки (козий и кроличий пух);
- линька – шерсть, снятая с живых животных в период линьки за исключением козьего и кроличьего пуха (коровья, конская, собачья и др.);
- стрижка и брильная шерсть – шерсть, снятая путем стрижки или сбивания со шкур животных (овец, коз, верблюдов и др.);
- заводская шерсть – шерсть, получаемая на кожевенных заводах со шкур животных с помощью химических средств, биологического или ферментативного метода;
- овчинная стрига – шерсть получаемая с животных, павших от незаразных болезней.

Виды шерсти в зависимости от происхождения – овечья, козья, верблюжья и т. д.

По составу волокон шерсть делят на однородную и неоднородную.

Однородная шерсть состоит по органолептической оценке преимущественно из волокон одного морфологического типа.

Неоднородная шерсть состоит из волокон разных морфологических типов.

Морфологические типы шерстяных волокон:

- пуховые;
- переходные;
- остевые.

Пухом, или **подшерстником**, называют самые тонкие и извитые шерстяные волокна. Толщина пуховых волокон колеблется от 5 до 30 мкм. Пуховые волокна являются самым распространенным типом шерстяных волокон. Они встречаются практически у всех животных, дающих шерстяное сырье. Исключение составляют полутонкорунные породы овец, которые дают полутонкую шерсть 58^K , 56^K и 50^K , состоящую только из переходных волокон, и грубую однородную шерсть 40^K , 36^K и 32^K , состоящую только из остевых волокон.

У грубошерстных овец, за исключением романовских, пуховые волокна образуют обычно нижний, более короткий ярус шерстного покрова. В неоднородной шерсти снаружи пуха не видно, поэтому его называют еще подшерстником. Шерстный покров тонкорунных овец целиком состоит из пуховых волокон. По техническим свойствам пух принадлежит к самым ценным волокнам.

Переходный, или **промежуточный**, волос представляет собой нечто среднее между остью и пухом. Переходные волокна менее извиты, чем пухо-

вые, но построению ближе к пуховым, чем к остевым. Они, как правило, имеют три слоя, но сердцевинный слой в них развит значительно слабее, чем в остевых, и часто прерывается, не образуя сплошного канала по длине волокна.

Переходный волос толще пуха, но тоньше ости: по извитости то приближается к грубому пуху, то напоминает очень тонкую, сильно изогнутую ость. По длине (10–35 см) еще более изменчив, во многих видах шерсти его трудно отличить от пуха или от ости средней длины. Из-за неустойчивости признаков такие волокна часто бывает трудно отличить от пуховых и остевых, и поэтому границу между ними часто устанавливают по тонине волокна, которая лежит в пределах 30,1–52 мкм.

Переходные волокна образуют шерстяной покров овец полутонкорунных пород (цигайской, куйбышевской, грузинской и др.). Они содержатся также в большинстве видов неоднородной грубой и полугрубой шерсти, но в меньшем количестве, чем пуховые и остевые волокна. Особенно много переходных волокон в полугрубой помесной шерсти, получаемой с тонкорунно-грубошерстных помесных овец.

Ость – малоизвитые, иногда почти прямые, толстые грубые волокна, в большинстве длиннее пуха, поэтому образуют верхний, видимый ярус шерстяного покрова. Основные волокна являются составной частью шерсти грубошерстных и полугрубошерстных овец. Толщина ости колеблется от 52,1 до 200 мкм, длина – от 10 до 30 см. По техническим свойствам ость намного хуже пуха. Разновидностью остевых волокон являются мертвый, сухой, кроющий волос, а также песига.

Мертвый волос – очень грубое и ломкое остное волокно. Мертвый волос при изгибании не образует дуги, а надламывается. Он обычно не имеет блеска, свойственного шерстяным волокнам; в изделиях он плохо удерживается, быстро разрушается и сильно снижает качество тканей; при фабричном крашении изделий – не окрашивается. Мертвый волос встречается обычно в виде небольшой примеси в шерсти овец некоторых грубошерстных пород. В шерсти полутонкорунных овец мертвый волос бывает сравнительно редко, а в шерсти тонкорунных овец при правильной селекционной работе его нет.

Сухой волос – грубая ость, характеризующаяся большой жесткостью наружных концов волокон. От обычной ости отличается меньшим блеском, а в наружной части косиц – некоторой хрупкостью. В техническом отношении сухой волос занимает промежуточное положение между остью и мертвым волосом, будучи, однако, ближе к ости. Встречается в шерсти большинства грубошерстных пород. Чем больше разница в длине между остью и пухом в косице, тем чаще проявляется суховолосость.

Кроющий волос – прямой, очень жесткий, с сильным блеском. По толщине и строению приближается к ости. Волокна очень короткие (не длиннее 3–5 см) и отличаются окраской. Кроющие волосы растут лишь на ушах, а у некоторых овец на конечностях, голове, иногда на хвосте.

Песига или **ягнячий волос** – так принято называть шерстяные волокна, выделяющиеся в шерстяном покрове тонкорунных ягнят большей длиной, то-

ниной и меньшей извитостью. В дальнейшем (уже в течение 1 года жизни) они заменяются обычными волокнами, типичными для шерсти тонкорунных овец.

По комплексу свойств овечью шерсть делят на мериносовую, немериносовую тонкую, помесную, цигайскую, кроссбредную и др.

По показателям тонины волокон шерсть делят на тонкую, полутонкую, полугрубую и грубую.

Тонкая однородная шерсть имеет тонину до 25 мкм, полутонкая однородная – от 25,1 до 31 мкм, полугрубая однородная – от 31,1 до 40 мкм, грубая однородная – от 40,1 до 67 мкм.

Полугрубая неоднородная шерсть – это шерсть с большим количеством пуховых и небольшим количеством переходных и остевых волокон, получаемая от овец помесных и полугрубошерстных пород. Грубая неоднородная шерсть – это шерсть с тонкими пуховыми волокнами и с наличием остевых, сухих и мертвых волокон, получаемая от овец грубошерстных пород.

По срокам стрижки различают овечью шерсть весенней и осенней стрижки, поярковую и одностригу.

Шерсть весенней стрижки наиболее высоко ценится в шерстяной промышленности: она обладает комплексом ценных свойств, позволяющих перерабатывать ее в основном в пряжу. При стрижке овец она снимается цельным пластом, так как имеет хорошую связь между пучками волокон. Длина такой шерсти больше, чем длина шерсти осенней стрижки. В неоднородной шерсти весенней стрижки содержится больше пуховых волокон, чем в шерсти осенней стрижки, поэтому она мягче на ощупь.

Шерсть осенней стрижки – полугрубая и грубая неоднородная шерсть, снимаемая со взрослых овец осенью и не образующая руна. Она характеризуется наличием огрубленного пуха и укороченной ости, большей валкоспособностью, малой перепутанностью волокон в косицах, малой жиропотностью. Эта шерсть применяется в основном в валяльно-войлочном производстве и в меньших масштабах – для выработки грубосуконной пряжи.

Поярковая шерсть – это шерсть, снятая с ягнят в 4–7-месячном возрасте и не образующая руна. Ее легко отличить по внешнему виду от шерсти взрослых овец: форма косиц у такой шерсти – коническая, с крупной штопорообразной извитостью. Поярковая шерсть более тонкая и мягкая, менее жиропотная и менее загрязненная, чем шерсть взрослых овец. Поярковая шерсть, как и шерсть осенней стрижки, является сырьем для валяльно-войлочной промышленности.

Однострига – это неоднородная полугрубая и грубая шерсть, получаемая во время весенней стрижки овец с целью увеличения сырьевых ресурсов коврового производства.

1.2.3 Породы овец

Основным источником натуральной шерсти служит овцеводство. Овцы считаются одними из первых одомашненных человеком животных. Задолго до нашей эры человек при разведении овец стремился увеличить количество и улучшить качество их шерстной продукции. На протяжении тысячелетий сложились определенные породные разновидности овец с различными направлениями продуктивности.

В мировом овцеводстве насчитывается около 400 различных пород овец. Согласно классификации академика М. Ф. Иванова, все породы овец делятся на следующие семь групп: тонкорунные, полутонкорунные, смушковые, шубные, мясо-сальные, мясо-шерстно-молочные, шерстно-мясные грубошерстные неспециализированного направления. Внешний вид овец различных пород представлен на рисунке 1.11.

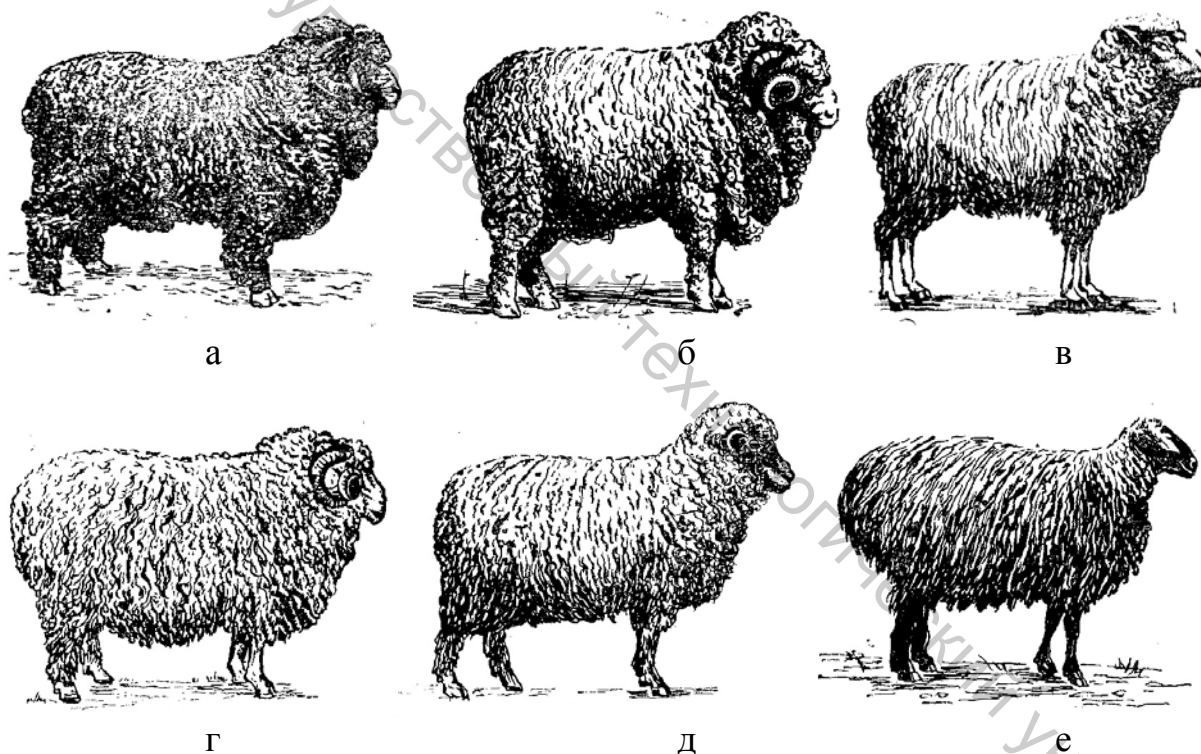


Рисунок 1.11 – Породы овец:

- а – баран породы советский меринос; б – баран асканийской породы;
в – матка породы прекос; г – баран цигайской породы;
д – матка горьковской породы; е – матка сараджинской породы

Тонкорунные породы выведены для получения однородной тонкой шерсти. Также от них получают мясо, овчины, кожевенное сырье. Овцы тонкорунных пород дают наилучшую по количеству и качеству шерсть.

В современном тонкорунном овцеводстве различают три направления: шерстное, шерстно-мясное и мясо-шерстное. Первые два направления базируются на мериносовых, а последнее – на немериносовых породах овец.

К *шерстным* относятся породы овец, дающих густую и длинную шерсть (50–60 г мытой шерсти на 1 кг живой массы овцы). Наибольшее поголовье мериносовых овец находится в Австралии. Овец шерстного направления разводят также и в других странах, в том числе, в полужасушливых степных и полустепных районах Северного Кавказа, Ставропольского края и Ростовской области.

Овцы отличаются высоким настригом длинной и тонкой шерсти, используемой в гребенной системе прядения шерсти. Среди шерстных овец, разводимых в странах СНГ, наиболее многочисленными являются овцы породы советский меринос, составляющие более 60 % от всего поголовья мериносовых овец. Они дают густую, длинную шерсть тониной 64^к и выше с равномерной и ярковыраженной извитостью. Средний настриг по физической массе составляет 7–12 кг с одного животного; выход мытого волокна из невымытой шерсти составляет 38–42 %; средняя живая масса 60–70 кг.

К *шерсто-мясным* относятся породы овец с хорошо развитой мышечной тканью и жировыми отложениями – асканиская, кавказская, алтайская, казахский архаромеринос. Овцы этих пород дают шерсть тониной в основном 64^к и длиной 75–100 мм. Нاستриг мытой шерсти составляет 40–50 г на 1 кг живой массы овцы, живая масса 100 кг и более.

К *мясо-шерстным* относятся породы прекос и казахская тонкорунная. Овцы этих пород имеют самую высокую мясную и самую низкую шерстную продуктивность. Живая масса овцы составляет в среднем 100 кг, а на 1 кг живой массы приходится всего 30–35 г мытой шерсти. Тонина шерсти 60–64^к, средняя длина 65 мм.

Овцы породы прекос в СССР занимали второе место по поголовью после овец породы советский меринос. Шерсть у прекосов более редкая и менее уравненная по длине и тонине по сравнению с мериносовой. Для разведения прекосов наиболее благоприятны районы России и Украины с умеренным достаточно влажным климатом.

Овцы казахской тонкорунной породы выведены для засушливых пастбищ Казахстана путем скрещивания казахских курдючных маток с баранами породы прекос. Шерсть у них тонкая (60–70^к), но маложиропотная и недостаточно уравненная по тонине и длине волокон. Выход шерсти составляет 50–52 %.

Полутонкорунные породы. Полутонкорунным называется овцеводство, характерной чертой которого является получение от овец полутонкой шерсти. К полутонкорунным относятся многочисленные породы и породные группы овец, дающих однородную шерсть широкого диапазона тонины – от 58^к и ниже (шерсть 58–50^к относится к полутонкой, 48–44^к – к полугрубой однородной, 40–32^к – к грубой однородной).

Полутонкую шерсть получают с чистопородных полутонкорунных овец, с овец скороспелых мясных (английских) пород – линкольн, гемпшир и др., а также с помесных овец, выведенных путем скрещивания грубошерстных маток с тонкорунными баранами. Чистопородные полутонкорунные породы делятся на шерстно-мясные и мясо-шерстные.

К *шерстно-мясным* относятся цигайская, грузинская и дагестанская породы. Шерсть овец этих пород белого цвета, тониной 58–50^к, упругая и прочная, используется в основном в гребенном прядении. Шерсть цигайских овец обладает хорошей упругостью и прочностью.

К *мясо-шерстным* относятся скороспелые мясные длинношерстные породы (куйбышевская, северокавказская и др.) и породные группы (острогжская, печорская, калининская, лискинская и др.), а также короткошерстные породы (горьковская, латвийская, литовская, эстонская и др.)

Длинношерстные скороспелые овцы дают длинную (160–250 мм) однородную шерсть белого цвета с резко выраженным блеском. Эта шерсть называется кроссбредной и высоко ценится в промышленности.

Короткошерстные скороспелые овцы дают шерсть кроссбредного типа – более короткую (45–120 мм) и менее блестящую. Эта шерсть используется в основном для выработки трикотажных изделий и технических сукон.

Помесные породы получают скрещиванием пород овец с различной продуктивностью, чаще всего грубошерстных маток с тонкорунными или полутонкорунными баранами. Потомство в зависимости от поколения скрещивания имеет различный по характеру шерстный покров, поэтому помесная шерсть может быть полугрубой, полутонкой и тонкой. В настоящее время в связи с ростом поголовья чистопородных тонкорунных и полутонкорунных овец помесное овцеводство утратило свое значение.

Овец смушковых пород разводят с целью получения от них смушек, то есть шкурок ягнят, забитых в возрасте 2–3 дней, используемых для изготовления ценного овечьего меха. Лучшие смушки – каракуль – дают овцы каракульской породы. Каракульское овцеводство развито в странах Средней Азии.

К *шубным* относятся романовская, кулундинская породы и др. Основная продукция овец этих пород – шубные овчины. Лучшие в мире овчины дают романовские овцы. Состригаемая шерсть – неоднородная, грубая.

К *мясо-сальным* относятся породы курдючных овец, разводимых в Средней Азии для получения мяса и сала, – гиссарская, сараджинская и др.

Курдючные овцы дают грубую малоценную шерсть, которая используется в основном для выработки грубых войлоков и грубосуконных изделий. Шерсть сараджинских овец – полугрубая, используется для производства ковровой и грубосуконной пряжи.

Мясо-шерстно-молочные породы – это в основном породы овец горных районов Кавказа, дающих населению мясо, молоко, полугрубую и грубую шерсть. Лучшей является шерсть овец тушинской и балбасской пород. Она используется в ковровом производстве.

1.2.4 Руно и его элементы

Имеются два понятия руна: зоотехническое и технологическое. В овцеводстве пользуются зоотехническим понятием руна, под которым понимают шерстный покров, растущий на овце. Технологическое понятие руна – это шерсть, состриженная с одной овцы и состоящая из штапелей или косиц (рисунок 1.12), связанных между собой в одно целое.

Штапелями называются пучки волокон однородной шерсти, а косицами – пучки волокон неоднородной шерсти. В руне штапели соединены друг с другом особыми связывающими волокнами – перебежчиками, растущими на кожных швах и прорастающими из одного пучка волокон в другой.

Образованию рунного строения шерстного покрова способствуют также извитость шерсти, густота шерстного покрова и жиропот. Особенно хорошо связаны между собой волокна в рунах мериносовых овец благодаря большой густоте волокон (40–80 шт. на 1 мм^2), высокой степени извитости (до 12 извитков на 1 см длины волокна) и хорошей жироплотности. У неоднородной шерсти рунное строение покрова сохраняется только в шерсти весенней стрижки.

Свойство пучков шерсти связываться друг с другом и образовывать руно является очень ценным и имеет большое практическое значение. Ориентируясь по топографии руна, сортировщица более точно и правильно проводит сортировку шерсти, разделяя руно на промышленные сорта.

Качество шерсти как при ее сортировке и классировке оценивается по форме и характеру извитости штапелей. Различают внутреннюю (боковую) поверхность штапеля и внешнюю (наружную). Внешняя поверхность (наружный штапель) видна на поверхности руна, положенного подоплекой вниз (подоплека – сторона руна, прилегающая к коже). Внутренний штапель – это боковая поверхность руна, которая видна при раздвигании его руками.

По внешнему виду шерсти выделяются три основные формы штапеля (рисунок 1.13): цилиндрическая, коническая и воронкообразная (или обратноконическая).

Цилиндрическая форма наиболее желательна, так как указывает на однородность волокон по тонине, длине, извитости. Штапели цилиндрической формы образуют наиболее плотные руна. В таких рунах содержится минимальное количество почвенных и других загрязнений.

Коническая форма штапеля бывает у однородной шерсти с рыхлым строением вследствие редкошерстности или неравномерной извитости волокон по высоте штапеля (у основания извитки крупнее, чем у вершины штапеля).



Рисунок 1.12 – Косица (слева) и штапель (справа)

В таком руне загрязнения проникают почти до основания штапелей.

Воронкообразная форма образуется, если у вершушек извитки крупнее, чем у основания, и указывает на огрубленность и жесткость вершушек штапелей, а также на плохое качество жиропота. При такой форме возможно частичное выпадение волокон и утонение вследствие этого нижней части штапелей. Руно имеет рыхлое, ватообразное строение.

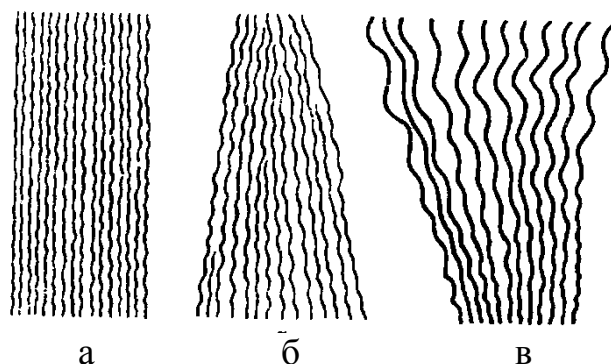


Рисунок 1.13 – Формы внутреннего штапеля:

а – цилиндрическая; б – коническая;
в – воронкообразная

По характеру извитости различают следующие формы внутреннего штапеля: ясный, смытый, маркиртный, струйчатый, переизвитый, или нитка, и др.

Ясный штапель имеет четкую нормальную извитость и цилиндрическую форму пучков, достаточно хорошо связанных между собой, очень ценный по качеству и образуется при хорошей густоте шерстного покрова.

Смытый штапель также состоит из цилиндрических пучков и имеет нормальную извитость, но она несколько расплывчата из-за большого количества волокон-перебежчиков.

Маркиртный штапель образуется при высокой извитости, резко выраженной по всей поверхности штапеля. Густота шерсти ниже нормальной, на поверхности руна штапельки имеют коническую вершину, их соединение между собой слабое, и руно при стрижке может распадаться. Еще резче этот недостаток проявляется в струйчатом штапеле.

Переизвитый штапель или *нитка* возникает при петливой извитости и характеризуется отсутствием внутренней связи между пучками. Он встречается у редкошерстных овец, преимущественно на брюхе и иногда на боках; является пороком и указывает на сильно ослабленную шерсть.

Для полугрубой и грубой однородной шерсти (кроссбредной и кроссбредного типа) характерно не штапельное, а штапельно-косичное строение руна. Эта шерсть не уравнена по длине, поэтому в пучках волокон вершушка более узкая и собрана в косицу. Вершушка штапеля-косицы сухая, без жиропота. Обычно она имеет распрявленную извитость, а нижняя часть штапелей-косиц – хорошо выраженную крупную извитость. В зависимости от толщины шерсти (качества) нижняя часть может составлять от $\frac{1}{4}$ до $\frac{2}{3}$ общей высоты пучка.

Форма косиц зависит от количества и длины пуховых и остевых волокон. Ость, как правило, более длинная и выступает над остальной массой волокон, образуя грубую вершушку косицы. В нижней части косицы находится пух различной длины (подшерсток). Поэтому различают косицы неразвитые и развитые, волнистые и прямые, мягкие и жесткие, мелкие и крупные. Форма косиц

учитывается при классировке шерсти для установления класса руна, а также при ее сортировке на промышленные сорта.

Характер шерстного покрова овец зависит от строения кожи животного. Как правило, на тонкой и плотной коже растет тонкая и густая шерсть, а на толстой и рыхлой коже – более грубая и редкая. Кроме того, на различных участках тела овцы шерсть бывает неодинаково загрязнена выделениями животного и в разной степени повреждена. Вследствие этого шерсть с разных участков руна имеет различную технологическую ценность, что необходимо учитывать при сортировке шерсти на промышленные сорта.

В руне различают основные, второстепенные части и окрайки (рисунок 1.14). К основным частям относятся бок, спина, лопатка; к второстепенным – ляжка, брюхо, шея (холка, горло, затылок) и крестец; к окрайкам – нижние части ног, хвоста, внутренняя поверхность задних ног, лоб, подбрюшье.

Наиболее ценной является шерсть с боков и лопаток. Она имеет наименьшую толщину и наибольшие длину, прочность и однородность волокон. Шерсть со спины также тонкая и длинная, но несколько ослаблена вследствие воздействия атмосферных осадков и более засорена растительными кормовыми примесями.

Шерсть с шеи (горла, холки, затылка) занимает промежуточное место по технологической ценности; она обычно больше засорена растительными примесями. Шерсть с ляжек и крестца более огрублена и загрязнена по сравнению с основной массой, часто здесь находят базовую шерсть. Шерсть с брюха имеет пониженную ценность из-за ослабленности (у тонкорунных овец встречаются штапели с петливой извитостью), малой густоты волокна и сильной загрязненности.

Наименее ценной считается шерсть с окраек руна, так как она самая грубая, засоренная и поврежденная выделениями животного.

Уравненность руна характеризует степень сходства тонины шерсти в различных его частях. На степень уравненности руна влияют порода и индивидуальные особенности овец. В пределах одного руна тонина шерсти зависит от толщины, кровоснабжения и других свойств кожи. В овцеводстве путем правильного отбора и подбора животных для разведения стремятся получить овец с более уравненными рунами.

Уравненность руна определяется по количеству классов тонины шерсти, содержащихся в руне. Большинство рун тонкорунных овец содержат шерсть трех качеств (70^k , 64^k , 60^i или 64^k , 60^k , 58^k). При наличии четырех и более качеств руно является неуравненным.

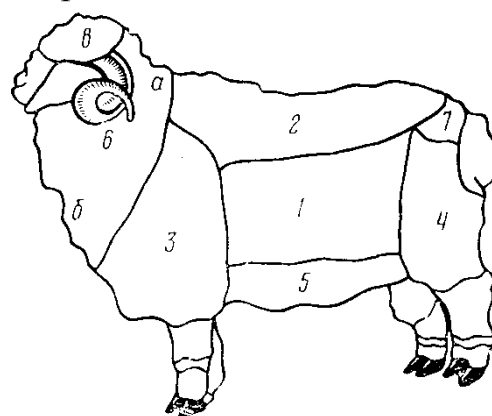


Рисунок 1.14 – Топография руна:

- 1 – бок; 2 – спина;
- 3 – лопатка; 4 – ляжка;
- 5 – брюхо; 6 – шея
- (а – холка, б – горло,
- в – затылок); 7 – крестец

1.2.5 Стрижка овец и классировка шерсти

Натуральная овечья шерсть заготавливается в овцеводческих хозяйствах путем стрижки овец и последующей классировки рун. Стрижка и классировка шерсти – ответственные операции, во многом определяющие сохранность свойств заготавливаемой шерсти.

Способы стрижки. Овцеводческие хозяйства проводят стрижку в специальных помещениях – стригальных пунктах либо в приспособленных для этой цели овчарнях или сараях. Стрижку проводят по заранее разработанному плану, в сжатые сроки, чтобы не допустить потерь шерсти.

В первую очередь проводят стрижку грубошерстных овец, затем – помесных и последними – тонкорунных. При таком порядке наиболее ценная шерсть состригается, когда стригальщики приобретают навыки в работе. Однако такой порядок стрижки требует тщательного очищения помещений и всего инвентаря от остатков грубой шерсти, так как засорение тонкой шерсти грубым волосом является пороком шерсти.

Стрижку овец проводят двумя способами – электромеханическим и ручным. Электромеханическая стрижка, которая применяется в крупных овцеводческих хозяйствах, выполняется с помощью машинок, а ручная стрижка – специальными «овечьими» ножницами.

Машинная стрижка повышает качество шерстяного сырья благодаря более ровному остриганию шерсти и срезанию ее ближе к поверхности кожи. Кроме того, она в 3–5 раз повышает производительность труда стригалей и облегчает их работу. Стригальной машинкой можно остричь в день от 50 до 120 овец. При электромеханической стрижке овец настриг шерсти с одной овцы увеличивается на 150–200 г, а средняя длина шерсти – на 4–8 мм.

Остриженное руно подносица несет на весы и затем после взвешивания и регистрации переносит на классировочный стол.

Классировкой называется оценка руна без разрыва его на части в соответствии со стандартами на классированную шерсть. Техническими условиями ТУ 10–02–214–86 (рисунок 1.14) предусмотрено разделение тонкой шерсти на заготовительно–промышленные сорта, в основу которых положены унифицированные показатели качества и методы их определения для невытравленной и вытравленной шерсти.

При классировке шерсти по данному методу руно расстилают на классировочном столе, встряхивают, высвобождая его от легкоотделимого сора, пыли, обножки и подстрижки. Затем от руна отделяют низшие сорта, пожелтевшую, базовую, свалок, шерсть огрубленную, смываемое тавро. Оставшуюся часть руна относят к основному сорту. Основной сорт по тонине, длине и состоянию определяет классировщик путем осмотра овец до начала стрижки и оценки первых 20–30 рун на классировочном столе.

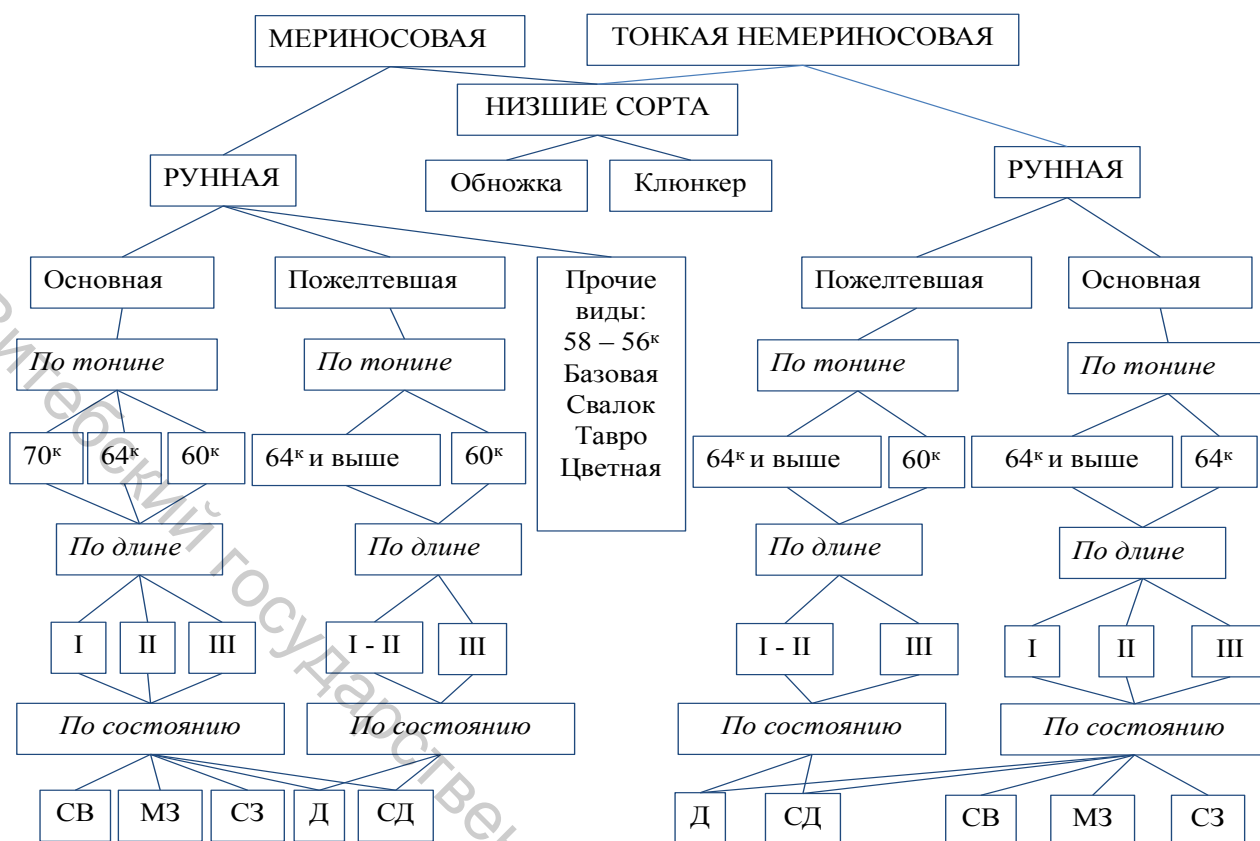


Рисунок 1.15 – Схема классировки шерсти по ТУ 10-02-214-86 «Шерсть овечья невытвараемая тонкая с отделением частей руна»

Примечание: СВ – шерсть свободная от сора, МЗ – малозасоренная шерсть, СЗ – сильнозасоренная шерсть, Д – дефектная шерсть, СД – сильнодефектная шерсть

Для оценки пожелтевшей шерсти руна осматриваются с подоплеки. В сомнительных случаях пожелтение шерсти определяют путем промывки образцов шерсти в теплой воде с мылом и содой. Если желтизна после промывки сохраняется, шерсть считается пожелтевшей.

Руна, отнесенные к одному цвету, состоянию и классу, собирают вместе и упаковывают в кипы массой 130–150 кг для тонкой шерсти и 100–120 кг для грубой. Запрессовка производится на механических и гидравлических малогабаритных прессах.

На торце каждой кипы шерсти должна быть четко нанесена маркировка с указанием: республики, края, области; района; заготконторы, колхоза или совхоза; порядкового номера кипы; наименования шерсти; наименования шерсти по времени стрижки; класса, подкласса, состояния шерсти (или пометки: кусковая, отклассировки); цвета шерсти; массы кипы брутто и нетто (кг); процента выхода мытой шерсти.

Кипы с шерстью должны храниться до отправки в закрытых складах. Допускается хранить шерсть под навесом или под открытым небом на стеллажах, укрытой брезентом для предохранения от атмосферных осадков.

1.2.6 Первичная обработка шерсти

Первичная обработка немытой классированной шерсти 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.

Сортировка. Шерсть с разных мест одного и того же руна обладает различными свойствами. 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 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 перекатки однотипные партии шерсти хранят в отдельных лабах или контейнерах.

Разрыхление и трепание. Эти процессы служат для разделения крупных клочков шерсти на более мелкие и освобождения ее от загрязняющих примесей, кроме жира. Хорошо разрыхленная и протрепанная шерсть лучше промывается.

Оба процесса осуществляют на трепальных машинах с одним или двумя колковыми барабанами 1 (рисунок 1.16). 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.

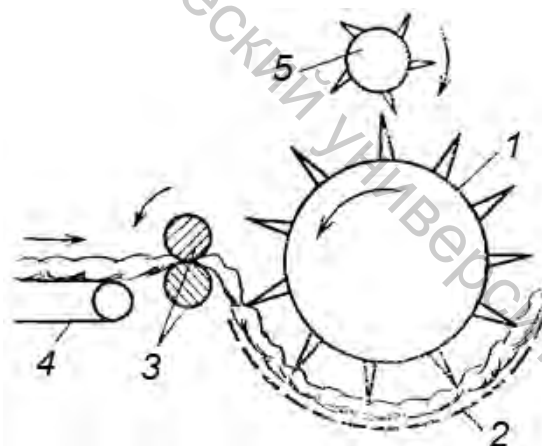


Рисунок 1.16 – Схема трепания шерсти

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 представляет собой смесь шерстного жира и пота, частично вступивших между собой в химическое соединение. Жиропот имеет большое значение для роста шерсти. Он обволакивает шерстинки и смазывает их, заполняя все мельчайшие поры, делает шерсть мягкой и эластичной. Кроме того, жиропот способствует образованию плотных рун, так как склеивает шерстинки в пучки. В такие руна попадает меньше минеральных загрязнений и влаги, вредно действующей на шерсть.

Шерсть, недостаточно защищенная жиропотом, становится жесткой на ощупь и теряет блеск. Избыточное количество жиропота также нежелательно: оно указывает на ненормальности в организме овцы. Избыток жиропота определяется по наличию в шерсти сгустков и комочков жирной массы, делающих шерсть липкой. Химический состав и свойства жиропота зависят от породных и индивидуальных особенностей овец. Его составные части – шерстный жир и пот – значительно отличаются друг от друга.

Шерстный жир выделяется сальными железами. Количество шерстного жира в шерсти колеблется в широких пределах – от 4 до 30 % и более от массы невымытой шерсти и зависит главным образом от породных, половых и индивидуальных особенностей овец. Он не является жиром в собственном смысле слова. Основную его часть составляет ланолин (от латинского слова «лана» – шерсть), который по своим свойствам относится к воскоподобным веществам. Ланолин полностью впитывается кожей человека и поэтому используется для приготовления фармацевтических и косметических мазей и кремов.

Ланолин получают путем очистки шерстного жира, добываемого из невымытой шерсти экстрагированием или улавливаемого из отработанных моечных растворов, в которых промывалась шерсть.

Пот выделяется потовыми железами. В момент выделения из организма он содержит 98–99 % воды, в которой растворены различные органические соединения и минеральные вещества, в основном соли натрия и калия. Эти соли вступают в реакцию омыления со свободными жирными кислотами шерстного жира, образуя мыла. Пот хорошо растворяется в воде, давая при этом щелочную реакцию. Все это способствует лучшей промывке шерсти в водных растворах.

Калиевая соль K_2CO_3 (поташ) мало влияет на свойства шерсти. Количество пота в разных видах шерсти неодинаково и колеблется в пределах 6–13 % сухого вещества от массы невымытой шерсти.

Наибольшее количество жиропота содержится в шерсти мериносовых овец, причем в шерсти баранов по сравнению с шерстью маток на 3–5 % шерстного жира больше. Шерсть грубошерстных овец имеет незначительное количество жиропота.

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 по ванну барабаном 1 (рисунок 1.17) и передвигается к ванне механическими граблями 2.

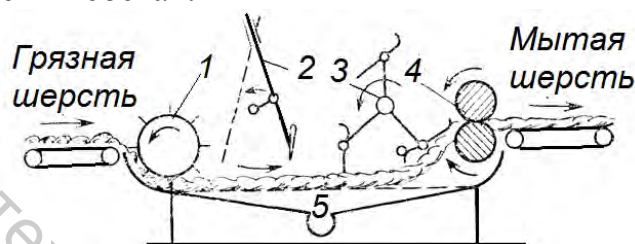


Рисунок 1.17 – Схема моечной барки

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.

Промывка шерсти в агрегате происходит по принципу противотока, когда более чистый моющий раствор подается в предпоследнюю барку 4 на более чистую шерсть (рисунок 1.18), а затем последовательно 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 жиренности мытой шерсти 0,6–1,5 %, а содержание грязи не более 2 % в тонкой и полутонкой шерсти и до 4 % в грубой.

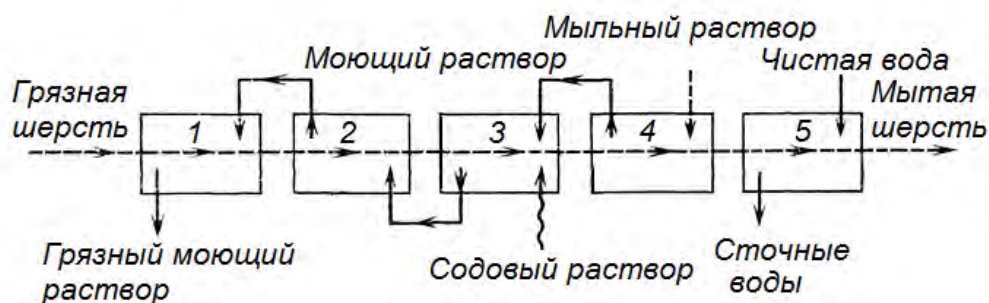


Рисунок 1.18 – Схема противотока при промывке шерсти

Излишне жирная шерсть быстро загрязняет рабочие органы чесальных машин, а шерсть с пониженной за жиренностью 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 немытой шерсти иногда осуществляется различными растворителями. Это уменьшает обрывность в прядении и ткачестве, повышает выход пряжи. Однако токсичность и воспламеняемость растворителей обуславливает большую сложность оборудования.

После экстракции растворители регенерируют подогреванием их и последующей конденсацией паров. Удаляемый из шерсти жир извлекают из растворителя, очищают и получают 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 %. Это облегчает дальнейшую переработку шерсти. 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.

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

Мытую шерсть прессуют и пакуют в кипы массой 165–210 кг с плотностью 0,25–0,5 г/см³.

Тема 2. ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ХИМИЧЕСКИХ ВОЛОКОН

Лекция 2.1. Способы получения химических волокон и нитей

2.1.1 Общие сведения о химических волокнах и нитях

Химическими называют волокна, получаемые из природных и синтетических органических полимеров, а также неорганических соединений.

Химические волокна и нити составляют приблизительно две трети мирового рынка текстильного сырья. При этом темп роста объемов их мирового производства существенно превышает соответствующий показатель для натуральных волокон (рисунок 2.1), что связано с естественными условиями, ограничивающими повышение выпуска хлопка, шерсти и льна.

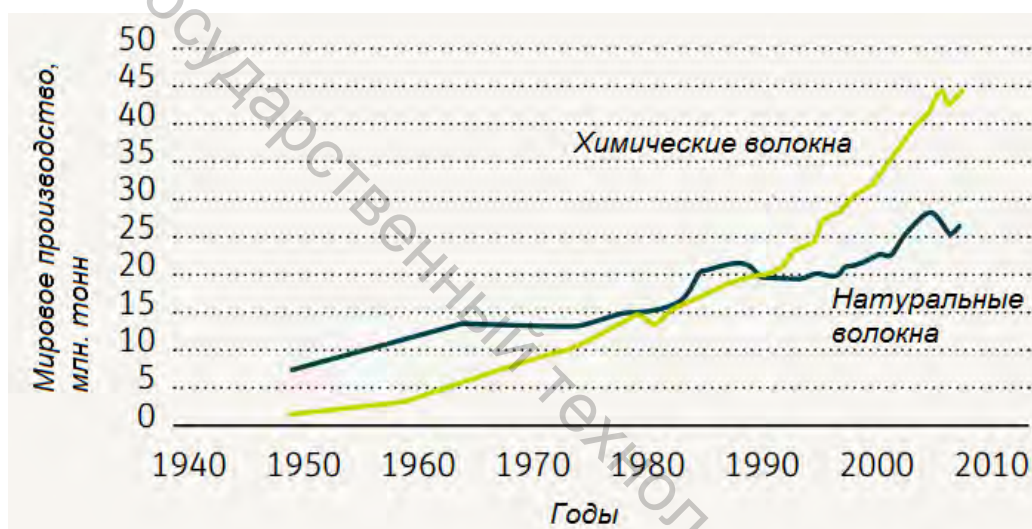


Рисунок 2.1 – Динамика производства химических и натуральных волокон

В Республике Беларусь производство химических волокон осуществляется на ОАО «Могилевхимволокно», ОАО «СветлогорскХимволокно», ОАО «Полоцк–Стекловолокно», на филиале «Завод Химволокно» ОАО «Гродно Азот» и на заводе «Полимир» ОАО «Нафтан».

К полимерам, используемым для получения химических волокон, предъявляются определенные требования:

- полимер должен обладать способностью плавиться без разложения или растворяться в доступных растворителях с образованием концентрированных растворов с необходимой вязкостью;

- полимер должен иметь достаточно большую молекулярную массу, так как с ее увеличением улучшаются физико–механические свойства полимера и вырабатываемых из него волокон;

- сырье для получения полимера должно быть доступным и дешевым. Данное требование имеет второстепенное значение при производстве малотоннажных волокон со специальными свойствами.

По химическому составу волокна подразделяются на органические и неорганические. *Органические волокна* образуются из полимеров, имеющих в своем составе атомы углерода, непосредственно соединённые друг с другом, или включающие наряду с углеродом атомы других элементов. *Неорганические волокна* образуются из неорганических соединений (соединения из химических элементов кроме соединений углерода).

В зависимости от природы применяемых для переработки высокомолекулярных соединений (ВМС) органические химические волокна делятся на два класса: искусственные и синтетические. *Искусственные волокна* вырабатываются на основе природных полимеров. *Синтетические волокна* вырабатываются из полимеров, синтезируемых в промышленности из низкомолекулярных веществ (капролактама, акрилонитрила, пропилена и др.).

В зависимости от назначения химические волокна вырабатываются в виде штапельного волокна длиной 35–120 мм, жгута линейной плотности 30–80 ктекс, текстильных и технических комплексных нитей, мононитей диаметром 0,03–1,5 мм, а также в виде пленок.

Волокно – это протяженное гибкое и прочное тело с малыми поперечными размерами, ограниченной длины, пригодное для изготовления пряжи, текстильных и технических изделий.

Жгут представляет собой комплекс большого числа продольно сложенных элементарных нитей бесконечной длины, не делящихся в продольном направлении без разрушения. Из жгута путем его разрезания или разрыва на участки ограниченной длины получают штапельное волокно.

Мононити – это одиночные нити большой длины, не делящиеся в продольном направлении и пригодные для непосредственного изготовления текстильных и технических изделий. Мононити чаще всего используются в виде лески, а также для изготовления рыболовных сетей, мукомольных сит и щетины для щеток различного назначения.

Комплексные нити – это нити, состоящие из двух или более элементарных нитей, соединенных между собой скручиванием, текстурированием или склеиванием. К текстильным комплексным нитям относятся нити малой и средней линейной плотности, предназначенные для изготовления изделий широкого потребления и одежды. Технические нити характеризуются большой линейной плотностью, используются для изготовления технических и кордных изделий (шин, транспортерных лент, приводных ремней и др.).

Комплексные нити выпускаются в виде гладких, профилированных, полых, текстурированных и пористых нитей. Гладкие комплексные нити получают при использовании фильер с отверстиями круглого сечения. Получаемые нити обладают гладкой стеклообразной поверхностью, блеском, низкой гигроскопичностью и коэффициентом трения (рисунок 2.1 а). Профилированные нити формуют, используя фильеры с отверстиями не круглого, а фигурного сечения.

Свойства профилированной нити зависят от полученной формы. Нити с плоской поверхностью позволяют получать изделия с «эффектом блеска». Нити

с рельефной поверхностью имеют матовый оттенок, обладают повышенной сцепляемостью и гигроскопичностью, пушистостью, легкостью и пр. Наиболее часто встречающимся профилем является «трилобал» – трехлучевой профиль (рисунок 2.2 ж). Профилированные нити позволяют получать малораспускающиеся трикотажные изделия, поскольку изрезанный профиль увеличивает силы трения. Кроме того, профилированные нити имеют повышенную кроющую способность, что уменьшает материалоемкость изделий.

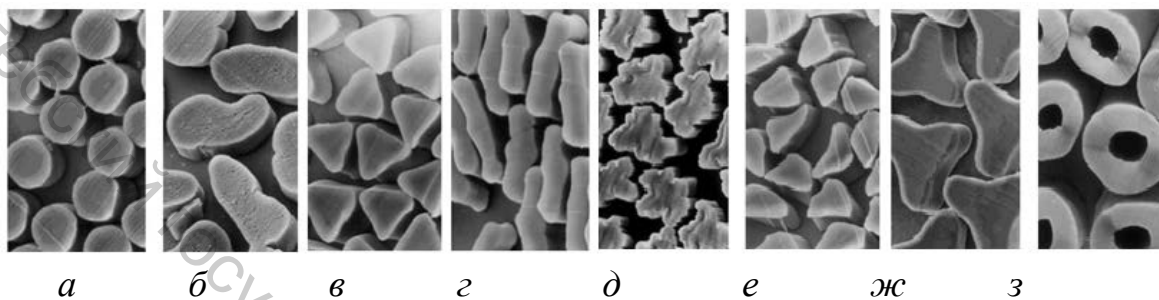


Рисунок 2.2 – Виды сечений комплексных химических нитей

Полые нити с внутренними каналами получают, используя фильеры фигурного сечения (рисунок 2.1 з). Количество каналов может быть от 1 до 7. Полые нити обладают более низкой теплопроводностью и имеют меньший удельный вес по сравнению со сплошными нитями.

Текстурированные нити распространены в производстве трикотажных изделий и некоторых видов тканей. Они отличаются наличием извитости, мелких петель или пониженной параллельностью элементарных нитей. Получение таких нитей происходит под воздействием механических или физических процессов (ложного кручения, прессования или гофрирования и т. д.), в результате чего отдельные элементарные нити принимают извитость или перепутываются.

Пористые нити имеют открытые поры на поверхности, что позволяет существенно повысить их сорбционные характеристики по отношению к влаге (рисунок 2.1 д).

Кроме того, комплексные химические нити могут выпускаться в различных ориентационных состояниях: [1]

- LOY – малоориентированные нити (low oriented yarn);
- MOY – среднеориентированные нити (middle oriented yarn);
- POY – частично ориентированные нити (pre-oriented yarn);
- HOY – высокоориентированные нити (high oriented yarn);
- FOY – полностью ориентированные нити (fully oriented yarn);
- FDY – полностью вытянутые нити (fully drawn yarn);
- BCF – непрерывные объемные нити, полученные высокоскоростным формированием с текстурированием (bulk continuous filament yarn).

По конечному применению в мировом балансе выпускаемые комплексные текстильные нити составляют 77 %, технические – 12 % и нити для коврового производства BCF – 11 %.

2.1.2 Стадии производства химических волокон и нитей

Производство химических волокон и нитей включает следующие основные стадии:

1. Расплавление или растворение волокнообразующего полимера с целью перевода его в вязко–текучее состояние; подготовка полученной полимерной жидкости (расплава или раствора) к формованию, включающая процессы фильтрации, дегазации и введение добавок.

2. Формование, включающее дозирование расплава или раствора, истечение струек из отверстий фильеры и перевод их в переохлажденное или пересыщенное состояние, в результате чего происходит образование волокон, имеющих недостаточно упорядоченную и неравновесную структуру.

Фильеры служат для разделения общего потока расплава на отдельные струйки, из которых формируются элементарные нити, соединяющиеся затем в комплексную нить или жгут. Фильера представляет собой металлическую пластину с отверстиями (рисунок 2.3). Фильеры различаются числом отверстий, их диаметром и формой. Число отверстий зависит от способа получения волокон и вида вырабатываемой продукции.

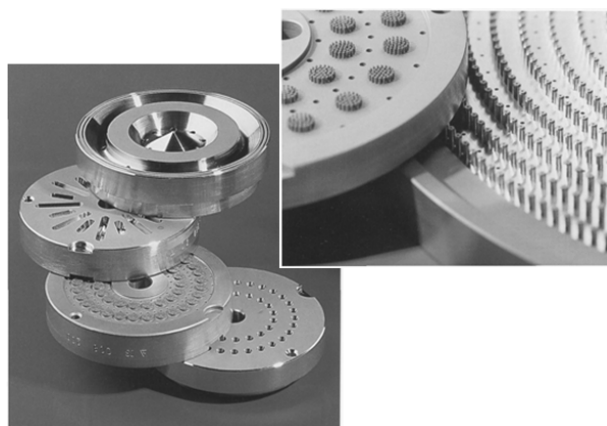


Рисунок 2.3 – Фильеры для формования синтетических нитей из расплава

Скорость течения расплава в капиллярном канале отверстия фильеры, мм/мин

$$V_I = \frac{Q}{S}, \quad (2.1)$$

где Q – объем расплава, протекающего через фильеру, мм³/мин; S – суммарная площадь сечения всех отверстий фильеры, мм².

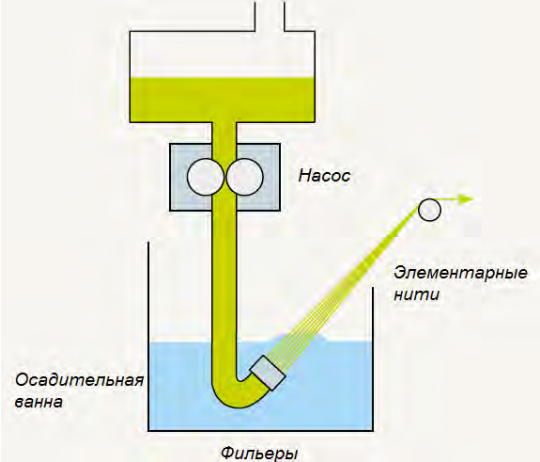
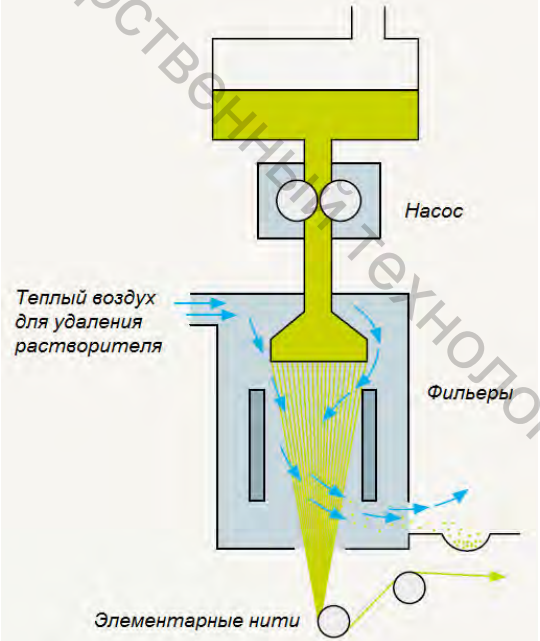
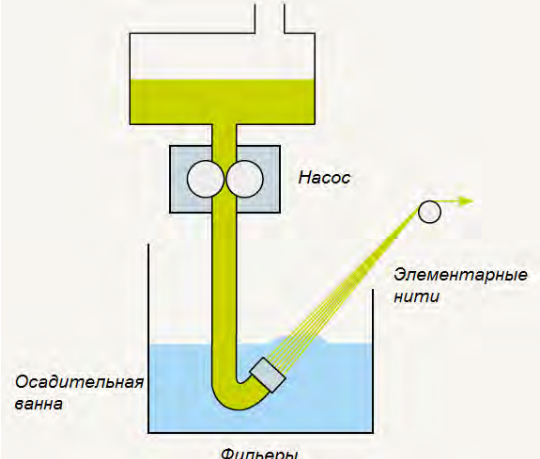
Суммарная площадь всех отверстий фильеры, мм²

$$S = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot n}{4}, \quad (2.2)$$

где d – диаметр отверстия фильеры, мм; n – число отверстий в фильере.

Существует несколько способов формования нитей, использование которых зависит от вида получаемых нитей (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Основные способы формирования химических волокон и нитей

Способ	Схема	Вид нитей
Из расплава с охлаждением («расплавное формование»)	 Схема расплавного формования. Полимерный расплав из бака проходит через насос и фильеры в осадительную ванну, образуя элементарные нити.	Полиэфирные, полиамидные, полипропиленовые, полиэтиленовые, полилактидные. Исходное сырье – полимеры, для которых разность температур деструкции и плавления больше 20 °С, а также характеризующейся достаточной теплостойкостью и формоустойчивостью при воздействии температур порядка 150 °С.
Из раствора по сухому методу с испарением растворителя (сухое формование)	 Схема сухого формования. Полимерный раствор из бака проходит через насос и фильеры, при этом теплый воздух удаляет растворитель, образуя элементарные нити.	Ацетатные, триацетатные, полиакрилонитрильные, поливинилспиртовые
Из раствора по мокрому методу с заменой растворителя на осадитель (мокрое формование)	 Схема мокрого формования. Полимерный раствор из бака проходит через насос и фильеры в осадительную ванну, образуя элементарные нити.	Гидратцеллюлозные (вискозные, лиоцелл), полиакрилонитрильные, поливинилхлоридные, поливинилспиртовые

Технологические процессы и аппаратное оформление процессов формирования и последующих обработок химических волокон весьма разнообразны. Они могут быть полунепрерывными и непрерывными в зависимости от необходимого ассортимента, мощности производства, технического уровня и других факторов.

При полунепрерывном способе формирования заранее полученный гранулированный полимер расплавляют и дегазируют в шнековом экструдере.

При непрерывном (прямом) способе расплав полимера после синтеза непрерывно дегазируется, фильтруется и подается на формирование.

3. Ориентационное вытягивание и термическая обработка сформированных нитей (рис. 2.4). Эти процессы часто называют второй стадией формирования, на которой происходит придание им оптимальной структуры и свойств.

При вытягивании химических нитей исходная надмолекулярная структура разрушается, и образуется новая с одновременной ориентацией макромолекул и кристаллических образований вдоль оси волокна. Это приводит к значительному увеличению прочности волокна, уменьшению его удлинения и повышению модуля упругой деформации.

Основное назначение процесса термообработки – стабилизировать и зафиксировать молекулярную структуру нитей (волокон) после их вытягивания и/или после гофрирования.

Вытягивание и термическая обработка нитей производится индивидуально на крутильно-вытяжной машине. Дальнейшим развитием технологии получения нитей из расплавов является совмещение процессов их формирования и вытягивания.

Текстильные нити могут выпускаться без термодинамической обработки, если они предназначены для получения текстурированных нитей или проходят термообработку при отделке готовых текстильных полотен или изделий. В производстве технических полиэфирных нитей применяют групповую обработку 100–200 нитей на проходном агрегате, что позволяет достигать более высоких механических свойств.

Вытягивание и термическая обработка жгутов производится на проходном агрегате, где заключительными стадиями являются авиважная обработка, гофрирование и, при необходимости, резка.

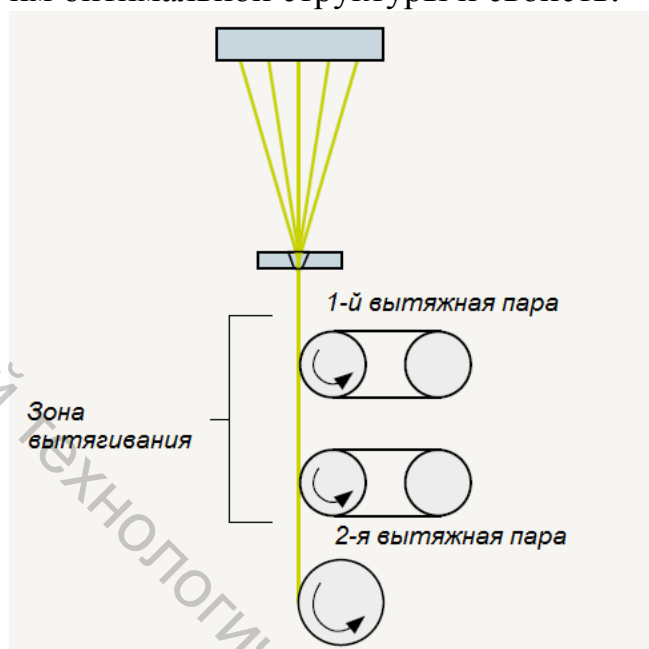


Рисунок 2.4 – Схема процесса вытягивания химических нитей

Лекция 2.2. Производство и ассортимент синтетических волокон

Синтетические волокна и нити являются наиболее многотоннажными из всех видов химических волокон. Объемы их выпуска увеличивается из года в год, что обусловлено высокоэффективными технологиями их получения и широким спектром предоставляемых потребителю свойств.

Наиболее распространенными синтетическими волокнами являются полиэфирные, полиамидные, полиакрилонитрильные и полиолефиновые волокна.

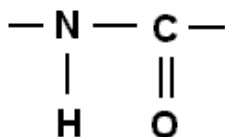
Для производства синтетических волокон используют простейшие низкомолекулярные вещества: этилен, ацетилен, фенол и др.

Синтетические волокна обладают рядом свойств, которыми не обладают натуральные и искусственные волокна:

- высокая прочность в сухом и мокром состоянии и малая объемная плотность, позволяющие изготавливать прочные и легкие изделия;
- малая гигроскопичность, обеспечивающая легкую стирку и быструю сушку изделий;
- хорошая формоустойчивость и малая сминаемость изделий;
- высокая устойчивость изделий к изгибу и истиранию;
- высокая устойчивость к воздействию химических реагентов, микроорганизмов и насекомых.

2.2.1 Производство полиамидных волокон и нитей

Первыми синтетическими тканями, вышедшими на рынок были полиамидные ткани. Полиамидными называют синтетические волокна, получаемые из полимеров, у которых отдельные звенья макромолекулы соединены между собой амидными группами:



Основным видом сырья для получения полиамидных волокон является поликапролактam (ПКА), который вырабатывается в большом количестве в результате нефтепереработки. Поликапролактam может быть синтезирован из фенола, бензола, анилина, толуола и других веществ. Наиболее экономичным способом, применяемым на современных заводах по выпуску химических волокон, является получение ПКА из бензола.

ПКА представляет собой белое кристаллическое вещество, маслянистое на ощупь. Оно адсорбирует влагу из воздуха. При воздействии кислорода воздуха и солнечной радиации ПКА желтеет. ПКА хорошо растворим в воде (5,25 кг на 1 л воды), спирте и бензоле.

Технологический процесс получения полиамидных волокон включает четыре основные стадии:

- синтез полимера,
- подготовка к формированию ПКА,
- формирование волокна из расплава,
- вытягивание и последующая обработка.

Капролакта́м поступает на заводы в виде расплава в обогреваемых цистернах или в твердом виде. Если капролакта́м поступает на заводы в твердом виде, то его подают на установки централизованного плавления, откуда жидкий капролакта́м через фильтр поступает на установки приготовления реакционной смеси.

Синтез ПКА осуществляется в аппаратах непрерывной полимеризации. Далее расплав ПКА подается или в аппарат удаления низкомолекулярных соединений (НМС), а затем – на формирование или на литьё для получения гранулированного ПКА. При полиамидировании капролакта́ма устанавливается равновесие мономер-полимер и в полученном ПКА содержится значительное (9–12 %) количество мономера и его водорастворимых НМС. При подготовке полимера к формированию обязательной технологической операцией является демомеризация, то есть удаление мономера и НМС. При демомеризации гранулы полимера промывают горячей водой либо расплав ПКА подвергают вакуумированию или обработке острым паром. На стадии формирования за счет плавления ПКА и пребывания расплава при повышенной температуре содержание НМС несколько повышается и в готовых волокнах составляет 2–4 %.

Удаление НМС из ПКА осуществляется в аппаратах непрерывного действия, которые называются экстракторами. Их производительность до 40 т/сутки. Для получения волокон высокого качества в прядильный цех должен подаваться полимер, содержащий не более 0,03–0,05 % влаги. Поэтому после удаления НМС гранулят, содержащий 12–14 % влаги, направляется на сушку. Примерно 3 % влаги, сорбированной поверхностью гранул, испаряется довольно быстро, но чтобы удалить влагу, находящуюся внутри гранул, требуется длительное время.

Во избежание окисления полимера сушка гранулята проводится в токе азота или глубоким вакуумом. Для сушки полимера используются вакуум/барабанные сушильные машины различных конструкций.

Получение ПКА осуществляется непрерывным способом. Существует два принципиально отличающихся непрерывных способа:

1) полиамидирование капролакта́ма, демомеризация ПКА под вакуумом, подача его непосредственно на формирование и формирование (в рамках единой технологической линии осуществляется непрерывный процесс получения полимера и нити);

2) полиамидирование капролакта́ма с получением гранулята, удаление НМС, сушка гранулята с последующим экструдерным формированием.

Полиамидные нити получают продавливанием расплава ПКА через отверстия фильеры. Вытекающие из этих отверстий струйки расплава застывают на воздухе, образуя тонкие непрерывные нити.

Полиамидные нити формуют из расплава полимера, используя гранулят, или получают их путем прямого формования из расплава. Эти схемы формования отличаются начальными стадиями процесса. В первом случае процесс начинается с загрузки гранулята в бункер формовочной машины, а затем гранулят плавится в плавильном устройстве. По второй схеме расплав полимера после демономеризации подается сразу к насосу формовочной машины.

Схема машины для формования нити из расплава с использованием гранулята полимера приведена на рисунке 2.5.

Высушенные гранулы полимера пневмотранспортом загружаются в бункер 1, расположенный над несколькими рабочими местами формовочной машины. Из бункера гранулы самотеком по трубопроводу 2 поступают в плавильную головку 3, в которой расплавляются на плавильном устройстве 4.

Расплавленный полимер напорным насосом 5 по расплавопроводу 6 подается в формовочную головку 8, в которой расположен дозирующий насос 7 и фильерный комплект 9. Вытекающие из отверстий фильеры струйки расплава проходят последовательно обдувочную 10 и сопроводительную 11 шахты.

Пучок элементарных нитей замасливается на замасливающих валиках 12, принимается последовательно на два диска 13 и наматывается на бобины 14 с помощью фрикционных цилиндров 15. Грузы-противовесы 16 отводят бобины по мере увеличения диаметра намотки.

В случае непрерывной схемы синтеза полимера и формования нити расплав подается непосредственно в формовочную головку.

Равномерность нити обеспечивается постоянным соотношением между количеством расплавленной массы, продавливаемой через отверстия фильеры в единицу времени, и скоростью наматывания нити. Линейная плотность нити может быть определена по формуле

$$T = \frac{1000p}{V}, \quad (2.3)$$

где p – масса расплава, продавливаемого через фильеру за 1 минуту (производительность), г/мин; V – скорость наматывания, м/мин.

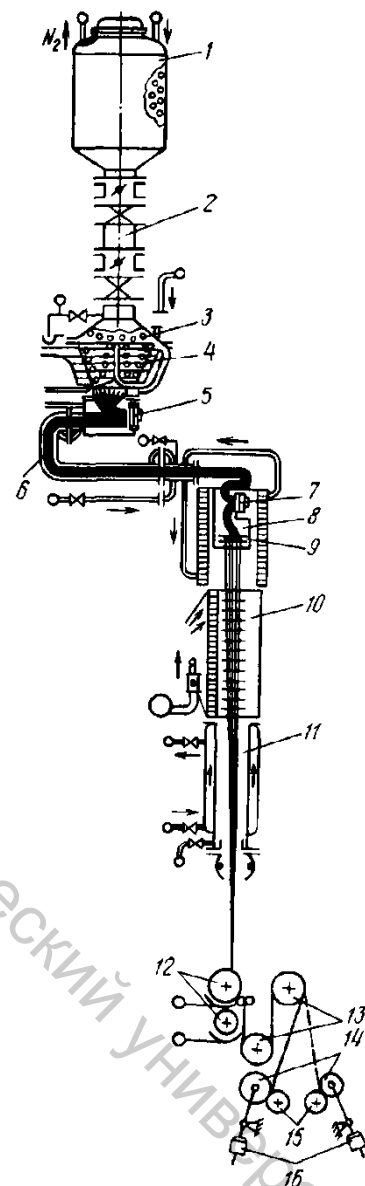


Рисунок 2.5 – Схема машины для формования нити из расплава

Основными параметрами формования полиамидных нитей являются:

- температура расплава;
- скорость формования;
- условия охлаждения и увлажнения формуемых нитей.

Температура расплава зависит от температуры плавления ПКА и степени его полимеризации. Максимально допустимая температура в плавильном устройстве должна составлять 280–290 °С, так как выше этой температуры начинается термическая деструкция ПКА. Оптимальная температура формования полиамидных нитей 260–270 °С.

Скорость формования зависит от линейной плотности и ориентационного состояния получаемых нитей. На современных высокоскоростных формовочных машинах фирмы Barmag комплексные НОУ нити формуют со скоростью до 8000 м/мин, а нити РОУ – со скоростью 2500–4000 м/мин.

Полиамидные нити охлаждаются потоком кондиционированного воздуха, который подается в обдувочную шахту с температурой 20–22 °С и относительной влажностью 46–52 %. Затвердевание нитей в процессе формования происходит на расстоянии 1–1,8 м от фильеры.

Сформованная нить, выходящая из сопроводительной шахты, практически не содержит влаги, поэтому в последующем она будет поглощать влагу из воздуха и удлиняться. В результате намотка будет рыхлой. Поэтому нить до наматывания необходимо увлажнить. Увлажнение нитей производится с помощью шайб, вращающихся в ванночке с препарирующим составом и соприкасающихся с нитью, выходящей из шахты формовочной машины. Одновременно с увлажнением нить замасливается; количество замасливателя должно составлять не более 1–1,5 %. Содержание влаги и замасливателя регулируют, изменяя частоту вращения замасливающих шайб.

Отделка полиамидных нитей может осуществляться на отдельных агрегатах (*периодический процесс*) или совмещаться с *процессом (непрерывный процесс)*. В первом случае на первой стадии происходит формование нитей, а на второй их – отделка. На формовочной машине сформованные нити собираются в жгут, состоящий примерно из 900–1500 элементарных нитей. Далее жгут замасливается и поступает в контейнер, куда собираются и укладываются жгуты, образованные примерно из 6000–10000 невытянутых элементарных нитей с 6 или 8 рабочих мест формовочной машины.

Сформованные нити лишь частично закристаллизованы и обладают способностью вытягиваться в 3–5 раз. Это недопустимо при текстильной переработке волокон, поэтому на стадии отделки жгуты подвергают вытягиванию.

Полиамидные нити вытягивают в размягченном состоянии между обогреваемыми вытяжными цилиндрами (галетами), вращающимися с разными окружными скоростями при комнатной или повышенной температуре. При комнатной температуре вытягивают нити небольшой линейной плотности (ниже 15 текс). Вытягивание технических нитей и жгутового волокна, имеющих высокую линейную плотность, осуществляется при температуре 150–180 °С. Полиамидное волокно вытягивается в одну или несколько стадий. Кратность вытяж-

ки и параметры процесса вытягивания зависят от требований, предъявляемых к волокну, и условий эксплуатации изделий. Текстильные нити вытягиваются в одну стадию, а технические нити и полиамидные жгуты – в две. Суммарная вытяжка при этом составляет 4,6–5,2.

Отделка полиамидного жгута осуществляется на специальных агрегатах и включает процессы вытягивания, гофрирования, термофиксации, обработки антистатическим замасливателем, укладки жгута в мягкую тару или резки жгута, пневмотранспортирования и упаковки резаного волокна в кипы.

При непрерывном процессе формование и отделка производятся на одном аппарате. Такие аппараты с одной или с двумя зонами вытяжки предлагает фирма Neumag (Германия) под маркой INLINELS.

Непрерывное формование ведется на небольшой скорости и может применяться при производстве полиамидных, полиэфирных и полипропиленовых волокон из свежего полимера и из регенерированного сырья вторичного использования (из хлопьев при переработке ПЭТ бутылок). Производительность такого аппарата от 9 до 70 т/сутки. Линейная плотность выпускаемого волокна 0,17–1,1 текс. На линии предусмотрено как обычное замасливание, так и специальные виды отделки (антибактерицидная, огнезащитная, силиконизированная).

Оборудование для формования химических волокон и нитей выпускают также фирмы Barmag, Fleissner, Lurgi–Zimmer, SAHM (Германия), SML (Австрия), Teijin Seiki (Япония), Plantex, Meccaniche Moderne (Италия) и др.

2.2.2 Ассортимент и свойства полиамидных волокон и нитей

К основным видам полиамидных волокон относится полиамидное волокно капрон, зарубежные названия которого nylon–6 (США) и perlon (Германия), получаемый из поликапроамида; анид или nylon–6,6 (США, Великобритания, Германия), получаемый из полигексаметиленадипамида, а также волокна Nurlon, tactel и nomex. Цифрами после слова nylon обозначают число углеродных атомов в исходных мономере.

Капрон – наиболее распространенное из полиамидных волокон. Большое распространение получили текстурированные высокорастяжимые полиамидные нити. Для смешивания с хлопковым волокном рекомендуется использовать полиамидное волокно длиной 36–38 мм и линейной плотностью не выше 222 мтекс. Из смесей хлопкового и полиамидного волокон вырабатывают спецдежду, костюмные, подкладочные ткани и чулочные изделия.

По стойкости к истиранию полиамидное волокно превосходит все другие волокна. Если стойкость полиамидных нитей и волокна к истиранию принять за 100 %, то для хлопкового волокна она составит (при испытании в таких же условиях) всего 10 %, шерстяного – 5 %, а вискозного – 2 %.

Вследствие высокой стойкости к истиранию капрона его целесообразно добавлять к смеси других волокон, например к смеси шерстяного и вискозного

волокон. Установлено, что при добавлении в такую смесь 15 % капрона стойкость тканей к истиранию повышается в 2–4 раза.

Одной из отличительных особенностей полиамидных волокон и нитей являются высокие эластические свойства. При нагрузке до 30 % от разрывной доля полностью обратимых удлинений составляет 90–95 % от общего удлинения.

Полиамидные волокна и нити обладают высокой устойчивостью к многократным деформациям при изгибе – примерно в 100 раз большей, чем вискозные волокна и нити, и в 10 раз большей, чем хлопковое и шерстяное волокна.

Вместе с тем волокна имеют и существенные недостатки. Полиамидные волокна имеют низкий модуль упругости и высокое удлинение, что снижает прочность пряжи и изделий, выработанных из смесей хлопкового и полиамидного волокон. К недостаткам этих волокон также следует отнести сильную электризуемость, пониженную гигроскопичность и недостаточную мягкость на ощупь. Для полиамидных волокон характерна недостаточная термостойкость и светостойкость. Для устранения этих недостатков в полиамиды вводят различные стабилизаторы.

Анид (nylon-6,6)

Сырьем для выработки волокна анид служит соль адипиновой кислоты и гексаметилендиамина.

Свойства волокна анид во многом сходны со свойствами капрона. Прочность, растяжимость, упругость, удельный вес, гигроскопичность, устойчивость к истиранию, способность сохранять форму изделий, фиксированную запаркой, у этих волокон примерно одинаковы.

Основной особенностью анида является то, что он более теплостойкий (температура плавления 255 °С, температура влажно-тепловой обработки изделия 150–160 °С) и лучше окрашивается в разнообразные цвета, чем капрон.

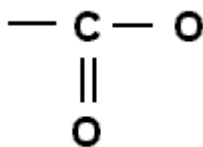
Это волокно широко используют для производства разнообразных тканей, верхнего и бельевого трикотажа, мужских сорочек, перчаток и чулочно-носочных изделий. Анид находит большое применение в производстве искусственного меха, швейных ниток, транспортных лент, кордных тканей и других резино-технических изделий.

Тактель (tactel)

Новой разработкой в области производства полиамидных волокон является волокно тактель, изобретенное и производимое фирмой Du Pont (США). Преимуществом этого волокна является более высокая прочность, износостойкость, эластичность, стойкость окраски и устойчивость к пиллингу, чем у обычного капронового волокна. Благодаря новым технологиям, оно приобрело мягкость и драпируемость, новые поверхностные эффекты. Волокно тактель выпускается различных цветов, а также искрящееся, матовое и бархатистое и используется в спортивной одежде.

2.2.3 Производство полиэфирных волокон и нитей

Полиэфирными (ПЭ) называются волокна, получаемые из полиэфиров – полимеров, макромолекулы которых содержат сложные эфирные группы:



Исходными продуктами для производства полиэфирных волокон являются терефталевая кислота (ТФК) или ее диметиловый эфир – диметилтерефталат (ДМТ), этиленгликоль (ЭГ) или оксид этилена.

Синтез полиэтилентерефталата (ПЭТФ) проводят в две стадии. На первой стадии получают дигликолевый эфир терефталевой кислоты, на второй осуществляют поликонденсацию дигликолевого эфира терефталевой кислоты.

Полиэфирные нити можно формовать из расплава или из гранулята ПЭТФ. При полунепрерывном способе ПЭТФ в виде гранулята готовится в автоклавах, а затем пневмотранспортом подается непосредственно в бункеры формовочных машин или в бункеры хранения сухого полимера.

Непрерывный процесс производства заключается в прямом формовании нитей из расплава без приготовления гранулята. Преимущества этого процесса заключаются в сокращении целого ряда операций (литье полимера, гранулирование, сушка, смешивание и хранение гранулята) и уменьшении количества оборудования.

Принципиально оборудование для формования полиэфирных нитей не отличается от оборудования для формования полиамидных волокон и нитей. Технологический процесс производства полиэфирных волокон представлен на рисунке 2.6.

Для формования полиэфирных нитей применяют фильеры с различной формой сечения. Диаметр отверстий фильеры 0,3–0,5 мм. Число отверстий в фильере изменяется в зависимости от назначения нитей или волокон:

- для технической нити – 140–200;
- комплексной текстильной нити 10–100;
- для волокна 400–1000.

Для производства комплексной текстильной нити применяют многониточное формование, то есть в одну обдувочную шахту подаются нити из нескольких фильер. Сформованные нити охлаждаются в сопроводительной шахте холодным воздухом, поднимающимся по шахте навстречу движению нити.

Скорость формования:

- для комплексной текстильной нити 3000–4000 м/мин;
- для технической нити 600–1000 м/мин;
- для волокна 700–1600 м/мин.

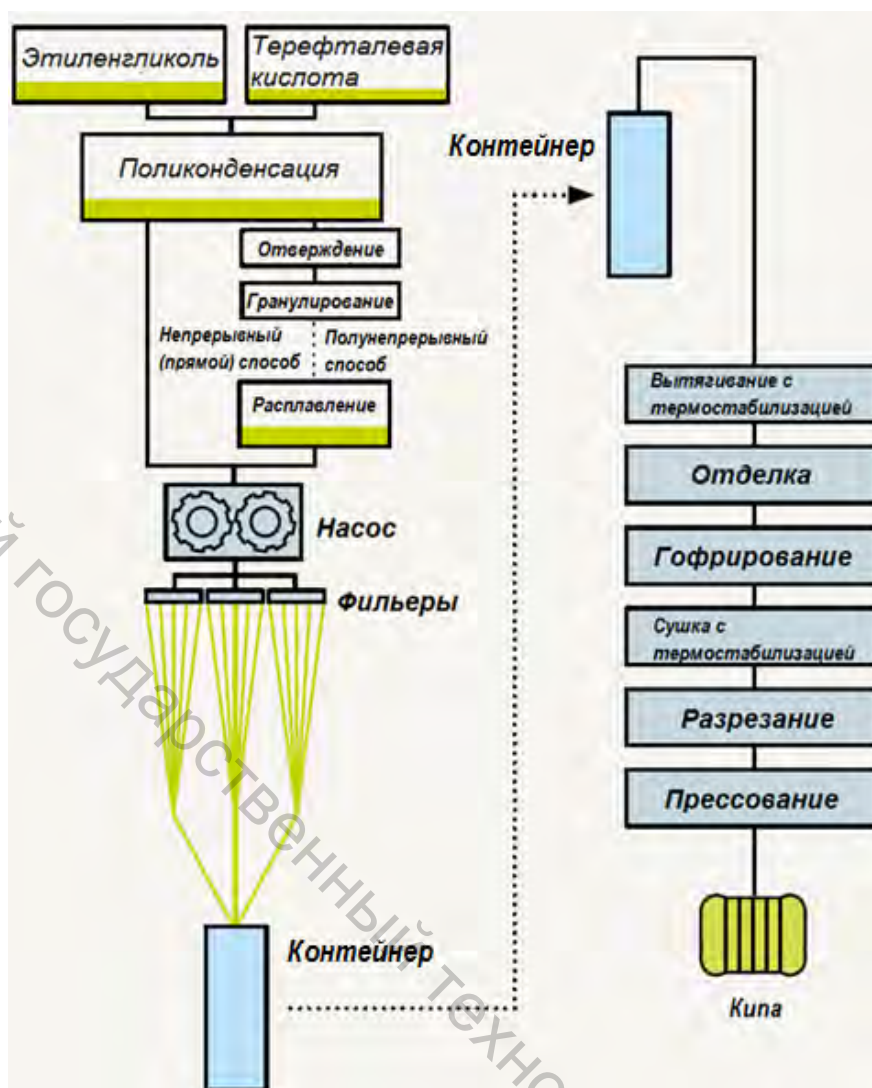


Рисунок 2.6 – Технологический процесс производства полиэфирных волокон

Нити наматываются на паковки массой до 24 кг, выдерживаются в течение 48 часов при температуре воздуха 20 °С и влажности 70–80 % и затем подвергаются ориентационному вытягиванию (на рисунке 2.6 не показано).

При получении штапельного волокна элементарные нити собираются со всех прядильных мест машины или с половины в один жгут и укладываются в контейнер. Масса жгута в контейнере составляет 360 кг.

Отделка жгутов осуществляется на отделочном агрегате (рисунок 2.7). Первой технологической операцией является комплектование жгута 1 из отдельных жгутиков, находящихся в контейнерах, с помощью шпулярника.

Жгут 1 проходит через ванну 2, где отмывается от прядильной подготовки и поступает на вытяжной стан 3. Вытягивают жгутовое полиэфирное волокно между вытяжными станами, каждый из которых представляет собой семь вращающихся с одинаковой скоростью металлических цилиндров. На вытяжных станах обеспечиваются равномерность натяжения большого числа элементарных нитей, составляющих жгут, и необходимое усилие для вытягивания жгута, линейная плотность которого достигает 400 ктекс.

Для волокна в основном применяют двухступенчатое вытягивание. Между первым и вторым вытяжным станом установлена паровая камера 4 для нагрева волокна до температуры 95–100 °С, между вторым и третьим – камера 4' с нагретой металлической пластиной, которая обеспечивает нагрев волокна до температуры 130–150 °С, то есть на 30–50 °С выше, чем в первой камере.

Иногда, когда требуется получить волокно с низким удлинением (до 30–40 %), жгут после вытягивания подвергают дополнительной операции – стабилизации удлинения, которая проводится в обогреваемой до температуры 200 °С камере 5 при растяжении на 2–4 %. В зависимости от назначения волокна суммарная кратность вытягивания составляет 3,5–5. Антистатический препарат наносится на жгут в устройствах 6 и 7, а затем жгут, пройдя компенсирующие валы 8, поступает в пропарочную камеру 9. После вытягивания жгут подается в гофрировочную машину 10 для придания волокну извитости (4–6 извитков на 1 см).

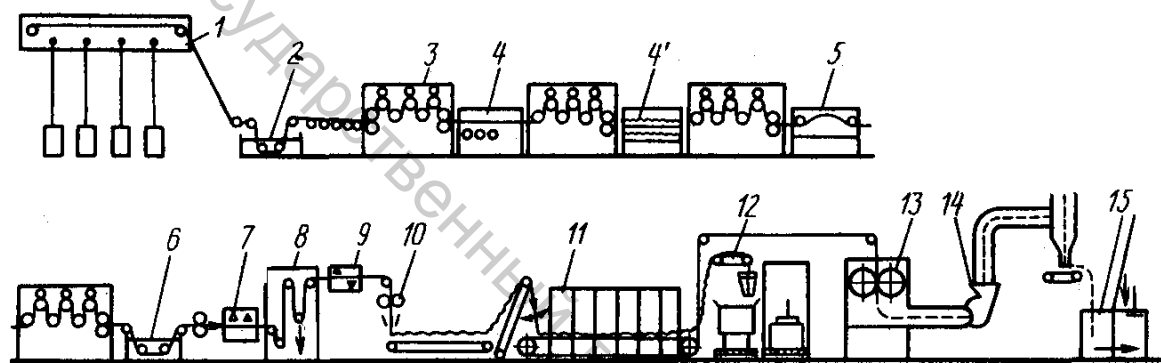


Рисунок 2.7 – Технологическая схема отделочного агрегата

Для фиксации извитости волокна, снятия внутренних напряжений, возникающих в волокне при ориентационном вытягивании и снижения последующей усадки волокна жгут поступает в аппарат термофиксации 11. Этот секционный аппарат имеет калорифер и камеру охлаждения. Жгутораскладчик равномерно раскладывает жгут на металлическую сетчатую ленту, которая проходит через аппарат термофиксации. Длина аппарата 10–20 м, температура в аппарате термофиксации 120–140 °С.

После термофиксации волокно обрабатывают эмульсией для снижения электризации, затем оно поступает в устройство 12 для укладки жгута в коробки (если выпускается жгутовое волокно) или на резку (если выпускается резаное волокно). Резка волокна осуществляется на резальной машине 13. Волокно пневмотранспортом 14 подается в упаковочный пресс 15 для упаковки в кипы.

Ориентационное вытягивание полиэфирных нитей осуществляется на крутильно-вытяжных и перемоточно-вытяжных машинах. До 70 % текстильных полиэфирных нитей выпускается текстурированными. Гладкие нити в процессе дальнейшей переработки проходят операции дополнительного кручения, термофиксации и перематывания.

2.2.4 Ассортимент и свойства полиэфирных волокон

Полиэфирное волокно является наиболее многотоннажным и занимает первое место в мировом производстве химических волокон. Его зарубежное название polyester, сокращенная аббревиатура PES. Торговые названия полиэфирных волокон: лавсан (СНГ), terylene (Великобритания), dacron (США), teteron (Япония), tergal (Франция) и др.

Полиэфирные волокна широко используются в чистом виде и в сочетании с другими волокнами при использовании широчайшего ассортимента текстильных материалов и изделий.

Полиэфирное волокно придает тканям малую сминаемость, хорошую износостойкость и пониженную усадку; хлопковое волокно поглощает влагу, снижает электризуемость и повышает гигиенические свойства изделий.

Техническую нить и монопить обычно выпускают блестящими или слабоматированными, текстильную нить – матированной или сильно матированной, волокно и жгут – суровыми и окрашенными, чаще всего в массе.

По термостойкости полиэфирные волокна превосходят все широко доступные натуральные и химические волокна. При нагревании на воздухе до температуры 150 °С в течение 500 и 1000 ч разрывная нагрузка сохраняется соответственно на 30 и 20 % (полиамидные и гидратцеллюлозные волокна в этих условиях полностью разрушаются). Разрывная нагрузка этих волокон практически остается без изменения в сухом и влажном состоянии и при колебании температуры от – 70 °С до +175 °С. При температуре – 40 °С наблюдается увеличение разрывной нагрузки на 5–10 %, уменьшение удлинения на 30 %, а при – 100 °С разрывная нагрузка возрастает приблизительно на 50, а удлинение снижается примерно на 35 % (при этом волокно становится хрупким) [34].

Полиэфирные волокна частично растворяются, разрушаясь в концентрированных серной (выше 83 %) и азотной кислотах. Снижение прочности при действии горячих концентрированных органических кислот (уксусной, щавелевой, муравьиной и др.) в течение 100 ч не превышает 10–15 %. Полиэфирные волокна устойчивы к воздействию микроорганизмов и бактерий.

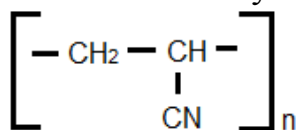
У изделий из полиэфирных волокон высокая способность сохранять форму после тепловой обработки при высоких температурах. Ткани из полиэфирного волокна являются наиболее несминаемыми. По эластичности волокно близко к натуральной шерсти, а во влажном состоянии превосходит ее.

Стойкость к истиранию и к многократным изгибам у полиэфирного волокна ниже, чем у полиамидных волокон, но в 2,5 раза выше, чем у гидратцеллюлозных волокон. Полиэфирное волокно является хорошим изолятором, что обусловило широкое его применение в электротехнической промышленности. По светостойкости полиэфирные волокна уступают только ПАН волокнам.

К недостаткам полиэфирных волокон относятся трудность крашения обычными методами, сильная электризуемость, склонность к пиллингу, низкая гигроскопичность, жёсткость изделий.

2.2.5 Производство полиакрилонитрильного волокна

Полиакрилонитрильное волокно (ПАН) относится к группе карбоцепных волокон. Карбоцепными называют волокна, получаемые на основе полимеров, основная цепь которых состоит только из атомов углерода:



Одним из основных видов сырья для получения ПАН волокон является акрилонитрил. Акрилонитрил представляет собой бесцветную жидкость, кипящую при температуре 78,5 °С и замерзающую при температуре – 83,5 °С. В воде акрилонитрил растворим ограниченно. В настоящее время большинство ПАН волокон получают не из чистого акрилонитрила, а из сополимеров акрилонитрила с другими мономерами. Наиболее распространенными сомономерами являются метилакрилат, винилацетат и итаконовая кислота.

Наиболее распространенным промышленным способом получения ПАН волокон является водно-суспензионная полимеризация акрилонитрила, которая может осуществляться как по периодической, так и по непрерывной схеме. Прядильные растворы для производства ПАН волокна могут быть получены двумя способами: непосредственной полимеризацией акрилонитрила в растворителе с одновременным получением прядильного раствора и растворением готового полимера в растворителе.

Технологический процесс производства ПАН волокон по непрерывному способу (рисунок 2.8) состоит из следующих стадий: приготовление растворов, полимеризация акрилонитрила, демономеризация суспензии и конденсация акрилонитрила, фильтрация, промывка и сушка полимера. Полимеризация акрилонитрила происходит в реакторе непрерывного действия в водной среде.

Для получения ПАН волокон применяется как сухой, так и мокрый способ формования. Сухой способ формования проводится в токе горячего воздуха. Высоковязкие 28–30 % растворы ПАН в диметилформамиде продавливаются через фильеру в шахту. Высота прядильных шахт 6–12 м, их стенки обогреваются. Снизу в шахту подается горячий воздух. Выходящая из шахты нить подвергается последующей 5–8-кратной вытяжке, а затем промывается, сушится, отделяется, гофрируется и упаковывается. Недостатком сухого способа формования является невозможность применения фильер с большим числом отверстий и необходимость проведения процесса при высоких температурах вследствие высокой температуры кипения диметилформамида (153 °С).

Наиболее распространен мокрый способ формования ПАН волокон. Это связано с тем, что большее количество ПАН волокон производится в виде штапельного волокна. В этом случае можно применять фильеры с большим числом отверстий (до нескольких сотен тысяч), что компенсирует недостаток мокрого способа – низкую скорость формования.

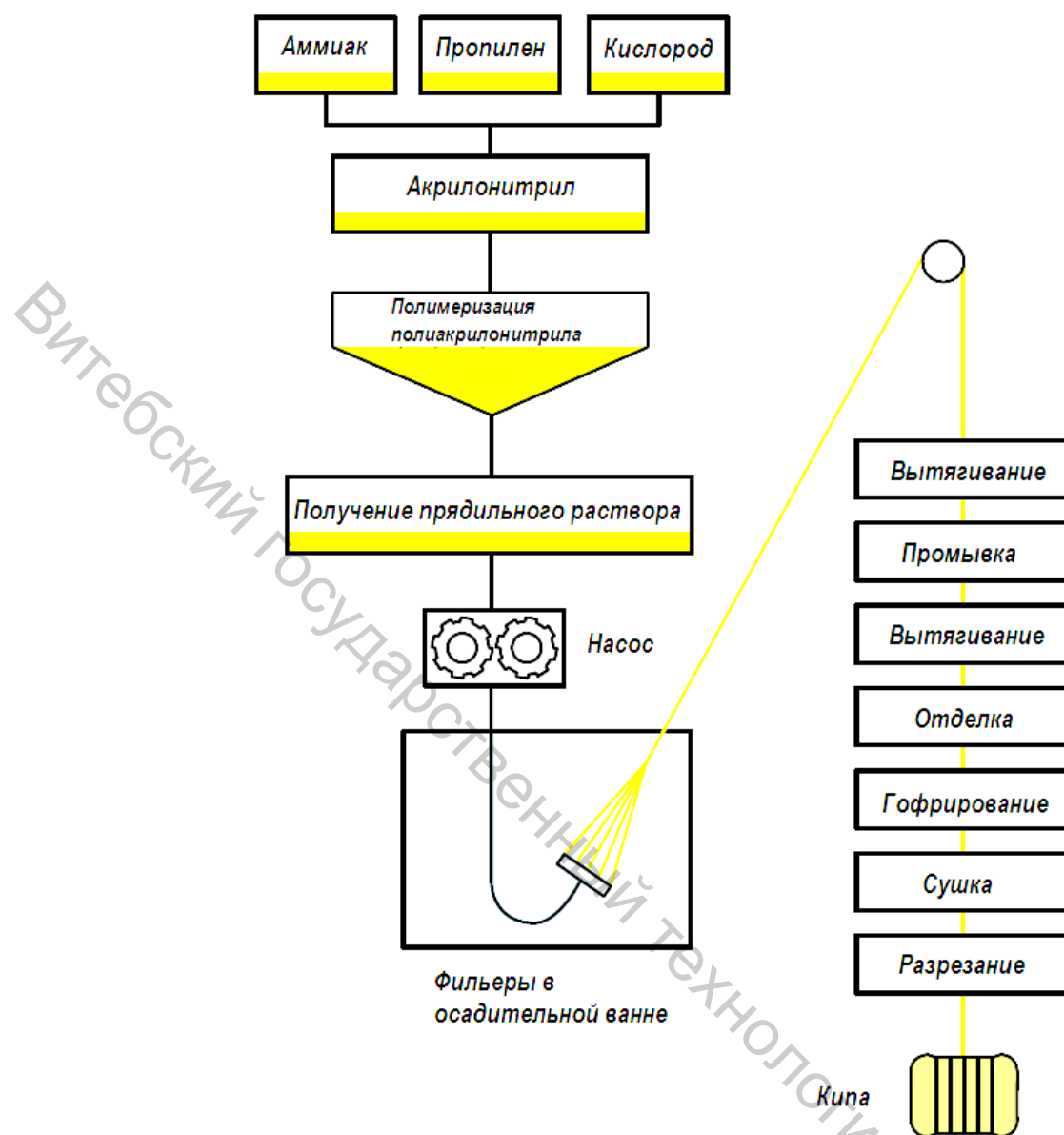


Рисунок 2.8 – Схема технологического процесса производства полиакрилонитрильного волокна

На заводе «Нафтан» ОАО «Полимир» (Новополоцк) для производства ПАН волокон в настоящее время в качестве раствора применяют диметилформамид (ДМФ). Соответственно, получаемое волокно имеет марку «Нитрон–Д».

Прядильный раствор ПАН в диметилформамиде поступает по коллектору формовочной машины и насосом продавливается через фильеру в осадительную ванну, содержащую 50–70 %-й водный раствор ДМФ при температуре 10–11 °С. Длина пути нити в ванне составляет 200–600 мм.

Свежесформованный жгут из осадительной ванны направляется в первую вытяжную ванну, температура которой составляет 50 °С. Здесь жгут подогревается и вытягивается на 50 %. Вторая вытяжка осуществляется в паровой шахте в среде острого пара. Затем жгут обрабатывается паром при атмосферном давлении. В паровой камере вытяжка 4–5-кратная.

Сформованный и вытянутый жгут поступает в промывную ванну. Промывка волокна производится обессоленной водой при температуре 10 °С. После промывки жгут в случае необходимости пропускается через ванну для непрерывного крашения жгута. Погружаясь в ванну с раствором красителя, жгут поглощает краситель из раствора. Для фиксации красителя на жгуте последний проходит по воздуху путь около 6 м. Избыток красителя смывается обессоленной водой, и отжатый жгут после отжимных валов поступает в замасливающую ванну. Замасливание производится раствором смеси различных препаратов при температуре 25 °С. После замасливания (нанесения авиважа) волокно сушится в сушильном аппарате барабанного типа. Сушильный аппарат имеет 24 сетчатых барабана. Жгут проходит в аппарате без натяжения, поэтому в процессе сушки волокно усаживается. Величина усадки при сушке до 25 %. Высушенный жгут проходит аппарат для нанесения антистатического препарата. Далее общий жгут разделяют на четыре жгута, которые подвергаются термостабилизации в аппарате на плитах с электрообогревом, температура плит термофиксации 180–200 °С. Усадка волокна после термофиксации 4–10 %. Цель данной операции – увеличить устойчивость волокна к тепловым обработкам и равномерность жгута по физико-механическим свойствам. После стабилизации волокно гофрируется на гофрирующей машине.

Если предусматривается выпуск волокна в виде жгута, то он упаковывается в коробки. Если необходимо выпускать волокно, то жгут транспортируется в отделение резки, где режется на резальных машинах и на прессе упаковывается в кипы. Длина резки 36–130 мм.

Кроме безусадочного волокна, получаемого описанным выше способом, можно вырабатывать жгут для получения высокообъемной пряжи. Для этой цели волокно после стабилизации подвергается вытягиванию на 10–20 % на специальном аппарате при температуре 100–170 °С.

2.2.6 Свойства полиакрилонитрильных волокон

Полиакрилонитрильные (ПАН) волокна выпускаются во многих странах под следующими торговыми названиями: нитрон (СНГ), orlon, acrilan (США), kashmilon (Япония), dralon (Германия) и др. Наиболее распространенное зарубежное название – асгил (акрил).

ПАН волокна применяют для изготовления верхнего трикотажа, ковров, платьевых и костюмных тканей. Трикотажные изделия из ПАН волокон в чистом виде или в смеси с шерстью или хлопком хорошо драпируются, обладают высокой светостойкостью, хорошими теплозащитными свойствами и малой сминаемостью. В составе трикотажной пряжи нитрон чаще всего используют в смеси с шерстью или мохером, что позволяет создавать пушистые и в то же время формостойкие изделия.

ПАН волокна отличаются низкой плотностью (1,16–1,18 г/см³), хорошими теплоизоляционными свойствами и высокой морозостойкостью. Высо-

кий модуль упругости (в 2–3 раза выше, чем модуль упругости капронового волокна) и хорошие эластические свойства обеспечивают изделиям высокую формостойкость во время носки.

ПАН волокна обладают высокой термостойкостью. Двухдневное нагревание при температуре 150 °С не снижает их прочности. Температура глажения не должна быть более 160 °С, так как при более высокой температуре может произойти пожелтение волокон. Для сохранения максимальной яркости окраски волокна после крашения нельзя нагревать свыше 120 °С.

ПАН волокно занимает первое место среди натуральных и химических волокон по устойчивостью к светопогоде и атмосферным воздействиям. После комбинированного воздействия света и воздуха в течение года прочность ПАН волокон снижается на 20 %, хлопкового – на 95 %, все другие волокна разрушаются. Основные свойства ПАН волокон представлены в таблице 3.1.

Преимуществом ПАН волокон является также их большая объемность, хороший гриф, низкая теплопроводность, стойкость к воздействию масел и жиров и легкость очистки. Эти волокна стойки к действию окислителей, но мало устойчивы к воздействию концентрированных растворов щелочей и серной кислоты, особенно при повышенной температуре.

К недостаткам ПАН волокон можно отнести низкую устойчивость к истиранию, горючесть, повышенную хрупкость (вследствие этого понижается прочность в петле) и легкую электризуемость. Существенным недостатком волокон является их загрязняемость мелкими частицами (сажей и др.), которые, притягиваясь электрическими зарядами волокна, прочно удерживаются на поверхности волокон изделия и трудно удаляются при стирке. Пряжа из ПАН волокна имеет повышенную ворсистость. Выступающие концы волокон ломаются вследствие его хрупкости, что приводит к увеличению обрывности при изготовлении трикотажных изделий. Недостатками можно считать низкую термостойкость (максимальная температура при стирке 40 градусов), гигроскопичность и пиллингуемость изделий.

Лекция 2.3. Производство и ассортимент искусственных волокон и неорганических волокон

К искусственным волокнам относятся вискозные, ацетатные, триацетатные и медно-аммиачные. Также при модификации вискозных волокон получают полинозные и высокомодульные волокна. Результатом дальнейшего развития вискозного способа стало производство волокна лиоцелл.

Наиболее многотоннажными из искусственных волокон являются вискозные волокна. Производство медно-аммиачных волокон прекращено вследствие их сравнительно низких физико-механических свойств и сложностей утилизации сульфата аммония, который выделяется при производстве. Главное назначение триацетатных волокон – изготовление сигаретного жгутика, который выпускается во многих странах мира.

Основным сырьем для производства искусственных волокон является древесная целлюлоза и ее производные.

2.3.1 Производство вискозных нитей

Наиболее многотоннажными из искусственных волокон являются вискозные волокна. Промышленность выпускает вискозное волокно, комплексные текстильные и кордные нити, вискозный жгут, целлюлозную пленку (целлофан). Кордные нити используются для изготовления шинного корда – материала для армирования покрышек автомобилей, самолетов и др.

Значительный удельный вес вискозного волокна объясняется преимуществами способа их производства:

- доступность исходного сырья и сравнительно невысокая его стоимость (древесная целлюлоза, гидроксид натрия NaOH, серная кислота H_2SO_4 , сероуглерод CS_2 – продукты массового производства);
- высокий технический уровень вискозного производства и применение сокращенных технологических процессов получения вискозных нитей;
- возможность получения высокопрочных вискозных нитей, обладающих повышенными эксплуатационными свойствами;
- высокие гигиенические свойства вискозных волокон и нитей.

Вискозное производство потребляет большое количество сырья, вспомогательных материалов, воды, тепловой и электрической энергии.

Технологический процесс производства вискозной нити (рисунок 2.9), включает три основные стадии:

- приготовление прядильного раствора,
- формование
- последующая обработка нити.

Большинство технологических операций осуществляется на высокопроизводительных поточных линиях непрерывного действия.

Основным видом исходного материала для получения вискозного волокна является древесная целлюлоза. Она представляет собой природное высокомолекулярное органическое соединение, относящееся к классу углеводов. Для выделения целлюлозы может быть использована древесина любого вида, однако на практике используется в основном древесина хвойных пород деревьев.

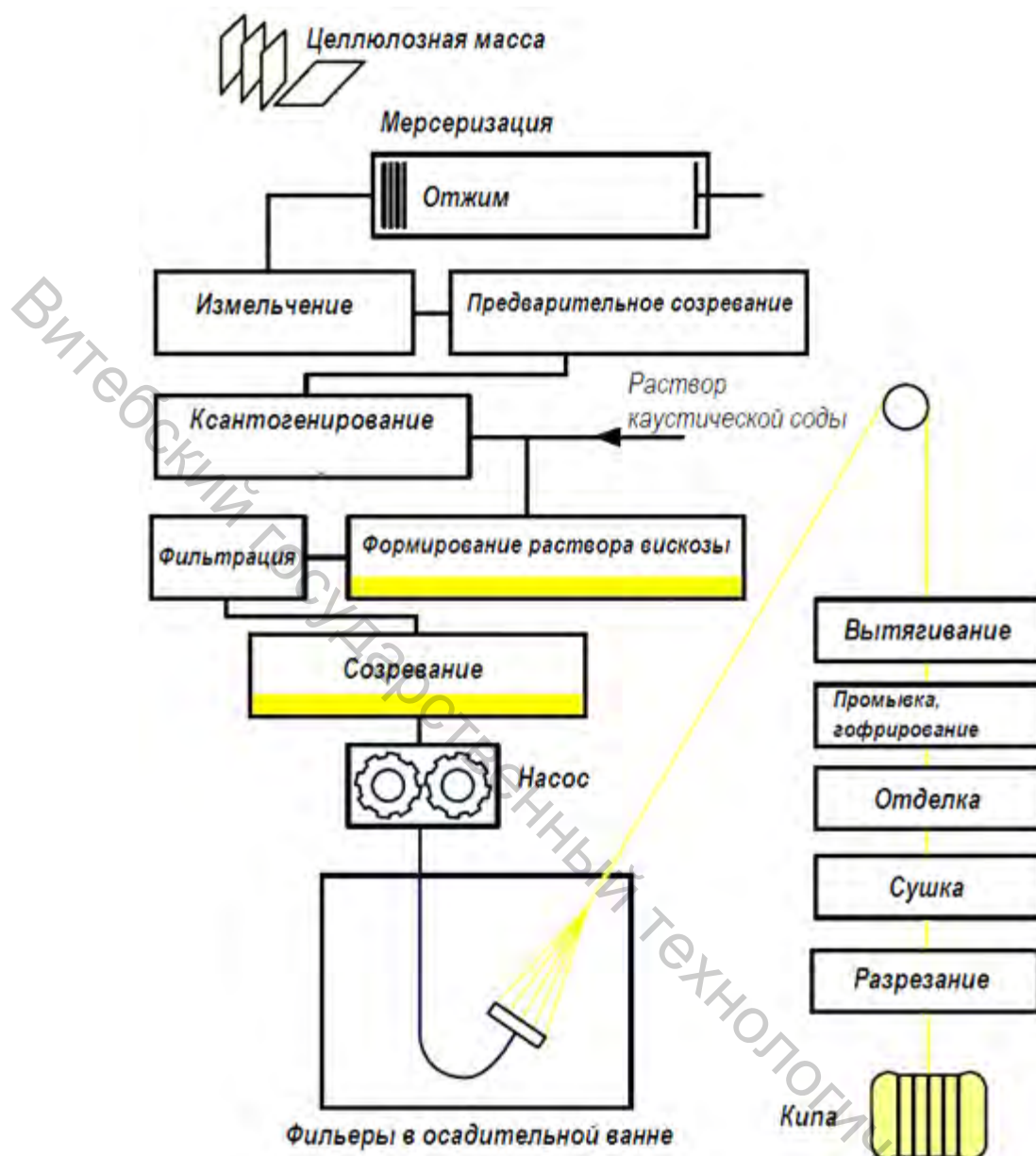


Рисунок 2.9 – Технологический процесс производства вискозных волокон

На первом этапе древесную целлюлозу подвергают предварительной обработке, заключающейся в варке целлюлозы в присутствии специальных реагентов, отбелке и сушке (на схеме не показано). В процессе предварительной обработки уменьшается содержание примесей целлюлозы.

Для приготовления прядильного раствора целлюлозу подвергают мерсеризации. **Мерсеризация** – процесс обработки целлюлозы 18%-м раствором гидроксида натрия (каустической соды). При мерсеризации происходят следующие процессы:

- образование нового химического соединения – щелочной целлюлозы,
- набухание целлюлозы в щелочи,
- снижение молекулярной массы целлюлозы в результате окислительной деструкции под влиянием кислорода воздуха,

– вымывание примесей из целлюлозы.

Затем осуществляется отжим щелочной целлюлозы. Эти процессы происходят на установках непрерывной мерсеризации.

После мерсеризации и отжима щелочная целлюлоза подвергается измельчению для увеличения ее реакционной поверхности. Разрыхленная, равномерно измельченная щелочная целлюлоза облегчает проникание сероуглерода; при этом происходит более полное и равномерное образование **натриевого ксантогената целлюлозы**.

Далее осуществляется процесс **предсозревания**, при котором измельченную щелочную целлюлозу выдерживают в течение определенного времени при повышенной температуре и влажности воздуха. В процессе предварительного созревания щелочная целлюлоза подвергается дополнительной окислительной деструкции, цель которой – понижение средней молекулярной массы. Это необходимо для получения вязкого раствора определенной вязкости. Для снижения степени полимеризации щелочную целлюлозу выдерживают при определенной температуре продолжительное время. Используются два температурных режима предсозревания:

- среднетемпературный (30–35 °С), продолжительность 10–20 ч;
- высокотемпературный (45–60 °С), продолжительность 2–6 ч.

Следующим процессом является **ксантогенирование** щелочной целлюлозы – комплекс химических и физико–химических процессов, протекающих при взаимодействии щелочной целлюлозы с сероуглеродом. При этом образуется натриевая соль сложного кислого эфира дитиоугольной кислоты и целлюлозы, называемая ксантогенатом целлюлозы, и различные побочные продукты.

Реакция обеспечивает получение растворимой целлюлозы. Дальнейшее растворение ксантогената целлюлозы проводится в разбавленном растворе гидроксида натрия. При достаточной концентрации образуется вязкий раствор, называемый **вискозой**, который используется для формования нитей.

Далее проводится **созревание** вискозы, то есть комплекс физико–химических изменений, протекающих в вискозе во времени. Процесс созревания совмещается с процессом подготовки вискозы к формованию (фильтрация, удаление воздуха). Основной химической реакцией при созревании вискозы является частичное омыление ксантогената целлюлозы водой. Созревание вискозы обычно проводится при температуре 14–16 °С в течение 16–20 часов. После созревания происходит смешивание вискозы.

Далее в раствор вискозы вводятся необходимые добавки, поверхностно–активные вещества и модификаторы, улучшающие качество готового волокна. Для уменьшения блеска волокна в вискозу вводят матирующие вещества, а для придания определенного цвета – красители. Наилучшим матирующим средством является диоксид титана – тончайший порошок белого цвета, нерастворимый в кислотах и щелочах, не реагирующий с вискозой и осадительной ванной. Диоксид титана вводят в щелочную целлюлозу при измельчении или в готовую вискозу после растворения ксантогената.

Для крашения вискозы в массе используют высокопрочные красители (сернистые, кубовые или пигментные).

В процессе **формования** вискоза вытекает из отверстий фильеры в виде тонких струек в осадительную ванну и быстро затвердевает, превращаясь из жидкости в твердое тело. При получении вискозных нитей традиционной осадительной ванной является водный раствор серной кислоты H_2SO_4 , сульфата натрия Na_2SO_4 и сульфата цинка $ZnSO_4$.

Образовавшаяся в осадительной ванне нить представляет собой регенерированную целлюлозу – гидратцеллюлозу, которая по структуре и свойствам отличается от исходной целлюлозы. Поэтому нити, полученные из вискозы, называют **гидратцеллюлозными**. При разложении ксантогената кроме гидратцеллюлозы выделяются сероуглерод, сероводород, сернистый газ и сера. При формировании вискозных нитей протекают следующие процессы:

- взаимная диффузия компонентов осадительной ванны и вискозы;
- нейтрализация компонентов вискозы;
- коагуляция вискозы и разложение ксантогената;
- ориентационное вытягивание и релаксация.

Вискозные текстильные нити можно получать тремя способами – бобинным, центрифугальным и непрерывным. На современных производствах по выпуску вискозных нитей наиболее распространен непрерывный способ формования. Машины непрерывного способа обеспечивают формирование, отделку и сушку, а также образование паковок массой 2–3 кг.

Для формования применяют вискозу с содержанием целлюлозы 7,5–8,5 %, щелочи 6–6,5 %. Состав осадительной ванны, г/л:

- 130–140 серной кислоты;
- 270–280 сульфата натрия;
- 15–17 сульфата цинка.

Температура осадительной ванны составляет 45–50 °С. Фильерная вытяжка нити **B** осуществляется за счет разности скоростей наматывания на паковку сформованной нити V_2 и истечения вискозы из отверстий фильеры V_1 и определяется по формуле, %:

$$B = \frac{(V_2 - V_1)}{V_1} \cdot 100\% \quad (2.4)$$

Вискозные текстильные нити обычно формируют на золотоплатиновых фильерах с диаметром отверстий 0,07–0,08 мм в зависимости от линейной плотности формируемой нити.

После формования вискозные комплексные нити подвергают отделке для удаления примесей и нанесения на них различных препаратов. Для удаления остатков кислоты, солей и других загрязнений проводится промывка нити. Затем нить подвергают десульфурации, то есть обрабатывают различными реагентами для удаления содержащейся в нити серы (1–1,5 %). Сера ухудшает

внешний вид нити и придает ей желтоватый оттенок. Авиваж проводится для придания нити свойств, необходимых для дальнейшей переработки. Авиважные препараты должны сообщать нити мягкость, эластичность, снижать величину электростатических зарядов и легко удаляться с нити промывкой водой.

Полученные на машинах непрерывного процесса паковки перематываются на бобинажно–перемоточных машинах на трехконусные конические бобины. В случае необходимости их докручивают на крутильных этажных машинах.

Для получения вискозных волокон нити, выходящие из каждой фильеры, собираются в один толстый жгут. Толщина нитей, образующих жгут, зависит от их назначения. Для формования используют фильеры, имеющие 10000–12000 отверстий диаметром 0,065–0,08 мм. Применяются блочные фильеры, представляющие собой диск из армированного пластика, в который запрессовано 10 – 30 фильер с 1500–3000 отверстий. Применение блочных фильер позволяет резко повысить производительность формовочно–отделочных агрегатов.

Жгуты с отдельных прядильных мест собираются в один общий жгут, толщина которого может изменяться в зависимости от его назначения. Жгуты, которые направляются на штапельирование, имеют линейную плотность 35–50 ктекс, а жгуты, подвергаемые разрезанию на штапельное волокно, имеют линейную плотность 100–400 ктекс.

Жгуты подвергают ориентационному вытягиванию, их довосстанавливают, удаляют из них сероуглерод, режут на штапельное волокно, отделывают, сушат и упаковывают. Все эти операции проводят на формовочно–отделочных агрегатах.

2.3.2 Ассортимент и свойства искусственных волокон

Рассмотрим свойства искусственных волокон, производство которых в настоящее время является наиболее распространенным.

Вискозное волокно (вискоза, viscose, rayon) обладает хорошей гигроскопичностью, достаточной светостойкостью и хорошей окрашиваемостью. Изделия из вискозной пряжи, имеют свойства, очень близкие к свойствам изделий из хлопка. Они приятны на ощупь, формоустойчивы и воздухопроницаемы. Вискоза пользуется популярностью во всем мире из-за своего шелковистого блеска, возможности окрашивания в яркие тона, мягкости.

Вискозные волокна и нити устойчивы к действию многократных деформаций и трению. Недостатком вискозных волокон является потеря прочности в мокром состоянии (до 50 %), при этом удлинение нити увеличивается на 3–4 %. Для изделий из вискозного волокна характерна сминаемость, слабая устойчивость к действию микроорганизмов, низкая устойчивость к воздействию водно–щелочных обработок, большая теплопроводность, высокая пиллингуемость. Чтобы устранить указанные недостатки, химическая промышленность выпускает модифицированные вискозные волокна, например, высокомолекулярные.

Из вискозного волокна в чистом виде вырабатывают в основном декоративные, технические, легкие платьевые и подкладочные ткани. Из вискознополиэфирной и хлопковискозной пряжи вырабатывают платьевые, костюмно-платьевые и ткани для спортивной одежды. Вискозные комплексные технические нити используют в основном для изготовления шинного корда.

Высокомодульные (модальные) волокна (ВВМ) (в СССР выпускались под маркой сиблон, компания Lenzing AG (Австрия) выпускает под маркой Modal), принадлежат к классу физически модифицированных волокон на основе целлюлозы, полученных путем создания специальных условий формования и вытягивания обычного вискозного волокна.

В последние годы модальное и микромодальное вискозное волокно стало одним из наиболее востребованных на рынке текстиля для одежды.

Волокно Modal удовлетворяет всем экологическим требованиям, производится без применения хлора, не содержит вредных примесей. Благодаря более глубокой обработке, это волокно окрашивается лучше, чем обычная вискоза. По гигроскопичности оно превосходит хлопок почти в 1,5 раза.

Использование модального волокна позволяет увеличить несминаемость тканей в 1,5 раза по сравнению с тканями из обычной вискозы, уменьшить усадку после стирок в 2 раза, а устойчивость тканей к истиранию повысить в 1,5–2 раза.

Ткани из модального волокна остаются мягкими и эластичными после многократных стирок за счет того, что гладкая поверхность волокна не позволяет примесям (извести или моющему средству) оставаться на ткани, делая ее жесткой на ощупь. Изделия из него легки в уходе, отличаются стабильностью формы, обладают хорошими гигиеническими показателями (влаги быстро выходит изнутри на поверхность), ткань дольше не выцветает и не линяет. Ткани из модального волокна используются чаще всего для производства домашней, спортивной, летней одежды, нижнего белья и колготок.

Использование модального волокна линейной плотности 0,11; 0,13; 0,15 текс в смеси с хлопком или в чистом виде позволяет предприятиям выпускать тонкую пряжу линейной плотности 7,5–15,4 текс с высокими показателями по разрывной нагрузке, ровноте и чистоте. Вложение тонких химических волокон позволяет заменить дефицитный длинноволокнистый хлопок и при создании смесовых тканей улучшить внешний вид изделий, придать им высокую комфортность и значительно улучшить потребительские свойства.

К недостаткам модальных волокон следует отнести пониженные по сравнению с вискозой упругие свойства и более высокую стоимость.

Лиоцелл – искусственное волокно, производимое по технологии с растворением древесной целлюлозы в сильно полярном органическом растворителе донорного типа N–метилморфолин–N–оксиде (ММО–процесс). Этот растворитель практически полностью регенерируется и не образует никаких продуктов распада, что позволяет решить экологический аспект проблемы переработки целлюлозы в волокна, нити и пленки.

По решению BISFA (Международный комитет синтетических волокон) эти волокна получили общее название «лиоцелл» (Lyocell). Каждый производитель выпускает волокно лиоцелл под своим коммерческим названием: фирма Lenzing выпускает волокно Tencel, а фирма Akzo Nobe» (Германия) – Newcel.

Волокно Tencel[®] производится из целлюлозы эвкалиптовых деревьев, которые выращивают в специальных восстанавливаемых лесопитомниках, а в процессе выращивания применяются только органические удобрения. Метод прямого растворения целлюлозы позволяет сократить расход химикалий в несколько сотен раз по сравнению с вискозным процессом.

Структура волокна лиоцелл однородная, с четкой фибриллизацией, размер микрофибрилл составляет 0,08–0,1 мкм. Фибриллизация означает тенденцию индивидуальных волокон расщепляться вдоль поверхности волокна, благодаря набуханию и механическому напряжению (изгибанию) волокна во время мокрой отделки. Вследствие этого волокна и ткани на их основе могут существенно менять свой вид. Для определенного вида тканей фибрилляция позволяет получать различные поверхностные эффекты.

Пряжа из волокна лиоцелл применяются при производстве тканей для одежды высокой комфортности, в трикотажном производстве, производстве чулочно-носочных изделий, сорочек и платьев, мужского и женского белья, смесовых тканей. Изделия имеют шелковистую и слегка бархатистую поверхность и выглядят как плотный мокрый шелк. Ткани не пиллингуются, обладают низкой сминаемостью, хорошо окрашиваются, обладают высокой воздухопроницаемостью и имеют высокую стойкость окраски после многократных стирок. По гигроскопичности и влагоотдаче ткани превосходят хлопок (поглощает и выводит влагу на 50 % больше чем хлопок) или шелк, но уступает шерсти, вискозе и льну.

Недостатки лиоцелла: низкая стойкость к действию плесени, тенденция к усадке, пониженная износостойкость и формоустойчивость, а высокая цена волокна (в 2–2,5 раза дороже обычного вискозного волокна).

Bamboofil – целлюлозное волокно, полученное из регенерированной бамбуковой целлюлозы.

Производство бамбукового волокна в два раза дешевле, чем хлопка и в три раза дешевле, чем льна. Специфические свойства бамбукового волокна позволяют использовать его в производстве самых разнообразных тканей – от костюмных до бельевых, для домашнего текстиля и постельного белья.

По тонкости и белизне бамбуковое волокно напоминает вискозу. Волокно сохраняет высокую прочность в сухом и влажном состоянии. Бамбуковое волокно отличается пористой структурой, что обеспечивает его высокую гигроскопичность (выше, чем у хлопка), влага мгновенно поглощается тканью и испаряется, обеспечивая оптимальный уровень влажности.

Бамбуковое волокно обладает уникальными антибактериальными свойствами. Результаты тестов показывают, что более 70 % бактерий, помещенных на бамбуковое волокно, были уничтожены естественным образом. Воздухопрони-

цаемость тканей из бамбука выше, чем у хлопка. Благодаря этому одежда создает хороший микроклимат, регулирует температуру тела, что особенно важно в жаркую погоду. В процессе использования бамбуковая ткань не теряет свой первоначальный цвет до 500 стирок.

2.3.3 Ассортимент химических неорганических волокон

К химическим неоднородными волокнам относят стеклянные, керамические, углеродные и металлические волокна. Эти волокна, как правило, используются для изготовления текстильных материалов специального назначения в связи с присущим им специфическим комплексом свойств.

Металлические волокна используются чаще всего для придания изделиям антистатических и экранирующих свойств. В некоторых случаях металлические и металлизированные нити могут применяться для создания декоративных эффектов.

Примером металлических волокон является волокно Bekinox, выпускаемое компанией Bekaert (Бельгия). Волокно Bekinox состоит из нержавеющей стали и перерабатывается как в чистом виде, так и в смесях с хлопком, шерстью и другими текстильными волокнами. Также для создания экранирующих и антистатических материалов широко применяются медные волокна и нити.

Углеродные волокна образованы преимущественно атомами углерода (не менее 90 %). В Республике Беларусь ОАО «Светлогорск Химволокно» выпускает углеродные волокнистые материалы марки «Урал», которые имеют ряд особенностей, обусловленных в первую очередь свойствами исходного сырья – технической вискозной нити:

- повышенная эластичность;
- возможность регулирования электрического сопротивления в диапазоне от 10^{-3} до 10^7 Ом·см;
- высокая сорбционная способность активированного волокна.

Графитированные и активированные углеродные волокна по санитарно-гигиеническим и токсикологическим свойствам являются биосовместимым, то есть могут использоваться в медицине.

Углеродные волокна чаще всего используются в качестве армирующего компонента при производстве композиционных материалов. В то же время область их применения достаточно широка с учетом комплекса специфических свойств (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Области применения углеродных волокнистых материалов

Свойства углеродных волокнистых материалов	Применение материалов, обусловленных данными свойствами
Электропроводные свойства	Гибкие и жесткие электронагреватели, включая высокотемпературные для вакуумных печей. Теплые полы. Инфракрасные нагреватели. Физиотерапевтические электроды. Нагревательная лента. Нагревательная ткань Обогреваемая одежда и покрывала. Мощные термоэлектрические маты для прогрева бетона и труб. Трехмерные катоды из войлока (3D электроды) – осаждение золота. Электрохимическая защита трубопроводов: аноды
Термостойкость и низкая теплопроводность	Углеродные композиты для вакуумных печей. Углеродный войлок для термоизоляции высокотемпературных печей. Углеродные пористые плиты для термоизоляции печей. Абляционные композиты. Выращивание монокристаллов кремния. Производство изделий из карбида кремния. Тигли. Тепловые экраны. Ткань для поинта и фаершоу
Высокая сорбционная активность	Фильтры: доочистка питьевой воды; фильтрация водки; очистка пищевых кислот. Нефтеловушки. Регенерация гальванических растворов. Очистка воздуха. Защитная одежда от химических/отравляющих веществ. Респираторы, противогазы. Поглотители запаха. Заживляющие салфетки для гнойных ран и ожогов. Ионисторы (супер-конденсаторы)
Механические свойства (включая фрикционные и антифрикционные)	Подшипники скольжения и узлы трения. Фрикционные углеродные диски. Детали твердо- и жидкотопливных ракетных двигателей из УУКМ. Силовой бандаж для пресс-форм: формование изделий из карбида кремния и циркония. Угленаполненные полиамиды и фторопласты. Крепежные изделия из УУКМ для тепловых узлов
Биологическая инертность	Салфетки для обработки тяжелых ожогов и гнойных ран. Искусственные суставы и костные протезы из УУКМ. Энтеросорбенты
Химическая инертность	Футеровка трубопроводов и емкостей

Производство и ассортимент стеклонитей рассмотрим подробнее в следующем разделе.

2.3.4 Технология производства стеклянных волокон

Стеклянным называют химическое неорганическое волокно, изготовленное различными способами из расплавленного стекла. За счет особенностей технологии производства волокно приобретает комплекс характеристик, не свойственных стеклу, и позволяющих вырабатывать из подобных видов материалов ткани и нетканые текстильные полотна.

Стекловолокна имеют очень высокий предел прочности при растяжении, превышающий прочность других волокон. Их удельная прочность превышает аналогичную характеристику стальной проволоки. Стекловолокна не горят и не подвергаются горению. Высокая температура плавления позволяет использовать их при высоких температурах. Стекловолокна не воздействуют на большинство химикатов и не разрушаются под их влиянием. Устойчивы стекловолокна и к воздействию грибов, бактерий, насекомых. Стекловолокна не сорбируют влагу, следовательно, не набухают, не растягиваются и не разрушаются под ее воздействием, не гниют и сохраняют свои высокие прочностные свойства в среде с повышенной влажностью. Стекловолокна имеют низкий коэффициент линейного расширения и большой коэффициент теплопроводности. Эти свойства позволяют эксплуатировать их при повышенных температурах, особенно, если необходима быстрая диссипация температуры. Поскольку стекловолокна не проводят ток, они могут быть использованы как очень хорошие изоляторы. Это особенно выгодно там, где необходима высокая электрическая прочность и низкая диэлектрическая проницаемость.

Стеклонити производятся на ОАО «Полоцк–Стекловолокно». На предприятии реализован технологический процесс, включающий все технологические переходы – от получения, обработки, подготовки компонентов шихты до получения готовой продукции.

При производстве непрерывного стеклянного волокна в единый комплекс входят различные процессы и операции: подготовка и подача стеклянных шариков в стеклоплавильный сосуд, плавление и подготовка стекломассы к формированию, формирование стеклянных волокон, охлаждение волокон, нанесение на них замасливателя и соединение их в нить, раскладка и намотка нити на бобину. Стекловарение – это сложный комплекс сопряженных физических, химических и физико–химических процессов.

К физическим процессам относятся испарение влаги, нагревание шихты, плавление отдельных компонентов шихты, растворение компонентов шихты в уже образовавшейся жидкой фазе (расплаве), изменение кристаллической формы частиц шихты, улетучивание газообразных продуктов реакции.

Технологический процесс включает следующие химические реакции:

- дегидратация;
- удаление химически связанной воды (ангидризация компонента);
- разложение карбонатов, сульфатов и других входящих солей с образованием оксидов;

– взаимодействие в составе шихты различных компонентов и образование различных силикатов.

К физико-химическим процессам, протекающим при производстве стеклонитей, относят взаимодействие между жидкой стекломассой и газообразными компонентами печного пространства, между газами печи и газами, растворенными и диспергированными в стекломассе и т. д.

Для производства волокна и нитей, применяемых для изготовления конструкционных, а также радиотехнических материалов, обладающих большой тепло- и влагостойкостью, используется, так называемое бесщелочное стекло марки Е. Оно характеризуется высокой химической стойкостью к воде. Оно обладает хорошими диэлектрическими свойствами (удельное электрическое сопротивление 10^{12} Ом·м), достаточно высокой прочностью (до 3,3 ГПа), низким температурным коэффициентом линейного расширения. Материалы (нити, ткани, сетки) на основе Е-стекла – самые распространенные и применяются для изготовления диэлектриков, электроизоляционной обмотки, стеклопластиков, строительных и теплоизоляционных материалов, в качестве наполнителя полимеров.

Способы выработки стеклянного волокна классифицируют, исходя из двух основных принципов его формования:

- утонения струйки стекломассы и превращения ее в непрерывное волокно;
- разделения и расчленения струи расплавленного стекла при одновременном вытягивании коротких волокон.

Волокно из струйки стекломассы вытягивается механическим путем или с помощью воздуха или пара. Каждый из этих способов может быть одностадийным или двухстадийным.

При двухстадийном процессе стеклянное волокно вырабатывается из стеклоплавильных сосудов или печей, питаемых стеклянными шариками, штабиками или эркле-зом; при одностадийном процессе – из стекловаренных печей, питаемых шихтой.

С учетом назначения волокна и технологических требований к стекломассе (вязкость, кристаллизационные и т. д.) выбирается химический состав стеклошариков, служащих исходным сырьем для получения волокна. Состав стекла стеклошариков марки ШСБ-8,5 (шарики стеклянные бесщелочные) для производства стекловолокна марки Е приведен в таблице 2.3.

Для механического вытягивания волокна используют барабаны, съемные бобины, вытяжные валки, колеса или прядильные головки.

Таблица 2.3 – Состав стекла стеклошариков

Наименование компонентов	Массовая доля компонента, %
SiO_2	$53,0 \pm 1,0$
B_2O_3	$8,5 \pm 1,0$
Fe_2O_3	не более 0,4
Al_2O_3	$15,0 \pm 1,0$
CaO	$23,0 \pm 3$
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	не более 1,0
F_2	не более 0,5
Mn_3O_4	не более 0,01
TiO_2	не более 0,7

Технологический процесс производства нитей стеклянных комплексных из стеклянных шариков состоит из следующих стадий:

1. Входной контроль и подготовка сырья, материалов и полупродуктов (стеклянных шариков и замасливателя).

2. Выработка стеклянных комплексных нитей.

Лаборатория службы качества проводит контроль каждой партии шариков стеклянных марки ШСБ: визуально – по наличию сопроводительной документации, аналитически – по показателям, представленным в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Показатели стеклошариков, определяемых при входном контроле

Наименование показателей, обязательных для проверки	Технические показатели с допустимыми отклонениями
Внешний вид	Согласно ТУ
Диаметр шариков, мм	23_{-3}^{+1}
Массовая доля Fe_2O_3 на поверхности шариков на 1 м^2 , мг	Не более 15
Массовая доля B_2O_3 , %	$8,5 \pm 1,0$
Массовая доля R_2O , %	Не более 1,0

К стеклошарикам предъявляются следующие требования:

- однородность состава (шарики должны изготавливаться из хорошо проваренной и осветленной стекломассы);
- форма, близкая к сферической;
- чистая поверхность;
- минимальные равномерные внутренние напряжения (во избежание растрескивания стеклошариков в электропечи).

При плавлении стеклошариков плохого качества (из плохо проваренной и осветленной стекломассы) на зеркале стекломассы образуется пена, которая нарушает работу автоматического регулятора уровня стекломассы и приводит к резкому возрастанию обрывности в зоне формирования. Химическая неоднородность стеклошариков (камни, шлиры) также приводит к возрастанию обрывности в зоне формования. Неправильная форма стеклошариков, а также отклонения по размерам больше допустимых могут привести к заклиниванию рабочих деталей дозатора стеклошариков. Загрязнения на поверхности стеклошариков снижают срок службы стеклоплавильных сосудов.

Качество замасливателя также оказывает существенное влияние на протекание технологического процесса производства стеклонитей. Поверхность стекловолокна покрывается замасливателем для предупреждения взаимного трения волокон, склейки их в нить, а также для покрытия поверхности нити плёнкой, предохраняющей от разрушения во время переработки на текстильном оборудовании. В случае плохой склейки при размотке нити происходит отщепление и разрыв волокон, нить становится пушистой и теряет первона-

чальную прочность. Замасливатель также должен придавать нити достаточную эластичность. Необходимо, чтобы замасливатель препятствовал образованию и накоплению статического электричества, не вызывал коррозию текстильного оборудования и сохранял стабильность в течение технологического цикла.

Замасливатель представляет собой водоэмульсионную систему, в состав которой входит приблизительно 10 % различных веществ и ≈ 90 % воды. С увеличением концентрации замасливателя соответственно увеличивается его вязкость. Количество замасливателя на стеклянном волокне является одним из важных факторов, влияющих на обрывность нити при ее размотке, крутке и ткачестве. От количества замасливателя зависят толщина и свойства образующейся на нити защитной пленки.

Существует два типа замасливателей:

- текстильные замасливатели, предназначенные для смазки во время вытягивания волокна и его защиты при текстильных операциях: размотке, крутке и ткачестве. Текстильный замасливатель удаляют со стекловолокна перед пропиткой полимерными связующими;
- «прямые замасливатели», предназначенные для стекловолокна, которое используется для армирования термореактивных, термопластичных смол и эластомеров.

Стеклошарики, прошедшие входной контроль, транспортируются на участок выработки при помощи гидроподачи. В процессе гидроподачи происходит мойка и очистка стеклошариков от загрязнений, что достигается превышением скорости движения воды относительно скорости движения стеклошариков, при этом давление воды в трубопроводе должно соответствовать (0,4–0,6) МПа.

Технологический процесс выработки нитей стеклянных комплексных осуществляется на стеклопрядильных агрегатах СПА-6с, объединяющих в едином каркасе 6 прядильных ячеек. Каждая ячейка представляет собой самостоятельную установку и включает электропечь, устройство для замасливания волокон и склейки их в нить, силовое электрооборудование, механизм для вытягивания волокна и намотки нити на бобину (манжету).

Для выработки нитей стеклянных комплексных применяются аппараты стеклоплавильные с номинальным диаметром фильер 1,00; 1,10; 1,30; 1,40 мм.

Из отсеков бункера 1 (рисунок 2.10) стеклошарики по ленточному транспортеру и ковшовому элеватору 2 подаются в баки-накопители 3, установленные на складе стеклошариков в количестве пяти штук. Каждому баку-накопителю соответствует определенная линия подачи стеклошариков в бункера на стеклоплавильный агрегат (СПА).

Стеклошарики с водой по стальному трубопроводу 4 подаются под давлением в расходные бункера 5, расположенные на участке выработки. В основании расходного бункера размещена металлическая решетка, через которую стекает вода. Из расходного бункера стеклошарики подаются на ленточный транспортер 6, над которым установлен магнитный улавливатель для предотвращения попадания металлических предметов в стеклоплавильный аппарат. С

ленточного транспортера стеклошарики 8 поступают в лотки бункера 7 на СПА, и далее, через загрузочные ручки в стеклоплавильный аппарат.

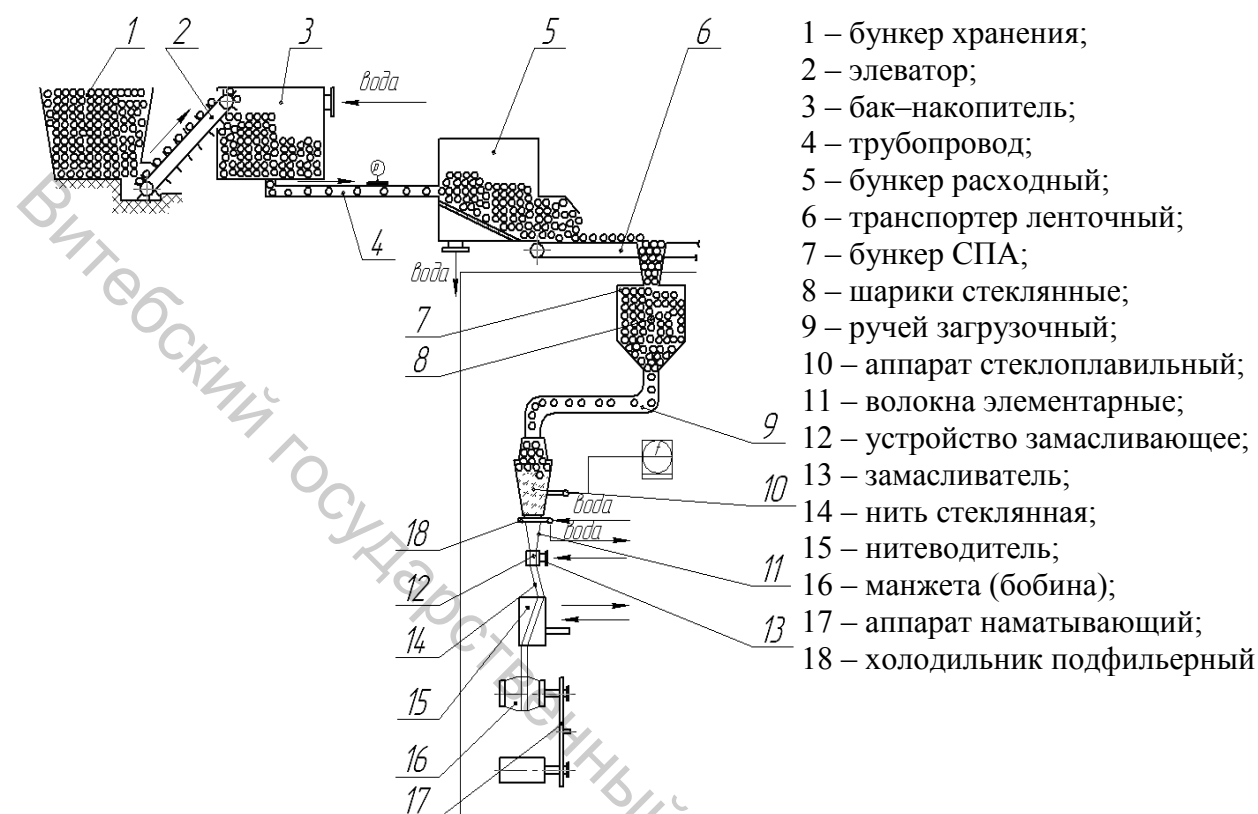


Рисунок 2.10 – Технологическая схема стеклопрядильного агрегата СПА-6с

Шарики 8 из бункера электропечи 7 по загрузочным ручьям 9 поступают в стеклоплавильный аппарат 10. В стеклоплавильном аппарате происходит плавление стеклошариков и образуется стекломасса, которая под действием гидростатического давления вытекает через отверстия фильер стеклоплавильного аппарата. Формование элементарных волокон происходит за счет отвердения стекломассы в подфильерной зоне и её механического вытягивания.

Температура стекломассы в стеклоплавильном аппарате поддерживается автоматически при помощи регуляторов температуры.

Для отвода тепла из подфильерной зоны применяется охлаждающее устройство – подфильерный холодильник 18.

Для выработки стеклонитей используют стеклоплавильный аппарат, имеющий номинально 200 фильер, с номинальным диаметром 1,30 мм. На стеклоплавильном аппарате производится контроль поддержания уровня стекломассы в необходимых пределах.

Намотка стеклонити осуществляется в одну или две пряди на манжету или бобину. При пуске установки оператор получения непрерывного стекловолокна вручную собирает все элементарные волокна 11 в одну прядь и укладывает ее в ролик нитесборника замасливающего устройства с одной канавкой 12. Для ассортиментов, вырабатываемых в две пряди, все элементарные волокна разделяются вручную на две пряди и укладываются в ролик нитесборника с

двумя канавками. На ролик нитесборника в качестве прокладочного материала предварительно укладывается байка и трикотажное волокно.

Замасливатель по системе труб подается к электропечам из расходной емкости, установленной на участке выработки. Избыток замасливателя собирается улавливателем, установленным непосредственно под нитесборником, и отводится в централизованную систему сбора замасливателя.

Формирование комплексной нити происходит в канавке ролика нитесборника. Нить 14 наматывается оператором вручную на край бобины (манжеты) 16 с последующим включением наматывающего аппарата. Намотка нити на (бобину) осуществляется при помощи щелевого нитеводителя 15. Величина щели нитеводителя не должна превышать 4 мм.

Равномерная раскладка нити по всей длине манжет производится с помощью нитераскладчика спирального типа. Намотка нити осуществляется с помощью наматывающего аппарата.

Для удобной дальнейшей переработки стеклонити в отделении размотки нить с манжет перематывается на катушки на размоточно-крутильных машинах с одновременным получением крутки.

ОАО «ПолоцкСтекловолокно» выпускает широкий ассортимент стеклонити линейной плотности от 3,4 до 300 текс (диаметром элементарной нити – от 4 до 13 мкм), которые применяются при производстве тканей, лент и сеток различного назначения (электроизоляционного, строительного, конструкционного); в качестве электроизоляционной обмотки проводов и кабелей, стартеров и трансформаторов; армирующего наполнителя конструкционных материалов, стеклохолстов; в виде шнурков и чулков.

Также выпускается стеклоровинг, который представляет собой некрученную пряжу, состоящую из нескольких комплексных нитей или одной комплексной нити (директ-ровинг). Ровинги применяются для производства ровинговых стеклотканей, стеклосеток, стеклопластиковых изделий, в качестве наполнителя полиамидов и прессматериалов, производства теплоизоляционных матов в качестве прошивного материала. Характеристика выпускаемых стеклоровингов представлена в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Характеристика выпускаемых стеклоровингов

Вид ровинга	Линейная плотность, текс	Диаметр элементарной нити, мкм
Директ-ровинг	200 – 2400	11 – 23
Ассамблированный ровинг	1600 – 4800	13 – 23
Текстурированный ровинг	300 – 4000	9 – 14

Для производства нетканых конструкционных матов различного назначения, стеклобумаги, стеклохолстов, прессматериалов, а также наполнения полимерных материалов, гипса, фрикционных изделий выпускается рубленое стекловолокно различного диаметра (6, 7, 9, 10, 11, 13 мкм) и длины (3.0, 4.5, 6.0, 12.0, 13.5, 15.05, 18.0 мм).

Тема 3. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ВОЛОКОН НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРЯЖИ

Для того чтобы выработать продукцию с определенным комплексом потребительских свойств, в первую очередь, необходимо правильно подобрать компоненты исходного сырья. При составлении волокнистых смесей решается компромиссная задача достижения заданных показателей пряжи при ее минимальной себестоимости. В связи с этим необходимо знать характер и степень влияния различных свойств волокон на основные свойства пряжи, по которым ее оценивает потребитель.

Важнейшими свойствами волокна являются длина, линейная плотность, разрывная нагрузка и разрывное удлинение, неравномерность по указанным свойствам, а также гигроскопичность, электризуемость, зрелость (в случае хлопкового волокна), количество пороков волокон и сорных примесей в нем.

Взаимосвязь свойств волокон, пряжи и текстильных полотен представлена в таблице 3.1 (по данным фирмы Uster Technologies).

Таблица 3.1 – Взаимосвязь свойств волокон, пряжи и текстильных полотен

		Свойства волокна							
		Линейная плотность	Зрелость	Длина	Содержание коротких волокон	Прочность, удлинение	Цвет	Содержание сорных примесей	Содержание пороков волокна
Протекание технологического процесса	Эффективность очистки								
	Количество отходов								
	Обрывность								
Свойства пряжи	Неровнота по линейной плотности								
	Количество пороков								
	Ворсистость								
	Прочность								
	Удлинение								
Свойства текстильных полотен	Внешний вид								
	Окрашиваемость								
	Прочность								
	Удлинение								

Степень влияния каждого из свойств волокон на конкретное свойство пряжи различна. На рисунках 3.1 и 3.2 представлены диаграммы распределения степени влияния свойств хлопкового волокна на свойства пряжи линейной плотности 23 текс, полученной кольцевым и пневмомеханическим способами прядения.

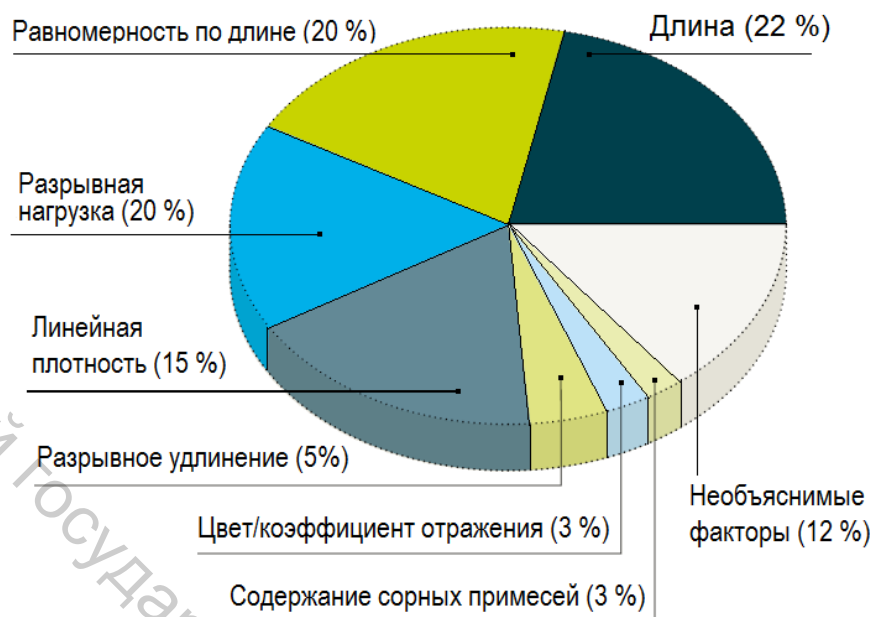


Рисунок 3.1 – Степень влияния свойств хлопкового волокна на свойства пряжи, полученной кольцевым способом

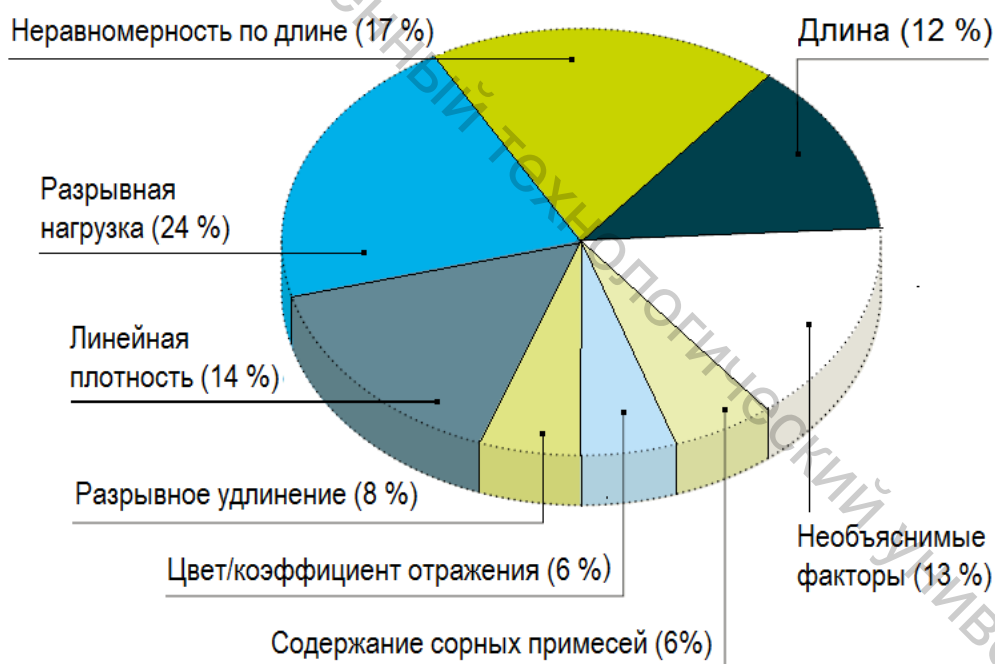


Рисунок 3.2 – Степень влияния свойств хлопкового волокна на свойства пряжи, полученной пневмомеханическим способом

В данной лекции рассмотрены основные причины влияния свойств волокон на свойства пряжи.

1. Длина волокна

Чем длиннее волокно, тем более тонкую пряжу можно выработать из нее, тем меньшее число кручений необходимо сообщить продукту для обеспечения требуемой прочности. Пряжа, полученная из более длинного волокна, отличается большей прочностью при той же линейной плотности.

Основные характеристики длины волокна по отечественным стандартам: средняя, модальная, штапельная массодлина и коэффициент вариации по длине волокна.

За рубежом широкое распространение получил показатель «Верхняя средняя длина» – Upper Half Mean Length (UHML) – средняя длина наиболее длинных волокон, составляющих по массе половину испытываемой пробы, выраженная в дюймах или мм.

Среднюю и верхнюю среднюю длину можно определить по фиброграмме, которая получается при сканировании приготовленного на специальном приборе (фибросемплере) образца – бородки (рисунок 3.3 а). По оси абсцисс откладывается процент, соответствующий доле ширины образца ($a+b+c+d$), которую занимают волокна бородки на определенной длине L от линии зажима (рисунок 3.3 б).

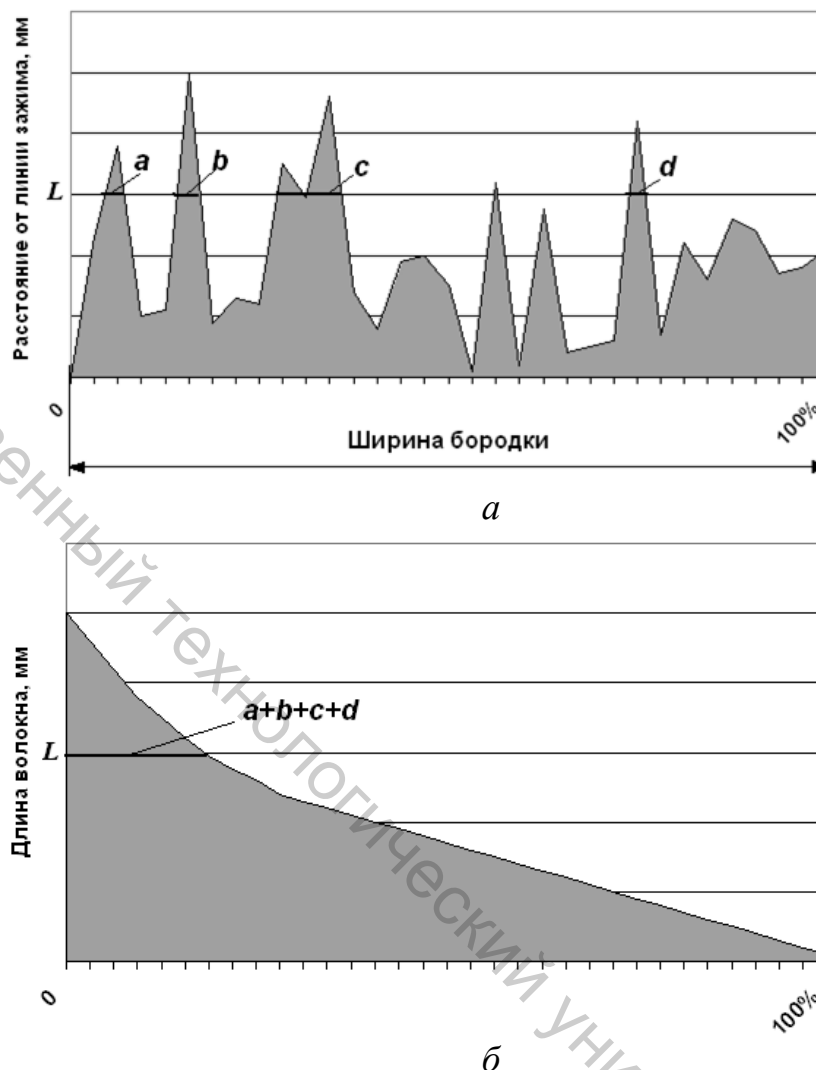


Рисунок 3.3 – Принцип построения фиброграммы:
а – результаты сканирования бородки;
б – фиброграмма

Как показано на рисунке 3.4, средняя длина ML определяется по пересечению касательной к фиброграмме, проведенной через точку с координатами (100 %, 0), а верхняя средняя длина $UHML$ – по пересечению с касательной, проведенной через точку с координатами (50 %, 0).

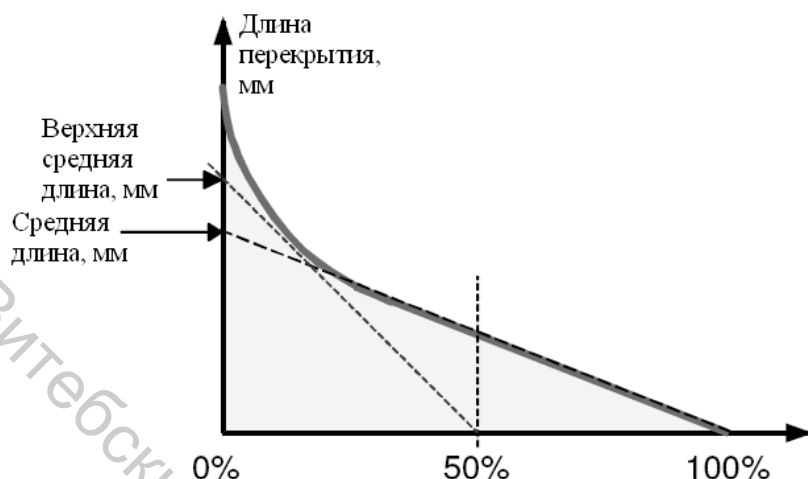


Рисунок 3.4 – Определение средней и верхней средней длины волокна

Неровнота волокон по длине оценивается в системе NVI индексом равномерности (Uniformity Index), который рассчитывается по формуле

$$UI = \frac{ML}{UHML} 100\%. (3.1)$$

Равномерность хлопковых волокон по длине оценивается как средняя при выполнении условия:

$$81 \leq UI \leq 84 \ %.$$

Чем выше индекс равномерности или чем ниже коэффициент вариации волокон по длине, тем ниже неровнота пряжи по свойствам и тем выше прочность пряжи.

При увеличении длины хлопкового волокна на 1 мм разрывная нагрузка пряжи возрастает на 3–4 %. Это связано, в первую очередь, с уменьшением количества проскальзывающих волокон в сечении пряжи в месте ее разрыва.

Для определения количества проскальзывающих волокон расположим все волокна, попадающие в разрываемое сечение пряжи, в порядке, представленном на рисунке 3.5.

Место разрыва разделяет каждое волокна на две неравные части. В зависимости от длины меньшей из этих частей волокно может или разорваться, или проскользнуть в месте разрыва между другими волокнами. Если участок волокна, находящийся слева или справа от разрываемого сечения, меньше некоторой длины скольжения $l_{СК}$, то волокно относится к группе проскальзывающих волокон. Длина скольжения $l_{СК}$ – это длина участка волокна, на которую действует сила трения, равная прочности волокна.

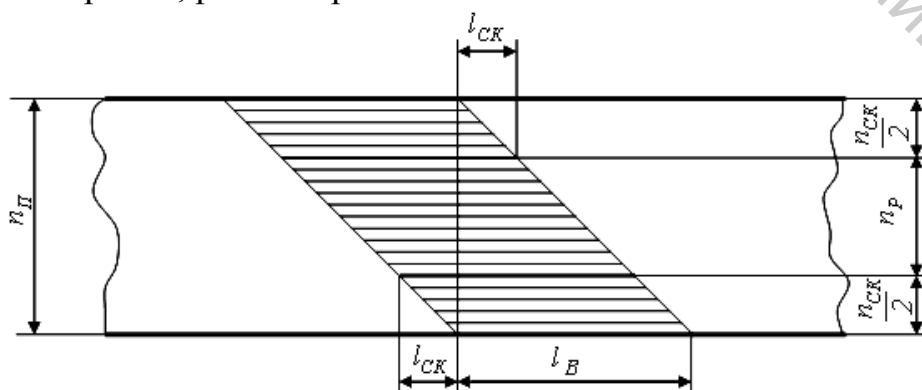


Рисунок 3.5 – Расчетная схема для определения количества проскальзывающих и разрывающихся волокон

Количество $n_{СК}$ проскальзывающих волокон определяется как

$$n_{СК} = n_{П} \cdot \frac{2l_{СК}}{l_B}, \quad (3.2)$$

где $n_{П}$ – количество волокон в разрываемом сечении пряжи; l_B – длина волокна.

Тогда количество n_P разрывающих волокон определяется по формуле

$$n_P = n_{П} - n_{СК} = n_{П} \cdot \left(1 - \frac{2l_{СК}}{l_B} \right) \quad (3.3)$$

Из формулы (3.3) видно, что с увеличением длины волокна количество разрывающихся волокон увеличивается. Кроме того, в случае переработки более длинных волокон можно увеличить длину скольжения $l_{СК}$, сохранив постоянным количество разрывающихся волокон. Увеличение длины $l_{СК}$ происходит при уменьшении крутки пряжи. Таким образом, чем больше и равномернее длина волокон смеси, тем меньшее число кручений сообщают продукту (ровнице, пряже) для получения требуемой его прочности, что повышает производительность оборудования и труда, улучшает равновесность пряжи и другие ее свойства.

2. Плотность и линейная плотность волокон

Диаметр волокна d (мкм) связан с плотностью волокон γ следующими соотношениями (без учета полостей):

$$d = 35,7 \sqrt{T_B / \gamma}, \quad (3.4)$$

где T_B – линейная плотность волокна, текс.

Аналогичное выражение может быть записано и для диаметра пряжи.

В среднем поперечное сечение волокон длинноволокнистого хлопка равно 10–15 мкм, средневолокнистого хлопка – 15–19 мкм и химических штапельных волокон, используемых в хлопкопрядении, – 17–20 мкм; для хлопка оно зависит от сорта.

Таким образом, чем меньше плотность волокон, тем при одной и той же линейной плотности больше их диаметр и может быть больше объемность изделий одинаковой массы. Следовательно, изделия, изготовленные из волокон с меньшей плотностью, имеют меньшую массу. При переработке смесей волокон необходимо подбирать линейную плотность волокон разных видов, а также линейные плотности и число складываемых лент из волокон компонентов с учетом плотности волокон компонентов для получения требуемого долевого содержания компонентов в смеси и обеспечения нормальных условий протекания технологических процессов (кардочесания, вытягивания).

Для волокон, содержащих полости, например, волокон хлопка, также вводится показатель средней плотности δ , то есть массы единицы объема волокна, измеренного по его внешнему контуру. В таблице 3.2 приведены данные о плотности текстильных волокон, которые наиболее часто перерабатываются в прядильном производстве.

Таблица 3.2 – Плотность текстильных волокон

Вид волокна	Плотность γ , г/см ³	Средняя плотность δ , г/см ³
Хлопковое	1,52	0,9–1,3
Шерстяное	1,3	1–1,3
Льняное	1,52	1,3–1,4
Вискозное	1,52	
Полиэфирное	1,38	
Полиамидное	1,14	
Полиакрилонитрильное	1,17	
Полипропиленовое	0,9	

Линейная плотность волокон наряду с их длиной существенно влияет на свойства пряжи. Среднее число волокон в поперечном сечении пряжи

$$\bar{n} = \bar{T}_{пр} / \bar{T}_в, \quad (3.5)$$

где $\bar{T}_{пр}$ и $\bar{T}_в$ – средняя линейная плотность пряжи и волокна, текс.

Чем тоньше волокна, тем больше площадь соприкосновения большего числа волокон и больше возникающие при растяжении пряжи силы трения между волокнами и разрывная нагрузка пряжи. Из более тонких волокон можно получать более тонкую пряжу достаточной прочности, потому что для получения пряжи нормального качества требуется определенное минимально допустимое число волокон в поперечном ее сечении. Поэтому линейная плотность волокон играет решающую роль при определении минимальной линейной плотности пряжи, вырабатываемой из этого волокна.

Установлено, что для получения пряжи кольцевым способом прядения с удовлетворительной прочностью и ровнотой среднее количество волокон в поперечном сечении должно быть не меньше определенного значения представленного в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Минимально допустимое значение среднего количества волокон в сечении пряжи

Состав пряжи	Система прядения	Способ прядения	По данным советских ученых	По данным зарубежных ученых
Хлопок	Гребенная	Кольцевой	36	33
Хлопок	Кардная	Кольцевой	64	75
Хлопок, химические волокна	Кардная	Пнеumo–механический	100	100
Химические волокна	Кардная	Кольцевой	56	50
Смеси	Кардная	Кольцевой	75	

С учетом минимально допустимого значения количества волокон в сечении пряжи n_{min} и средневзвешенной линейной плотности волокон T_v компо-

нентов смеси определяют минимально возможную линейную плотность T_{min} вырабатываемой из нее пряжи.

$$T_{min} = T_B \cdot n_{min}. \quad (3.6)$$

При большем числе волокон в поперечном сечении пряжи имеет место большая вероятность получения более равномерной пряжи одной и той же линейной плотности.

Можно показать, что распределение сечений такого гипотетического продукта по числу волокон в этих сечениях является распределением Пуассона и квадратическая неровнота продукта (модель Пуассона) по площади его поперечных сечений равна

$$C_r = \frac{100}{\sqrt{n}}, \quad (3.7)$$

где $\bar{n}$ – среднее число волокон в поперечном сечении продукта, определяемое формулой (1.10).

В таком виде формула была получена Мартиндейлом при допущении, что линейная плотность волокон не зависит от их длины, а все волокна имеют одинаковую линейную плотность.

С учетом неровноты волокон по линейной плотности формула (3.7) принимает следующий вид

$$C_r = \frac{100 K}{\sqrt{n}}. \quad (3.8)$$

Для хлопка коэффициент $K = 1,06$, для шерсти – $K = 1,12$, для льна – $K = 1,3$ и для химических штапельных волокон – $K = 1,02$.

Из приведенных формул следует, что при использовании волокон с меньшей линейной плотностью и более равномерных по линейной плотности можно получать более равномерную пряжу.

В настоящее время нет данных о влиянии длины волокна на неровноту их по линейной плотности. Чем выше сорт хлопкового волокна, то есть чем больше степень зрелости волокон, тем меньше их неровнота по линейной плотности, следовательно, тем равномернее может быть пряжа, выработанная из них.

Линейная плотность хлопкового волокна колеблется не только между отдельными селекциями и сортами одной селекции, но в пределах одного сорта. Эти колебания тем больше, чем ниже сорт волокна, т. е. чем меньше его зрелость. Неровнота хлопкового волокна по линейной плотности составляет от 30 до 60 %, в то время как неровнота их по длине – от 20 до 29 %. Химические волокна очень ровные по линейной плотности, однако в некоторых партиях их неровнота по линейной плотности может достигать 14–40 %.

3. Разрывная нагрузка и разрывное удлинение волокон

Разрывная нагрузка пряжи в 1,5–3 раза меньше суммарной разрывной нагрузки волокон, находящихся в поперечном ее сечении. Отношение значений относительной разрывной нагрузки пряжи R и волокна R_B называют коэффициентом использования прочности волокон в пряже

$$K_{II} = \frac{R}{R_B}. \quad (3.10)$$

Коэффициент K_{II} для хлопчатобумажной пряжи находится в пределах 0,45–0,7. Среднее значение коэффициента использования прочности волокон в пряже составляет:

- для кольцевого способа прядения – 0,65 (для компактной пряжи – 0,8);
- для пневмомеханического и аэродинамического способов прядения – 0,5.

Для пряжи, полученной из смеси неоднородных волокон коэффициент K_{II} может снижаться до 0,35.

Можно выделить следующие причины снижения прочности пряжи по сравнению с прочностью волокна:

1. Неодновременность разрыва волокон, попадающих в слабое сечение пряжи. Волокна в пряже, имея разные разрывные удлинения, при растяжении разрываются неодновременно: вначале разрываются волокна с меньшим разрывным удлинением, после этого нагрузка воспринимается волокнами, обладающими большим удлинением. Таким образом, прочность волокон используется не полностью. Наиболее существенно влияние данного фактора проявляется в случае пряжи из неоднородных волокон.

2. Неровнота пряжи по линейной плотности. Количество волокон в сечении пряжи не является постоянной величиной. В местах утонений количество волокон значительно меньше среднего значения. Однако наиболее слабым местом пряжи может быть не только утоненный, но и утолщенный участок. Крутка перераспределяется на участки различной толщины не одинаково, в результате чего утоненные места оказываются перекрученными, а утолщенные – недокрученными. Тонкий участок может оказаться наиболее слабым из-за меньшего количества разрывающихся волокон в его сечении, а толстый – из-за недостаточной интенсивности кручения.

3. Наличие проскальзывающих волокон в месте разрыва, как было показано ранее.

4. Ворсистость пряжи. Кончики волокон, отдельные петельки, выступающие на поверхности пряжи, образуют ворс, или ворсистость пряжи. Практически каждое волокно может создавать ворсинку от входящего или выходящего кончика или петельки при заработанных в тело пряжи концах. Ворсистость пряжи оказывает существенное влияние на физико-механические свойства пряжи. Это связано с тем, что выступающие концы волокон не участвуют в разрыве. Ворсистость в различной степени зависит от способа прядения, степе-

ни распрямленности и параллелизации волокон, крутки, линейной плотности пряжи, вида и свойств волокон, скорости выпуска пряжи, количества ленточных переходов, массы бегунка и других факторов.

5. Наклон волокон к оси пряжи. Известно, что в кручение является одним из основных способов упрочнения волокнистых продуктов. Однако при кручении на прочность пряжи оказывают влияние два явления:

- упрочнение за счет повышения сил трения между волокнами;
- снижение прочности из-за увеличения угла наклона волокон к оси пряжи.

При растяжении пряжи нагрузка прикладывается вдоль ее оси. Однако для каждого из волокон, составляющих пряжу, натяжение направлено вдоль оси волокна. Следовательно, на прочность пряжи оказывает влияние не разрывная нагрузка P_B волокна, а ее проекция на ось пряжи, рассчитываемая как $P'_B = P_B \cos \beta$ (рисунок 3.6 а). С увеличением угла кручения уменьшается $\cos \beta$, следовательно, уменьшается разрывная нагрузка пряжи.

При малых крутках на прочность пряжи более существенное действие оказывает эффект уплотнения, то есть с увеличением крутки разрывная нагрузка пряжи повышается. После определенного значения K_{KP} (критическая крутка) дальнейшее увеличение крутки приводит к снижению прочности пряжи (рисунок 3.6 б). Обычно пряже сообщают крутку, которая ниже критической.

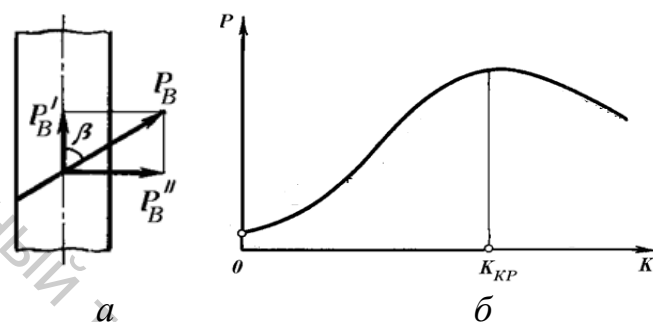


Рисунок 3.6 – Влияние крутки пряжи на ее прочность

Для пряжи, полученной из волокон одного происхождения можно утверждать, что ее абсолютная разрывная нагрузка тем больше, чем больше разрывная нагрузка и число разрывающихся волокон и чем больше силы трения волокон, скользящих при разрыве пряжи. Аналогичный вывод можно сделать и о влиянии эластичности волокон на эластичность пряжи.

Для неоднородной пряжи, полученной из волокон с разным разрывным удлинением, данные утверждения не являются верными. Рассмотрим процесс растяжения двухкомпонентного пучка волокон с использованием кривых растяжения компонентов, построенных в координатах «относительное разрывное удлинение ε – абсолютное значение приложенной нагрузки P ». Для упрощения анализа кривые растяжения представим в виде прямых. На рисунке 3.6 P_1 и P_2 – абсолютная суммарная разрывная нагрузка волокон, соответственно, менее и более растяжимого компонентов в сечении растягиваемого пучка. В процессе растяжения пучка, когда удлинение волокон компонентов достигает удлинения ε_1 , происходит разрыв волокон менее растяжимого компонента.

В этот момент к ним приложена суммарная нагрузка P_1 , а к волокнам более растяжимого компонента – $P_2 \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$, то есть к пучку приложена нагрузка, равная

$$P_{P1} = P_1 + P_2 \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}. \quad (3.11)$$

Эта нагрузка перераспределяется на волокна более растяжимого компонента. Если $P_{P1} < P_2$, то растяжение продолжается до удлинения волокон ε_2 .

В этом случае разрывная нагрузка пряжи оказывается равной суммарной прочности волокон более растяжимого компонента P_2 , волокна менее растяжимого компонента не участвуют в разрыве пучка. При $P_{P1} > P_2$ волокна более растяжимого компонента не выдерживают приложенной нагрузки. В этом случае прочность пряжи становится равной P_{P1} , то есть прочность волокон более растяжимого компонента используется не полностью. При малом содержании химических волокон в пряже ее прочность снижается по сравнению с прочностью хлопчатобумажной пряжи $P_{ПР1}$ (рисунок 3.8). Уменьшение разрывной нагрузки продолжается до процентного содержания компонента β_{2min} , после чего начинается существенный рост прочности пряжи. Данная закономерность подтверждается данными фирмы Uster Technologies AG (рисунок 3.9).

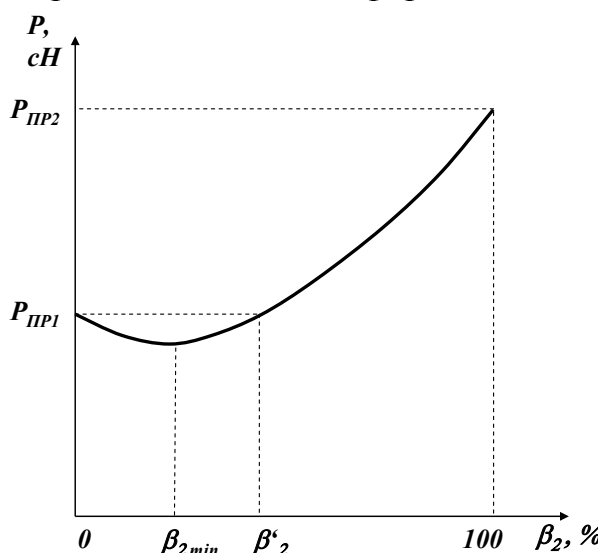


Рисунок 3.8 – Зависимость прочности двухкомпонентной пряжи от процентного содержания волокон более растяжимого компонента

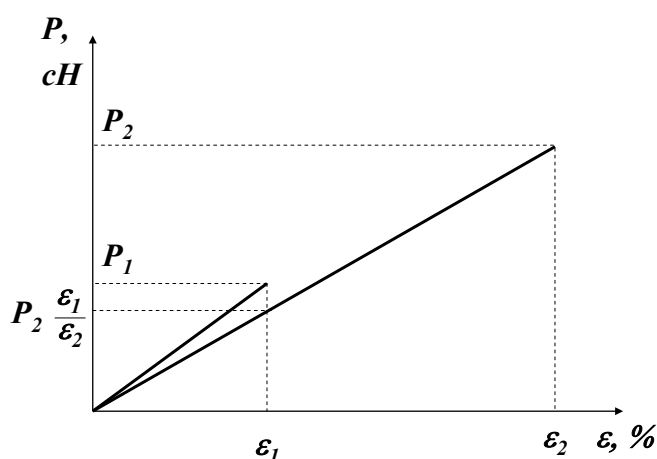
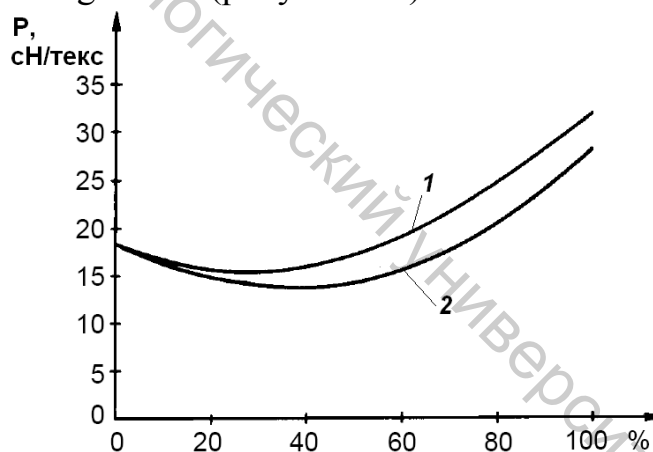


Рисунок 3.7 – Расчетная схема для определения прочности двухкомпонентного пучка волокон



1 – с вложением упрочненных ПЭ волокон;

2 – ПЭ волокон обычной прочности

В диапазоне от 0 до β'_2 вложение химических волокон в смесь направлено не на повышение прочности пряжи, а на улучшение потребительских свойств текстильных материалов, а также, в некоторых случаях, на повышение прядильной способности смеси или снижению стоимости пряжи.

Также чем прочнее волокна и меньше неровнота их по разрывной нагрузке, тем лучше протекают технологические процессы и меньше волокна повреждаются.

4. Зрелость хлопка

По мере созревания хлопкового волокна его свойства изменяются: повышается толщина, увеличивается прочность, повышается упругость, улучшается окрашиваемость, повышается жесткость и линейная плотность.

5. Трение волокон

Для текстильных волокон правильнее говорить не о трении волокон, а об их тангенциальном сопротивлении, так как сопротивление относительно перемещению волокон определяется совместным действием сил трения и сил сцепления.

Сцепляемостью или **цепкостью** называется сопротивление, возникающее при относительном перемещении двух соприкасающихся тел при нулевом нормальном давлении. Сила сцепления зависит от извитости, линейной плотности, характера шероховатости поверхности, формы поперечного сечения, степени параллелизации, уплотненности и длины волокон.

Крашенные волокна имеют меньший коэффициент трения, чем суровые. Различия величины коэффициента трения отражаются на величине силы сопротивления волокон разъединению в процессах разрыхления, чесания, на силе вытягивания продукта в вытяжном приборе, а также на механических свойствах и структуре пряжи и текстильных изделий и технологии их изготовления.

6. Гигроскопичность волокон

Гигроскопические свойства волокон, то есть способность их поглощать и отдавать водяные пары и воду, оказывают существенное влияние на эффективность технологических процессов и потребительские свойства изделий из этих волокон. Хлопок, поступающий в переработку из кип, имеет влажность от 8,5 % до 12 %. Влажность штапельных искусственных волокон 10–12,5%, а синтетических – 0,2–2,5%.

Натуральные и целлюлозные волокна хорошо поглощают влагу, сильно реагируя на изменение влажности воздуха в цехе. При поглощении влаги они набухают и увеличивается площадь их поперечного сечения на 22–65 %. Это способствует лучшему окрашиванию волокон. Искусственные волокна значительно теряют прочность в мокром состоянии.

С повышением влажности увеличиваются цепкость и коэффициент трения между волокнами, разрывная нагрузка хлопка и удлинение при одинаковой

нагрузке. Характер и степень влияния относительной влажности воздуха на прочность пряжи зависят от гигроскопичности волокон (рисунок 3.10).

Гигроскопичность волокон оказывает также существенное влияние на протекание технологического процесса. При вытягивании продукта из более влажного волокна эффект распрямления увеличивается, а эффективность разрыхления и очистки волокон уменьшаются. С увеличением влажности ровницы улучшается качество пряжи и уменьшается обрывность на прядильных машинах.

С увеличением влажности волокна повышается его электропроводность, благодаря чему в процессе обработки на волокно меньше электризуется, поэтому сокращается число намотов волокнистого продукта на детали оборудования.

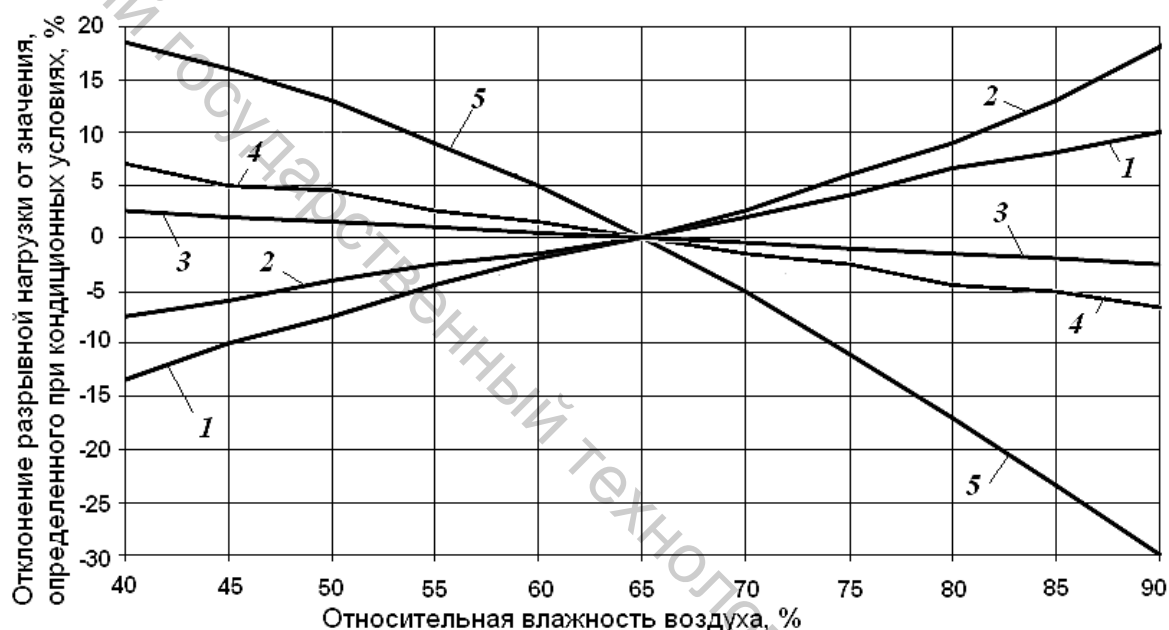


Рисунок 3.10 – Влияние относительной влажности воздуха на прочность пряжи: 1 – хлопок; 2 – лен; 3 – полиэфирное волокно; 4 – полиамидное волокно; 5 – вискоза

Гидрофобные волокна не поглощают воду, а удерживают значительное количество частиц воды на поверхности волокна, и изделия из этих волокон при носке могут вызывать неприятные ощущения. Поэтому одежные ткани из синтетических волокон малогигиеничны. В то же время изделия, выработанные из смесей натуральных и химических волокон, значительно лучше поглощают воду, чем изделия из синтетических волокон.

Различие во влажности волокон компонентов может привести при совместной переработке к их рассортировке вследствие разной цепкости волокон, а также снизить равномерность пряжи по свойствам и засоренности.

7 Электризуемость волокон

Электризуемость характеризует способность материалов к генерации и накоплению зарядов статического электричества. Механическая обработка волокон сопровождается многократным трением волокон друг о друга и о по-

верхность деталей технологического оборудования. Это является одной из причин возникновения на волокнах электростатических зарядов. Знак и величина заряда зависят от структуры волокна, его отделки и условий переработки. Наибольшая электризация волокон наблюдается при чесании и переработке на высокоскоростных ленточных машинах.

Для борьбы с зарядами статического электричества, возникающими на волокнах, нитях и тканях в процессах их переработки, применяют ряд мер: заземление технологического оборудования, повышение относительной влажности воздуха в цехах, использование материалов деталей машин; разноименно электризирующих волокна, а также ионизаторов воздуха в цехах.

8. Влияние комплекса свойств химических волокон на свойства текстильных материалов

С учетом комплекса специфических свойств, присущих химическим волокнам разных видов необходимо не только иметь представление не только о влиянии каждого из свойств волокна на характеристики пряжи и готовых изделий, но и рассматривать эти свойства в совокупности.

В таблице 3.4 представлена обобщенная информация о влиянии свойств химических волокон на потребительские свойства текстильных материалов, вырабатываемых с их вложением. Представленные данные могут быть приняты во внимание при составлении состава волокнистых смесей, а также при выборе сырьевого состава нитей при разработке ассортимента тканей и трикотажных полотен с учетом их назначения.

Таблица 3.4 – Влияние свойств химических волокон на потребительские свойства текстильных материалов

Свойство	ПЭ	Вискоза	ВВМ	ПАН
Прочность в сухом состоянии				
Прочность в мокром состоянии				
Удлинение				
Формоустойчивость				
Несминаемость				
Пиллингуемость				
Стойкость к истиранию				
Термостойкость				
Гигроскопичность				
Устойчивость к стиркам				
Окрашиваемость				
Устойчивость к светопогоде				
Устойчивость к гниению				

Принятые обозначения:

Повышается	Не влияет существенно	Снижается
------------	-----------------------	-----------

Тема 4. ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ СОРТИРОВОК ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА

Лекция 4.1. Оценка качества хлопкового волокна

Порядок составления волокнистых смесей строится на основе анализа качественных характеристик и стоимости волокон отдельных компонентов. В разных странах, производящих и перерабатывающих хлопковое волокно используются разные подходы к оценке его качества, что связано с различной оснащённостью испытательных лабораторий предприятий. Рассмотрим несколько классификаций хлопкового волокна, заложенных в государственных и межгосударственных стандартах

4.1.1 Советская классификация хлопкового волокна

Необходимость рассмотрения стандарта на хлопковое волокно, действовавшего в Советском Союзе, связана с тем, что в имеющейся справочной литературе и других многочисленных источниках приведены технологические рекомендации, основанные на ГОСТ 3279–76.

Согласно данному стандарту хлопковое волокно в зависимости от разрывной нагрузки и степени зрелости делится на семь промышленных сортов (таблица 4.1): отборный, I, II, III, IV, V, VI.

Для каждого сорта устанавливаются нормы содержания пороков и сорных примесей (расчетная и предельно допустимая), а также нормы влажности, что учитывается при расчете потребителя с поставщиком.

Хлопковое волокно 0 – IV сортов подразделяется на семь типов (таблица 4.2).

Тип волокон 0 – II сортов устанавливаются в зависимости от штапельной массодлины и относительной разрывной нагрузки, III и IV сортов – в зависимости от штапельной массодлины волокна.

Таблица 4.1 – Разделение хлопкового волокна на сорта

Промышленный сорт	Разрывная нагрузка, сН, не менее	Коэффициент зрелости, не менее
О (отборный)	4,9	2,1
I	4,4	2,0
II	3,9	1,8
III	3,4	1,6
IV	3,0	1,4
V	2,5	1,2
VI	Менее 2,5	Менее 1,2

Таблица 4.2 – Разделение хлопкового волокна на типы

Показатель	Тип хлопкового волокна						
	1	2	3	4	5	6	7
Относительная разрывная нагрузка волокна, сН/текс, не менее							
О, I сортов	33,3	31,4	29,4	25,5	24	23,5	23
II сорта	32,3	30,4	28,4	25	23,5	23	22,5
Штапельная массодлина, мм							
О, I, II сортов	38/39	37/38					
III сорта	36/37	36/37	35/36	33/34	31/32	30/31	29/30
IV сорта	35/36	35/36					

Примечание: при обозначении 31/32 штапельная длина находится в пределах 31,2–32,1 мм.

4.1.2 Современная отечественная классификация

В настоящее время в Республике Беларусь действует межгосударственный стандарт ГОСТ 3279–95, в соответствии с которым хлопковое волокно подразделяют на 9 типов в зависимости от физико-механических показателей: штапельной массодлины и линейной плотности (таблица 4.3): 1а, 1б, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Тип хлопкового волокна определяют по наихудшему показателю.

Хлопковое волокно 1 а, 1 б, 1, 2 и 3 типов относят к длиноволокнистым сортам хлопчатника, а 4, 5, 6 и 7 типов – к средневолокнистым сортам хлопчатника. Хлопковое волокно каждого типа в зависимости от цвета и коэффициента зрелости подразделяют на пять сортов (таблица 4.4): I, II, III, IV и V. Также определение сорта волокна осуществляется с учетом удельной разрывной нагрузки. Хлопковое волокно I и II сортов по удельной разрывной нагрузке должно соответствовать определенным требованиям (таблица 4.3).

Хлопковое волокно по содержанию пороков и сорных примесей подразделяют на классы (таблица 4.5): Высший, Хороший, Средний, Обычный и Сорный. Нормы содержания пороков устанавливаются в зависимости от сорта волокна.

Промышленный сорт, тип и класс волокна оказывают влияние на формирование его цены. Договорные цены на узбекское хлопковое волокно определяются в следующем порядке. Первоначально определяется (в долларах США) среднее значение котировок индекса «А» и его узбекского компонента, публикуемых в «Коттон Оутлук», на день, предшествующий дате поставки волокна на терминал или дате осуществления предоплаты, для 1 тонны хлопкового волокна I сорта, класса «Средний», 5 типа, 35 кода (базисная цена). Исходя из этой цены, определяются цены других типов, сортов и классов хлопкового волокна с применением коэффициентов согласно таблицам 4.6 и 4.7.

Таблица 4.3 – Разделение хлопкового волокна на типы

Наименование показателя	Нормы по типам хлопкового волокна								
	1а	1б	1	2	3	4	5	6	7
Штапельная массодлина, мм, не менее	40,2	39,2	38,2	37,2	35,2	33,2	31,2	30,2	29,2
Линейная плотность, мтекс, не более	125	135	144	150	165	180	190	200	более 200
Удельная разрывная нагрузка, сН/текс									
I сорт, базисная:	35,3–	34,3–	33,3–	31,4–	29,4–	25,5–	24,0–	23,5–	23,0–
	36,3	35,3	34,3	32,4	30,4	26,5	25,0	24,5	24,0
II сорт, не менее:	34,3	33,3	32,4	30,4	28,4	25,0	23,5	23,0	22,5

Таблица 4.4 – Разделение хлопкового волокна на сорта

Промышленный сорт	Коэффициент зрелости по типам волокна, не менее		Цвет и внешний вид по типам волокна	
	1 а, 1 б, 1, 2, 3	4–7	1 а, 1 б, 1, 2, 3	4–7
I	2,0	1,8	Белый или белый с природным кремовым оттенком, или кремовый в зависимости от селекционного сорта или района произрастания хлопчатника. Блестящий, шелковистый и плотный на вид	Белый или белый с природным кремовым оттенком
II	1,7	1,6	От матово-белого до кремового с оттенками и небольшими желтыми пятнами. Блеск, шелковистость и плотность ниже, чем в первом сорте	От матово-белого до кремового с бледно-желтыми пятнами
III	1,4	1,4	От матово-белого до кремового или желтого неравномерной окраски с желтыми пятнами. Сероватый оттенок, почти без блеска	От тускло-белого до кремовато-желтого с желтоватыми пятнами с матовым сероватым оттенком
IV	1,2	1,2	Желтый или бледно-желтый неравномерной окраски с серым оттенком и с бурыми пятнами. Без блеска	От тускло-белого и кремового до желто-кремового с серым оттенком и бурыми пятнами
V	менее 1,2	менее 1,2	От бурого до желтого с пятнами. Серый	Тускло -белый или тускло-кремовый до ярко-желтого с бурыми пятнами. Серый

Таблица 4.5 – Разделение хлопкового волокна на классы

Промышленный сорт	Нормы массовой доли пороков и сорных примесей, %, не более, по классам хлопкового волокна				
	Высший	Хороший	Средний	Обычный	Сорный
I	2,0	2,5	3,0	4,0	5,5
II	2,5	3,5	4,5	5,5	7,0
III		4,0	5,5	7,5	10,0
IV		6,0	8,5	10,5	14,0
V			10,5	12,5	16,0

Таблица 4.6 – Коэффициенты пересчета цены хлопкового волокна по типам

Тип волокна	1а	1б	1	2	3	4	5	6	7
Коэффициент	1,7	1,6	1,5	1,35	1,2	1,05	1,0	0,95	0,85

Таблица 4.7 – Коэффициенты пересчета цены хлопкового волокна по сортам и классам

Промышленный сорт	Класс				
	Высший	Хороший	Средний	Обычный	Сорный
I	1,050	1,040	1,000	0,965	0,925
II	1,020	0,990	0,955	0,920	0,880
III		0,965	0,930	0,885	0,840
IV		0,850	0,800	0,750	0,700
V			0,550	0,500	0,450

4.1.3 Классификация хлопкового волокна средневолокнистых сортов хлопчатника по международным стандартам

Принятые в мировой практике подходы к оценке качества хлопкового волокна отражены в приложении к стандарту 3279–95. Согласно данному приложению для оценки хлопкового волокна могут быть использованы два метода – классерский и инструментальный.

Классерский метод – органолептическая оценка хлопкового волокна по сорту и классу путем сличения с образцами внешнего вида, утвержденными в установленном порядке, и определение штапельной длины путем выкладывания штапеля вручную. Метод применяется для контроля 10% кип от партии, но может использоваться и для покипных испытаний.

Для определения штапельной длины хлопкового волокна классерским методом имеется набор стандартных образцов (эталонов) длин. Хлопковое волокно подразделяют по группам длин с интервалом, как правило, в $\frac{1}{32}$ дюйма в диапазоне от $\frac{13}{16}$ до $1\frac{3}{4}$ дюйма. Каждая группа длин обозначается либо в виде дроби, кратной $\frac{1}{32}$, либо кодом, указывающим сумму долей в $\frac{1}{32}$ дюйма для данной группы длин. Например, длина штапеля в 1 дюйм определяется числом 32, длина штапеля в 1 дюйм определяется числом 32, длина штапеля $1\frac{1}{32}$ дюйма – числом 33, длина штапеля $1\frac{1}{16}$ дюйма выражается эквивалентным значением $1\frac{2}{32}$ дюйма и определяется числом 34.

Базовой длиной для средневолокнистого хлопка типа Упланд при ценообразовании и взаиморасчетах является длина $1\frac{3}{32}$ дюйма (код 35), что соответствует 32–33 мм (5 тип) по методу, применяемому в странах СНГ. При длине хлопкового волокна, соответствующей группам длин выше или ниже $1\frac{3}{32}$ дюйма, производится накидка или скидка с цены, величина которой зависит также и от сорта волокна.

В зависимости от цвета и содержания сорных примесей хлопковое волокно подразделяют на сорта. Требования к сортам и качеству джинирования определяют стандартные физические образцы, уложенные в специальные классификационные коробки. Эти образцы называют Универсальными стандартами США, которые одновременно считаются международными стандартами. Сорта хлопкового волокна, для которых не изготавливаются стандарты, определяются описательно.

По цвету средневолокнистый хлопок должен быть, как правило, белый. Различная насыщенность желтизны учитывается при разделении хлопкового волокна на группы по цвету White (1) – белый, Light Spotted (2) – слабо пятнистый, Spotted (3) – пятнистый, Tinged (4) – желтоватый, Yellow Stained (5) – желтый.

Внутри каждой группы по цвету сорта отличаются нарастанием засоренности и степенью потемнения от неблагоприятных погодных условий, что отражается снижением степени отражения света (например, от ярко-белого до кремоватого). Изменение засоренности по сортам в хлопке White – белый характеризуют справочные данные таблицы 4.8, представляющие средние значения результатов испытаний образцов американского сорта Упланд, соответствовавших по внешнему виду стандартам внешнего вида.

Величина засоренности испытуемого хлопкового волокна при классерской оценке определяется визуальным сравнением выборки с семью стандартами белого хлопка White (сорта от 11 до 71), пронумерованных от 1 до 7.

Для хлопкового волокна, имеющего засоренность больше, чем класс 71, в обозначении сорта используется первая цифра 8. Это кодовое значение называют Лиф-фактором (Leaf). Показатель применяется в качестве интегральной оценки засоренности при инструментальном определении класса хлопкового волокна на системах типа HVI. Аналогично, в зависимости от засоренности для слабопятнистого хлопка (2) коды изменяются от 12 до 82.

Таблица 4.8 – Определение кода хлопкового волокна в зависимости от степени потемнения и содержания сорных примесей

Сорт классификатора	Код	Среднее содержание неволокнистых примесей, %	Код Leaf-Factor
Good Middling (хороший средний)	11	нет данных	1
Strict Middling (строго средний)	21	1,9	2
Middling (средний)	31	2,3	3
Strict Low Middling (строго низкий средний)	41	3,0	4
Low Middling (низкий средний)	51	4,3	5
Strict Good Ordinary(строго хороший обычный)	61	5,6	6
Good Ordinary (хороший обычный)	71	7,7	7
Below Grades (нестандартный)	81	нет данных	8

Сорт волокна определяют сличением внешнего вида с Универсальными стандартами.

Необходимо отметить, что при классерской оценке хлопкового волокна инструментальное определение удельной разрывной нагрузки не производится.

Для **инструментальной оценки** хлопкового волокна различными компаниями предлагается широкий спектр лабораторного оборудования. Наиболее распространенной системой для испытаний хлопкового волокна является измерительная система HVI (High Volume Instrument), выпускаемая фирмой Uster Technologies AG, и позволяющая определять показатели длины, прочности, удлинения при разрыве, линейной плотности, цвета и засоренности волокна.

Перечень показателей качества волокна может зависеть от конкретной марки используемой инструментальной системы. Применяемый в отечественной практике показатель «штапельная длина волокна» за рубежом используется редко. Широкое распространение получил показатель «верхняя средняя длина» – Upper Half Mean Length (UHML) – средняя длина наиболее длинных волокон, составляющих по массе половину испытываемой пробы, выраженная в дюймах или мм. Смысл данного показателя и способ его получения описан в предыдущей лекции (тема 3).

Большинство современных приборов не может определить непосредственно линейную плотность волокна. Поэтому оценка данного свойства осуществляется с использованием косвенных показателей. Наиболее распространенным косвенным показателем линейной плотности волокна является микронейр. Микронейр определяется инструментально по перепаду давления воздушного потока, проходящего через волокно определенной массы. Показатель взаимосвязан с линейной плотностью волокна, выражаемой в миллиграммах на дюйм. Также он является характеристикой зрелости хлопкового волокна.

Для средневолокнистого хлопка микронейр связан с линейной плотностью волокна, выраженной в миллитексах

$$T_B = \frac{1000 \cdot \text{Mic}}{25,4 \cdot 1,05} = 37,5 \cdot \text{Mic}. \quad (4.1)$$

Для длинноволокнистого хлопка

$$T_B = \frac{1000 \cdot \text{Mic}}{25,4 \cdot 1,2} = 32,81 \cdot \text{Mic}. \quad (4.2)$$

Имеется несколько формул, позволяющих осуществлять перевод показателя микронейр в значение линейной плотности средневолокнистого хлопка. В соответствии с приложением к стандарту ГОСТ 3279–95 линейная плотность волокна рассчитывается без учета поправочного коэффициента 1,05 по следующей формуле

$$T_B \approx 39,37 \text{ Mic}, \quad (4.3)$$

где T_B – линейная плотность волокна, мтекс, Mic – показатель микронейр.

Показатель микронейр для средневолокнистых сортов хлопчатника варьирует, как правило, в интервале от 2,0 до 6,5. Базовым считается интервал от 3,5 до 4,9. При показателях ниже или выше этих значений, производят скидку с цены, величина которой зависит от степени отклонения. Размер скидки устанавливается с учетом конъюнктуры мирового рынка. Предусматриваются следующие группы значений микронейра: 2,4 и ниже; 2,5–2,6; 2,7–2,9; 3,0–3,2; 3,3–3,4; 3,5–4,9 (база); 5,0–5,2; 5,3 и выше.

Как при превышении, так и при снижении показателя микронейр, сорт хлопкового волокна не изменяется.

Показатель характеризует удельную разрывную нагрузку (прочность) хлопкового волокна в гс/текс или сН/текс. Уровень измеряемых значений одного и того же хлопкового волокна в сильной степени зависит от применяемого типа прибора, поэтому существуют разные шкалы для характеристики прочности волокна. Наиболее распространены показатели, связанные с приборами Пресли, Стелометром и HVI измерительными системами, для каждого из которых имеются эталоны хлопкового волокна.

Для общей характеристики хлопкового волокна применяют следующее условное подразделение по прочности средневолокнистого хлопкового волокна в градуировке HVI, в гс/текс:

Очень слабое 17 и ниже

Слабое 18–21

Среднее 22–25

Прочное 26–29

Очень прочное 30 и выше.

При определении цены на хлопковое волокно базисной считается удельная разрывная нагрузка 23,5–26,4 гс/текс. При прочности выше этого базисного интервала за каждый 1 гс/текс производится накидка к цене, а ниже – скидка. Сорт хлопкового волокна не зависит от прочности.

При применении измерительных систем типа HVI сорт хлопкового волокна определяют через показатели коэффициента отражения (Rd) и степени желтизны ($+b$) по специальной цветовой диаграмме.

4.1.4 Оценка качества хлопкового волокна с использованием номограмм Uster Statistics

В настоящее время для оценки качества хлопкового волокна в мире широко используются номограммы, включенные в справочники Uster Statistics. Бюллетень выпускается с 1957 года и включает в себя данные об уровне качественных характеристик волокна и пряжи, произведенной по всему миру.

Вся информация о свойствах волокна в Uster Statistics представлена в виде номограмм, представляющих собой зависимость множества показателей от верхней средней длины волокна.

На номограммах выделяется пять уровней качества волокна 5 %, 25 %, 50 %, 75 %, 95 %. Если оцениваемый показатель должен иметь минимальное значение (микронейр, содержание сорных примесей, неравномерность по длине), то при попадании значения показателя ниже уровня 5 % можно говорить о том, что партия хлопкового волокна соответствует 5 % наилучших партий, выпускаемых в мире и проверяемых на приборах фирмы Uster Technologies. Например, если микронейр волокна с верхней средней длиной 29 мм равен 4 (рисунок 4.1), то соответствующая точка находится между линиями 25 и 50% Uster Statistics. Это говорит о том, что качество волокна лучше, чем у 50 %, но хуже чем у 25 % производителей аналогичного волокна, поставляющих его на мировой рынок.

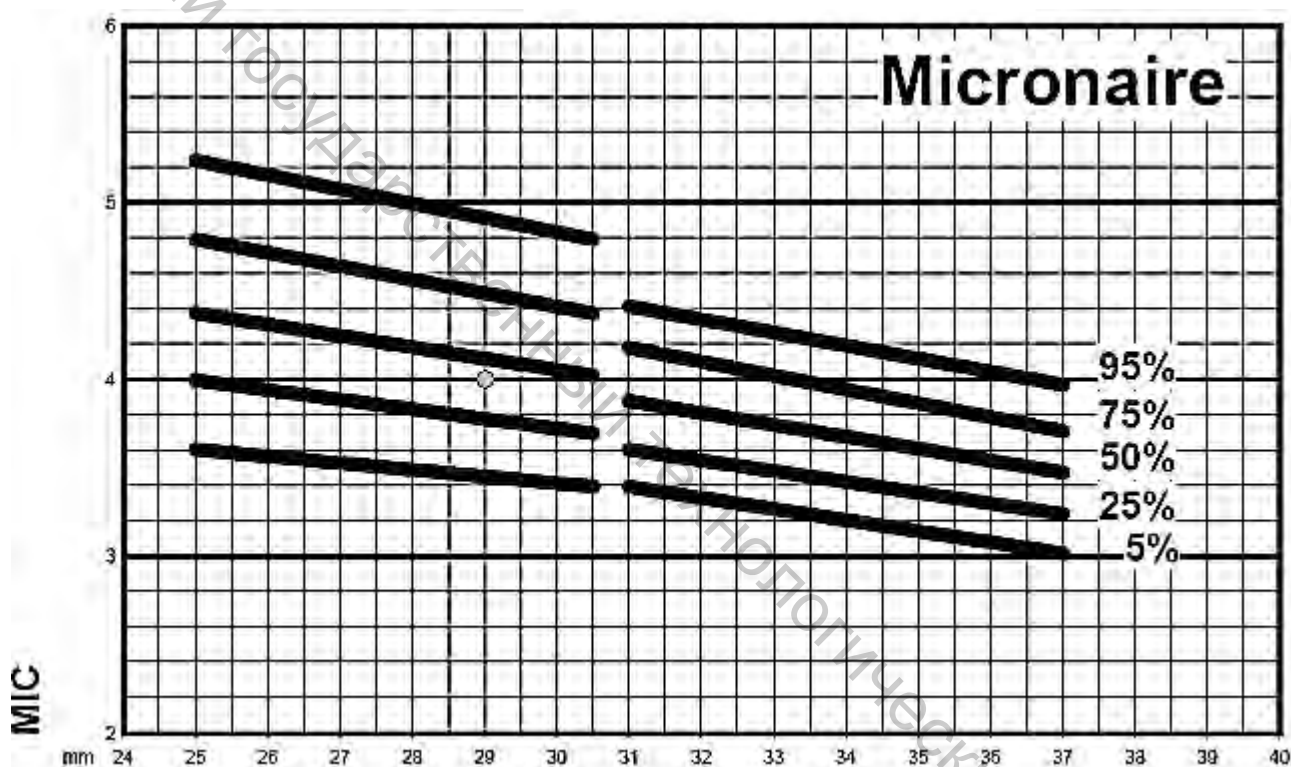


Рисунок 4.1 – Номограмма Uster Statistics для показателя Микронейр

Если оцениваемый показатель должен иметь максимальное значение (например, прочность пучка), то о соответствии лучшим партиям свидетельствует значение показателя выше уровня 5 %. Если относительная разрывная нагрузка пучка волокон с верхней средней длиной 32,5 мм равна 34 гс/текс (рисунок 4.2), то соответствующая точка находится между линиями 50 и 75 % Uster Statistics. Это говорит о том, что качество волокна лучше, чем у 25 %, но хуже чем у 50 % волокон этой длины.

Необходимо обратить внимание на то, что номограммы свойств хлопкового волокна разделены на два участка – для средневолокнистого и длинноволокнистого хлопка. При этом характер зависимостей для хлопка каждого вида одинаков, но сами зависимости могут существенно отличаться друг от друга.

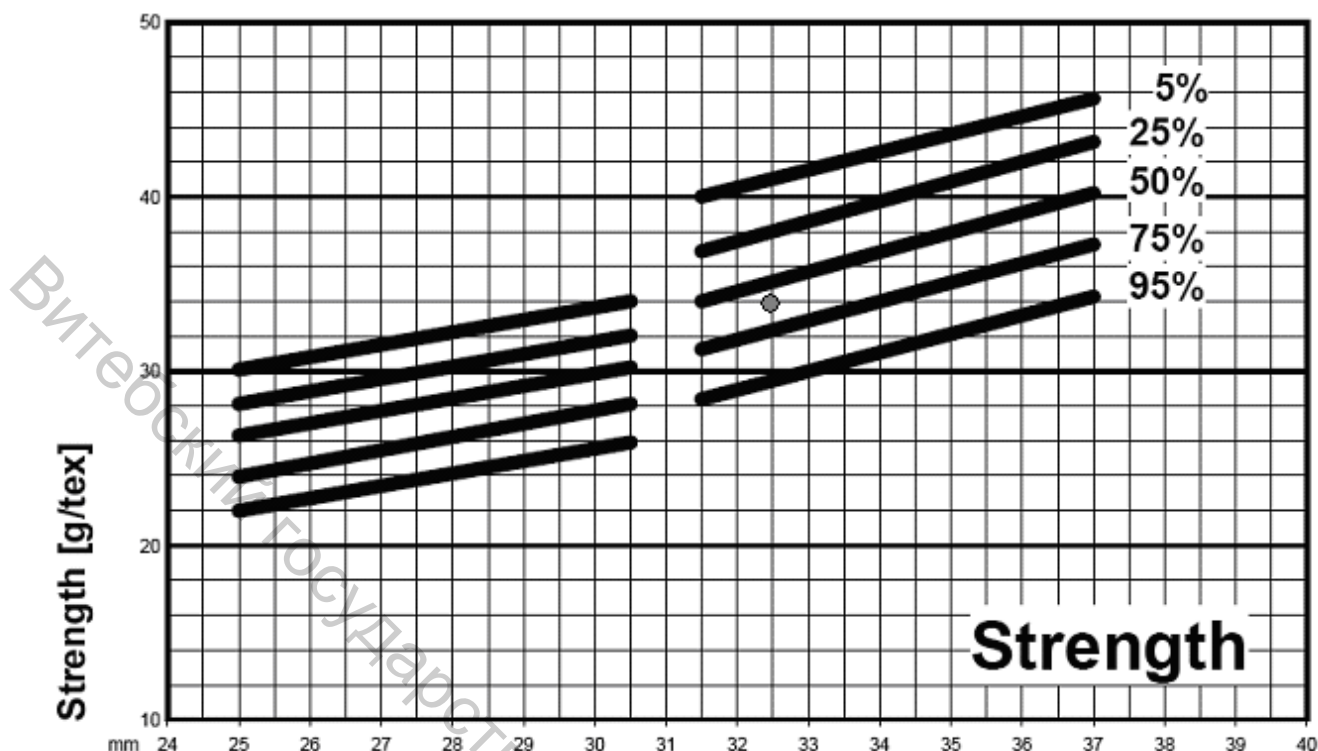


Рисунок 4.2 – Номограмма Uster Statistics для относительной разрывной нагрузки пучка волокон

Например, можно отметить, что степень желтизны хлопка не зависит от длины волокна в пределах одного вида, но желтизна длинноволокнистого хлопка существенно выше, чем желтизна средневолокнистого хлопка. Показатель (+b) характеризует степень желтой составляющей цвета в испытуемой пробе.

Кроме указанных показателей Uster Statistics содержит сведения о других свойствах волокна, в том числе о следующих:

- **индекс равномерности по длине** – характеристика, определяемая отношением средней длины волокон к верхней средней длине, выраженная в процентах;
- **коэффициент отражения** – количество света, отраженное поверхностью испытуемой пробы хлопкового волокна, выраженное в процентах;
- **число сорных примесей** – число отдельных сорных частиц в пробе диаметром (0,25 мм и 0,5 мм) и более;
- **площадь сорных примесей** – суммарная площадь сорных частиц, выраженная в процентах от площади поверхности испытанной части пробы;
- **количество узелков (непсов) на 1 грамм пробы;**
- **линейная плотность волокна;**
- **процентное содержание коротких волокон длиной менее 0,5 дюйма (12,7 мм);**
- **процентное содержание незрелых волокон.**

Лекция 4.2. Порядок составления смесей (сортировок) хлопка

4.2.1 Основные принципы составления сортировок

Сортировка представляет собой смесь хлопкового волокна различных типов, сортов и классов, обеспечивающую получение пряжи с заданными свойствами.

В зависимости от назначения пряжи она должна удовлетворять определенным требованиям, как в отношении линейной плотности, так и по разрывной нагрузке, ровноте, чистоте, эластичности и степени гладкости или пушистости. Основная пряжа для тканей должна иметь повышенную разрывную нагрузку, равномерность и эластичность. В трикотажном производстве используют пряжу с пологой крут с меньшим количеством пороков, более равномерную по линейной плотности. Пряжа для швейных ниток при большей разрывной нагрузке должна быть очень гладкой и ровной.

Для более тонкой пряжи, а также для получения более прочной пряжи применяют более тонкое, длинное и прочное хлопковое волокно. Для выработки пряжи большой линейной плотности для лучшего использования сырья и снижения стоимости сортировки включают в нее отходы прядильного производства, получающиеся на различных переходах.

Для выработки пряжи различного назначения кольцевого и пневмомеханического способов прядения в СССР с учетом предложений предприятий разработаны **типовые сортировки**. Большинство рекомендуемых сортировок включает в себя хлопковое волокно нескольких сортов и типов.

Типовые сортировки предусматривают выработку как хлопчатобумажной, так и смешанной пряжи с использованием в смеси химических волокон – искусственных и синтетических.

Принцип составления сортировок для смесей хлопка с химическими волокнами состоит в том, что хлопковая часть смеси соответствует типовым сортировкам, предназначенным для выработки хлопчатобумажной пряжи соответствующего назначения и линейной плотности. Заданный процент химического волокна вводится в сортировку в качестве одного из компонентов и учитывается в образах и отходах, вводимых в данную сортировку.

Основой каждой сортировки является хлопковое волокно одного сорта того или иного типа (базисный хлопок), содержание которого в смесях, состоящих из двух компонентов должно быть **не менее 60 %** и в смесях, состоящих из трех и более компонентов, в зависимости от назначения пряжи – **не менее 40 %**. Сортировки, состоящие из хлопкового волокна низких сортов и отходов хлопкопрядильного производства, для выработки пряжи больших линейных плотностей могут быть без базисного волокна.

С целью улучшения показателей свойств смеси к волокну базисного типа и сорта можно добавлять волокно более высокого смежного сорта того же типа,

либо более высокого смежного типа, причем сорт его должен быть тот же, что и базисный, или смежный с ним.

Для удешевления стоимости смеси (при достаточном запасе прочности пряжи) к волокну базисного типа и сорта рекомендуется добавлять волокно более низкого, чем базисный, смежного сорта того же типа. Для этой же цели допускается введение в смесь хлопкового волокна смежного низкого типа того же сорта, что и базисный, или смежного с ним.

В обозначении сортировок арабской цифрой указывается тип хлопкового волокна, латинской – его промышленный сорт. Например, сортировка 1–I или 5–II состоит из хлопкового волокна одного типа и одного сорта. Сортировка в этом случае составляется из нескольких партий волокна данного типа и сорта, число партий в ставке должно быть не менее шести.

Большинство рекомендуемых сортировок включает в себя хлопок нескольких типов и сортов. Например, сортировка 5–I, 5–II, 6–I состоит из хлопкового волокна трех типов I и II сортов. В этом случае в обозначении сортировки на первое место ставится обозначение типа и сорта базисного хлопка, затем хлопка того же типа, но более низкого или более высокого сорта, далее обозначение хлопка более низкого и более высокого смежных типов тех же сортов. Вводить в смеси хлопковое волокно несмежных сортов и типов не рекомендуется. В таблице 4.9 приведены примеры типовых сортировок.

Таблица 4.9 – Примеры типовых сортировок для производства пряжи основной кардной суровой I сорта из средневолокнистого хлопка

Номинальная линейная плотность пряжи, текс	Типовые сортировки хлопка	Примечания
От 11.5 до 12	4–I, 4–II	Хлопковое волокно 4–го типа I сорта – до 85 %
	4–I, 4–II, 4–0 4–II, 4–I,	В смесь вводятся только обраты
От 18 до 22	5–I, 5–II, 4–I	Хлопковое волокно 4–го типа I сорта – не более 20 %
	5–I, 5–II, 4–II	
	5–I, 5–II, 4–I, 4–II	

В типовых сортировках хлопка приводятся только рекомендуемые варианты смесей. Конкретные варианты **рабочих сортировок** должны составляться на хлопчатобумажных предприятиях в соответствии с изложенными выше основными правилами, учитывая наличие на складах хлопкового волокна по типам и промышленным сортам и планируемые объемы выпуска пряжи.

При составлении рабочих сортировок необходимо не только основываться на типовых сортировках, но и проверять выполнение следующих требований:

- разница в длине смешиваемых волокон не должна быть **более 3–4 мм**,
- разница в линейной плотности не должна превышать **18 мтекс** (кроме сортировок, составляемых из средневолокнистого хлопка с добавлением длиноволокнистого).

Если планируется выработка пряжи на 1–2 сорта ниже, чем предусмотрено типовыми сортировками, то необходимо в рабочей сортировке использовать смесь, базисный сорт хлопкового волокна в которой соответственно на 1–2 сорта ниже. В качестве одного из дополнительных компонентов к базисному сорту можно вводить до 10 % вискозного штапельного волокна без ухудшения физико–механических свойств пряжи.

Важнейшим условием получения хорошей сортировки является максимально большее количество партий хлопкового волокна, одинаковых или мало отличающихся друг от друга по длине волокон, их линейной плотности, зрелости, разрывной нагрузке и влажности. При этих условиях замена в ставке одной партии волокна новой может лишь незначительно изменить средневзвешенные показатели свойств смеси. Поэтому становится возможным поддерживать оптимальные вытяжки, крутки, разводки на машинах, что ведет к стабилизации технологического процесса в течение длительного периода времени.

4.2.2 Прогнозирование разрывной нагрузки пряжи разного состава

Среди методов проверки правильности составления сортировок хлопкового волокна и смесей хлопка с химическими волокнами наибольшее распространение получили методы, основанные прогнозировании относительной разрывной нагрузки пряжи, вырабатываемой из проектируемой волокнистой смеси.

Согласно ряду известных формул относительная разрывная нагрузка R пряжи может быть определена по следующей формуле:

$$R = R_B K_H, \quad (4.4)$$

где R_B – относительная разрывная нагрузка пряжи и волокна, сН/текс; K_H – коэффициент использования прочности волокон в пряже.

Коэффициент K_H учитывает основные причины снижения разрывной нагрузки пряжи и существенно зависит от ее состава.

Примером формулы для расчета относительной разрывной нагрузки хлопчатобумажной пряжи является формула, предложенная проф. А.Н. Соловьевым, согласно которой коэффициент использования прочности волокон в пряже

$$K_H = \left(1 - 0,0375 H_0 - \frac{2,65}{\sqrt{\frac{T}{T_B}}} \right) \left(1 - \frac{5}{l_{шт}} \right) k\eta, \quad (4.5)$$

где H_0 – удельная неровнота пряжи, характеризующая качество технологического процесса (для гребенной пряжи – 3,5 – 4 %, для кардной – 4,5 – 5 %); T и T_B – линейная плотность пряжи и волокна, текс; $l_{шт}$ – штапельная длина волокна, мм; η – коэффициент, учитывающий состояние оборудования (0,95 – 1,1; 1 –

для нормального состояния оборудования, 1,1 – при использовании современного технологического оборудования); k – коэффициент, равный отношению значений разрывной нагрузки пряжи, полученной при фактическом коэффициенте крутки и при критическом коэффициенте крутки.

Таблица 4.10 – Величина коэффициента k в формуле (4.5)

$\alpha_T - \alpha_{T.KP}$	k	$\alpha_T - \alpha_{T.KP}$	k
-12,6	0,8	3,16	0,99
-9,48	0,86	4,74	0,98
-7,9	0,91	6,32	0,96
-6,32	0,94	9,48	0,94
-4,74	0,96	12,6	0,91
-3,16	0,98	15,8	0,88
-1,58	0,99	18,9	0,85
0	1	22,1	0,82

Для расчета критического коэффициента крутки профессор А.Н.Соловьев предложил следующую формулу:

$$\alpha_{T_{кр}} = 0,316 \left(\frac{(1120 - 70p)p}{l_{шт}} + \frac{57,2}{\sqrt{T}} \right), \quad (4,6)$$

где p – разрывная нагрузка волокна, сН. Заправочный (фактический) α_T коэффициент крутки выбирают по таблице справочника согласно штапельной длине используемого волокна в смеси, линейной плотности пряжи, системе прядения и назначения пряжи (основа, уток, для трикотажа, технических тканей и т. д.). Коэффициент k рекомендуется определять по таблице 4.10.

Для практических целей при прогнозировании разрывной нагрузки пряжи пневмомеханического прядения можно пользоваться формулой А.Н.Соловьева, уменьшая результат на 15–20 %.

При прогнозировании разрывной нагрузки пряжи из искусственных волокон может быть использована формула профессора В.А. Усенко

$$K_H = \left(1 - 0,0375 H_0 - \frac{2,8}{\sqrt{T/T_B}} \right) \left(1 - \frac{7,83}{l_{шт}} \right) k \beta, \quad (4.7)$$

где удельная неровнота пряжи $H_0 = 2,5 - 3,5$; β – коэффициент, учитывающий влияние неравномерности волокон по длине. Для волокон одной длины коэффициент β принимается равным 1.

Коэффициент k определяется в зависимости от разности заправочного и критического коэффициентов крутки по таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Величина коэффициента k в формуле (4.7)

$\alpha_T - \alpha_{T.KP}$	k	$\alpha_T - \alpha_{T.KP}$	k	$\alpha_T - \alpha_{T.KP}$	k
-18,8	0,73	-6,32	0,95	4,74	0,97
-15,8	0,80	-3,16	0,98	6,32	0,95
-12,6	0,85	0	1	9,48	0,94
-9,48	0,90	3,16	0,99	15,8	0,87

При этом коэффициент критической крутки определяется по формуле

$$\alpha_{T_{кр}} = \frac{527 \cdot \sqrt[6]{25 + \frac{1000}{T}}}{\sqrt[3]{l_{шт}} \cdot \sqrt[4]{\frac{1000}{T_B}}} \quad (4.8)$$

Для пряжи из химических волокон также приемлемые результаты получены при расчете относительной разрывной нагрузки пряжи по формуле, предложенной профессором А.Н. Ванчиковым:

$$R = R_B \left(1,16\eta_0 - 68,5 \frac{\sqrt{T_B}}{\alpha_T \sqrt[3]{T}} - 0,00859 \sqrt[4]{\frac{\alpha_T}{T}} \right), \quad (4.9)$$

где η_0 – коэффициент, равный для вискозных, полиэфирных и полиамидных волокон 1, а для полиакрилонитрильных волокон – 0,93–0,95.

С учетом того, что одной из главных причин снижения прочности пряжи является неодновременность разрыва волокон, методики расчета разрывной нагрузки неоднородной пряжи несколько сложнее.

Для пряжи из смеси разнородных волокон коэффициент K_{CM} использования прочности волокон в пряже меньше, чем коэффициент K_I для пряжи из однородных волокон, что обусловлено в основном различным разрывным удлинением хлопкового волокна ($\varepsilon = 7...9\%$) и химических штапельных волокон ($\varepsilon = 12...60\%$) и неодновременностью разрыва волокон. С увеличением различия в разрывных удлинениях волокон компонентов коэффициент K_{CM} уменьшается.

Профессор А.Н. Ванчиков разработал метод, согласно которому коэффициент K_{CM} использования разрывной нагрузки волокон в пряже из смеси зависит от структурных свойств волокон компонентов, их линейной плотности, разрывных удлинений и долей компонентов в смеси.

Изменение коэффициента K_{CM} для двухкомпонентной пряжи при изменении доли компонентов в смеси описывается уравнением параболы

$$K_{CM} = K_I - a\beta_2 + b\beta_2^2, \quad (4.10)$$

где β_1 и β_2 – доли менее растяжимого и более растяжимого компонентов по массе; a и b – коэффициенты, учитывающие различия в свойствах волокон компонентов.

$$a = 1 - \sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}}, \quad b = \left(1 - \sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}}\right) \sqrt{\frac{T_{B1}}{T_{B2}}} \eta_{cmp}, \quad (4.11)$$

где K_I – коэффициент использования разрывной нагрузки хлопкового волокна или другого менее растяжимого волокна в пряже из смеси волокон; ε_1 и ε_2 – относительное разрывное удлинение волокон, соответственно, менее растяжимого и более растяжимого компонентов, %; T_{B1} и T_{B2} – линейная плотность смешиваемых волокон, текс; η_{cmp} – коэффициент, зависящий от структурных свойств волокон (для смесей хлопкового волокна с вискозным – 1,1, с синтетическими – 1; для смесей вискозного волокна с ПА – 0,9, с ПАН – 0,6).

Коэффициент K_I может быть рассчитан по формуле А.Н. Соловьева (4.5), если малорастяжимым компонентом является хлопок, или формуле В.А. Усенко (4.7), если малорастяжимым компонентом является вискоза.

4.2.3 Прядильная способность волокна

Для комплексной характеристики волокнистого сырья, учитывающей ряд его технологических свойств, может быть использован показатель, называемый **прядильной способностью волокна**. Прядильная способность волокна определяется максимальной длиной пряжи, км, получаемой из 1 кг сырья и отвечающей требованиям стандарта. Прядильная способность волокна, км/кг,

$$L_B = \frac{10B}{T_{min}}, \quad (4.12)$$

где B – выход пряжи, %; T_{min} – минимально возможная линейная плотность пряжи из данных волокон, текс.

Таким образом, прядильная способность волокна характеризуется:

- 1) качественно – минимально возможной линейной плотностью пряжи T_{min} , определяемая с учетом линейной плотности волокна и минимально допустимого количества волокон в сечении пряжи ;
- 2) количественно – выходом пряжи из волокна B , рассчитываемым на основании установленных на предприятии норм.

4.2.4 Индекс прядильной стабильности

Фирма Uster Technologies AG предлагает при составлении сортировок использовать индекс прядильной стабильности **SCI** (Spinning Consistency Index). В основу данного показателя положено предположение о том, что существует

комплексная характеристика свойств волокон смеси, поддержание постоянства которой на определенном уровне приведет к стабильности технологического процесса и свойств пряжи. Таким образом, если потребителя устраивает пряжа, полученная из смеси с определенным значением **SCI**, то производителю пряжи при составлении сортировок из различных видов исходного сырья необходимо стремиться к поддержанию индекса на данном уровне.

Данный показатель **SCI** получен в результате регрессионного анализа информации о свойствах хлопковых волокон, полученной на приборах HVI, и производственных данных о протекании технологических процессов в прядильном производстве.

Для расчета индекса SCI рекомендованы следующие формулы:

– при использовании модуля HVI для оценки цвета волокна

$$SCI = -414,67 + 2,9 P_B - 9,32 Mic + 49,17 UHML + 4,74 UI + 0,65 Rd + 0,36 (+b); \quad (4.13)$$

– без использования модуля HVI для оценки цвета волокна

$$SCI = -322,98 + 2,89 P_B - 9,02 Mic + 43,53 UHML + 4,29 UI \quad (4.14)$$

где P_B – относительная разрывная нагрузка волокна, гс/текс, Mic – микронейр, $UHML$ – верхняя средняя длина, мм, UI – индекс однородности, Rd – коэффициент отражения; $+b$ – степень желтизны.

Индекс **SCI** не может быть использован для прогнозирования свойств пряжи. Однако его использование позволяет получить существенный эффект в повышении качества пряжи.

Согласно данным фирмы Uster Technologies, поддержание постоянного значения **SCI** позволяет составить сортировку таким образом, что при замене сработанных кип новыми обеспечивается стабильность свойств вырабатываемой пряжи (рисунок 4.3) и протекания технологических процессов по переходам прядильного производства.



Рисунок 4.3 – Влияние использования индекса SCI при составлении сортировок на прочность хлопчатобумажной пряжи

Тема 5. ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ СМЕСЕЙ ВОЛОКОН НА ШЕРСТОПРЯДИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

5.1 Классификация шерстяных волокон

Согласно Брадфордской системе классификации шерсти, общепринятой во всем мире, качество шерсти определяется как количество мотков пряжи длиной не менее 50 ярдов (512 г), которые можно выработать из 1 английского фунта (453,6 г) топса. Классификация однородной шерсти по тонине представлена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Классификация однородной шерсти по тонине

Качество (класс тонины)	Показатели тонины по международным стандартам	
	Средняя тонина, мкм	Среднее квадратическое отклонение тонины, мкм, не более
Выше 80	17,69 и менее	3,59
80	17,70–19,14	4,09
70	19,15–20,59	4,59
64	20,60–22,04	5,19
62	22,05–23,49	5,89
60	23,50–24,94	6,49
58	24,95–26,39	7,09
56	26,4–27,84	7,59
54	27,85–29,29	8,19
50	29,30–30,99	8,69
48	31,00–32,69	9,09
46	32,70–34,39	9,59
44	34,40–36,19	10,09
40	36,20–38,09	10,69
36	38,10–40,20	11,19
Ниже 36	40,21 и более	Не нормируется

Согласно Межгосударственному стандарту ГОСТ 30702–2000 овечью шерсть делят на однородную и неоднородную.

В зависимости от групп тонины однородную шерсть делят на:

- тонкую – 80^К, 70^К, 64^К, 60^К (в пределах данной группы в литературе также выделяют экстра тонкую шерсть 80^К и супер тонкую – 70^К);
- полутонкую – 58^К, 56^К, 50^К;
- полугрубую – 48^К, 46^К, 44^К;
- грубую – 40^К, 36^К, 32^К.

Тонкая шерсть в общей массе состоит из тонких, мелко извитых пуховых волокон, имеет штапельное строение и отличается высокой однородностью по толщине и длине. Незначительное содержание ости и мертвого воло-

са считается пороком тонкой шерсти. Средняя толщина волокон этой шерсти – 14,5–25 мкм, а длина – 25–120 мм.

Для тонкой шерсти важнейшей характеристикой является также неравномерность по тонине волокна (таблица 5.2). При превышении норм среднеквадратического отклонения шерсть переводят в пониженный сорт.

Таблица 5.2 – Среднеквадратическое отклонение тонины (в микрометрах)

Наименование показателя	Интервал варьирования тонины шерсти, мкм					
	мериносовой				тонкой помесной	
	18,0	18,1–20,5	20,6–23,5	23,6–25,0	Менее 23,5	23,6–25,0
Среднеквадратическое отклонение тонины, мкм, не более	±3,6	±4,51	±5,43	±6,40	±5,75	±7,0

Полутонкая шерсть обычно состоит из волокон пуха и тонкого переходного волоса. Средняя толщина волокон полутонкой шерсти 27 мкм при коэффициенте неравномерности по толщине, не более 21 %.

Полугрубая однородная шерсть состоит из волокон ости, характеризуется штапельно-косичным строением руна, средней и крупной извитостью; средняя толщина волокон – 31–37 мкм.

Грубая однородная шерсть состоит из волокон ости, имеет штапельно-косичное строение. Штапели-косицы характеризуются крупной волнистой извитостью. Средняя толщина волокон шерсти изменяется в пределах 40–67 мкм.

Шерсть разделяют на рунную и низшие сорта (таблица 5.3)

Однородную тонкую, полутонкую, полугрубую и грубую шерсть делят на:

- мериносовую, то есть шерсть овец мериносовой породы;
- кроссбредную, получаемую от помесей тонкорунных маток с баранами полутонкорунных мясошерстных пород, и кроссбредного типа;
- помесную (тонкую, полутонкую), получаемую от скрещивания овец различных пород, главным образом тонкорунных баранов типа мериноса с грубошерстными матками;
- цигайскую и цигай-грубошерстную.

Характеристика однородной шерсти представлена в таблице 5.4.

Неоднородную грубую и полугрубую шерсть, в зависимости от наименования (породы овец) и средней тонины волокон, делят на группы:

- первую;
- вторую;
- третью;
- четвертую.

Таблица 5.3 – Рунная и низшие сорта

Наименование шерсти	Обозначение (код)	Характеристика шерсти
Рунная, в том числе:		Целые руна или части рун различной величины после отделения низших сортов
Основная	Не обозначается	Рунная шерсть после отделения пожелтевшей шерсти, свалка, базовой, тавро (смываемое), цветной в тонкой немериновой, 58–56 качеств в тонкой, неоднородной в полутонкой
Пожелтевшая	пож	Шерсть белого и светло-серого цвета, потерявшая естественный цвет вследствие значительного пожелтения вершины или основания штапеля тонкой шерсти, составляющих вместе более 10 мм его длины, штапеля (штапеля–косицы) полутонкой или косицы неоднородной шерсти более 1/3 ее длины, а также при любой степени пожелтения по всей длине штапеля или косицы (изменение цвета ясно видно в мытой шерсти)
Базовая	баз	Части рун или клочки шерсти различной величины, сильно загрязненные экскрементами. Шерсть в мытом виде пожелтевшая, с ослабленной прочностью на разрыв по органолептической оценке
Свалок	свал	Руна или части рун, с трудом поддающиеся разъединению руками
Тавро (смываемое)	тавро	Клочки шерсти, загрязненные красящими веществами.
Отсортровки с грубым волосом	отс. гр. в	Рунная мериносовая шерсть, засоренная неоднородной шерстью
Низшие сорта:		
Обножка (в однородной шерсти)	обн	Шерсть короче 25 мм (шерсть подстрига), а также шерсть, состриженная с нижней части ног, лба, щек овец, как правило, огрубленная, со значительным количеством кроющего волоса
Клюнкер	клюн	Клочки шерсти, сильно загрязненные прилипшими к ним экскрементами в виде комков

Примечание. В рунной шерсти не допускается наличие шерсти, имеющей клеймо, нанесенное несмываемой краской, гудроном, а также засорение посторонними примесями (обрезками ниток, веревок, тряпок).

В обозначении неоднородной шерсти указывается код породы. Например, Рус. сев – русская северная, Туш – тушинская, Бал – балбас, Сар – сараджинская и т. д.

Шерсть однородную, неоднородную всех групп тонины и наименований рунную основную и пожелтевшую делят по:

- тонине;
- длине;
- прочности;
- засоренности;
- цвету.

Таблица 5.4 – Характеристика однородной шерсти

Наименование шерсти	Обозначение	Характеристика шерсти
Мериносовая	М	Шерсть однородная, штапельного строения, уравненная по тонине волокон в штапеле с достаточным содержанием жиропота. Допускаются одиночные огрубленные короткие серповидные волокна длиной до 20 мм. Проросшие мертвые, сухие и цветные волокна отсутствуют. Тонина – 25,0 мкм и менее. Шерсть белая
Кроссбредная	К	Шерсть однородная, штапельного и штапельно-косичного строения, упругая и эластичная, уравненная по тонине волокон. Проросшие мертвые, сухие и цветные волокна отсутствуют. Тонина 25,0–43,6 мкм и более. Шерсть белая
Кроссбредного типа	Кт	Шерсть однородная, штапельного и штапельно-косичного строения, уравненность по тонине недостаточная, имеется заостренность и сухость концов наружного штапеля. Допускаются проросшие цветные, сухие и мертвые волокна. Тонина 25,0–37,5 мкм. Шерсть белая и светло-серая
Цигайская	Ц	Шерсть однородная, штапельного и штапельно–косичного строения с хорошей упругостью и жесткостью на ощупь. Проросшие мертвые и цветные волокна отсутствуют. Тонина 25,0–40,5 мкм. Шерсть белая
Цигай–грубошерстная	Ц/Гш	Шерсть однородная, штапельного и штапельно-косичного строения, уравненность по тонине недостаточная, имеется заостренность и сухость концов наружного штапеля. Допускаются проросшие цветные, сухие и мертвые волокна. Тонина 25,0–40,5 мкм. Шерсть белая, светло-серая, цветная
Тонкая помесная	Т/П	Шерсть однородная, штапельного строения, уравненность волокон по тонине недостаточная. Допускаются рассредоточенные по массе шерсти проросшие сухие и мертвые волокна. Тонина 25,0 мкм и менее. Шерсть белая, светло-серая, цветная
Полутонкая помесная	Пт/П	Шерсть однородная, штапельного и штапельно-косичного строения, уравненность по тонине волокон недостаточная, имеется заостренность и сухость и концов наружного штапеля. Допускаются проросшие цветные, сухие и мертвые волокна. Тонина 25,0–29,0 мкм. Шерсть белая, светло-серая, цветная
Поярковая	Я	Шерсть однородная, состригаемая с ягнят. Пучки шерсти штапельного и штапельно-косичного строения, слабо сцепленные между собой, с наличием ягнячьего грубого волоса, проросшие сухие и мертвые волокна встречаются. Тонина 31,0 мкм и менее. Шерсть белая, светло-серая, цветная. Шерсть мериносовая белая, пожелтевшая

Примечание. Мериносовую шерсть, засоренную единичными цветными или грубыми волокнами тониной более 56 мкм, подразделяют по тонине, длине, состоянию согласно таблице 2 ГОСТ 30702-2000 с дополнительным обозначением «гр. в»

Различают шерсть первой (I), второй (II), третьей (III) и четвертой (IV) длины (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Средняя длина штапеля (косицы)

Длина шерсти	Обозначение (код длины)	Средняя длина штапеля (косицы), мм			
		Мериносовая, тонкая помесная	Кроссбредная	Цигайская, кроссбредного типа, цигай-грубошерстная, полутонкая помесная	Неоднородная
Первая	I	70 и более	90 и более	70 и более	–
Вторая	II	от 55 до 70	От 70 до 90	От 55 до 70	55 и более
Третья	III	От 40 до 55	От 55 до 70	От 25 до 55	Менее 55
Четвертая	IV	От 25 до 40	От 25 до 55	–	–
(поярковой)	я	Не менее 30	Не менее 35	Не менее 35	Не менее 30

Примечание. Длина неоднородной шерсти определяется по пуховой зоне.

В обозначении шерсти указывается код ее тонины, длина, а также характеристика ее засоренности (таблица 5.6):

- св – шерсть свободная от сора,
- мз – малозасоренная шерсть,
- сз – сильнозасоренная шерсть.

Например, обозначение **21IIмз** соответствует малозасоренной шерсти II длины со средним диаметром 21 мкм.

В зависимости от разрывной нагрузки волокна рунная шерсть делится на прочную и дефектную (таблица 5.7).

Таблица 5.6 – Характеристика шерсти в зависимости от содержания растительных примесей

Наименование показателя засоренности	Обозначение (код засоренности)	Содержание растительных примесей
Свободная от сора	св	Общая массовая доля растительных примесей не более 1 %, в том числе репья-пилки не более 0,005 % (6 коробочек средней величины в 1,0 кг мытой шерсти)
Малозасоренная	мз	Общая массовая доля растительных примесей более 1 % до 3%, в том числе репья-пилки не более 0,03 % (7–36 коробочек средней величины в 1,0 кг мытой шерсти)
Сильнозасоренная	сз	Общая массовая доля растительных примесей более 3 %, в том числе репья-пилки свыше 0,03 % (более 36 коробочек средней величины в 1,0 кг мытой шерсти)

Примечание. Шерсть с содержанием растительных примесей свыше 5 % к массе мытой шерсти или репья-пилки более 500 шт. в 1 кг мытой шерсти обозначают сз 2.

Таблица 5.7 – Относительная разрывная нагрузка

Наименование показателя прочности	Обозначение (код прочности)	Рунная основная и пожелтевшая шерсть, сН/текс		
		Однородная		Неоднородная
		тонкая	полутонкая, полугрубая, грубая	полугрубая, грубая
Прочная	Не обозначается	7,0 и более	8,0 и более	9,0 и более
Дефектная	д	Менее 7,0	Менее 8,0	Менее 9,0

Характеристика цвета шерсти представлена в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Цвет шерсти

Цвет шерсти	Обозначение (код цвета)	Характеристика шерсти
Белая	Не обозначается	Белая. В невытом виде в зависимости от цвета жиропота и минеральных примесей может иметь различные оттенки. В тонкой шерсти допускается пожелтение вершины или основания штапеля, составляющих вместе не более 10 мм его длины, в шерсти других наименований пожелтение штапеля или косицы – не более 1/3 длины. В осенней и поярковой неоднородной шерсти допускается наличие проросших цветных волокон не более 1 % массы мытой шерсти
Светло-серая	с/с	Белая с проросшими цветными волокнами до 5 % (в курдючной до 10 %) массы мытой шерсти или засоренная цветными волокнами, а также засоренная клочками цветной однородной шерсти в тонкой и полутонкой не более 0,1 %, в весенней неоднородной полугрубой и грубой клочками цветной шерсти – не более 0,1 %, в осенней и поярковой неоднородной полугрубой и грубой – не более 0,5 % массы мытой шерсти. В тонкой шерсти допускается пожелтение вершины или основания штапеля, составляющих вместе не более 10 мм его длины, в шерсти других наименований пожелтение штапеля или косицы – не более 1/3 их длины
Цветная (в однородной шерсти)	цв	Однородная шерсть натуральных цветов: серого, темно-серого, коричневого всех оттенков и черного. Шерсть тонкую и полутонкую белую и светло-серую, изменившую цвет вследствие неправильной ветеринарной обработки овец от различных заболеваний, относят к цветной
Цветная светлая (в неоднородной шерсти)	цс	Неоднородная шерсть натуральных цветов: светло-коричневая, серая, а также с наличием в весенней шерсти цветных волокон более 5 до 12 %, в осенней и поярковой шерсти – более 5 до 20% (в курдючной более 10 до 30 %) массы мытой шерсти. Допускаются клочки цветной шерсти в весенней шерсти не более 0,5%, в осенней и поярковой – не более 10% массы мытой шерсти
Цветная темная	ц/т	Неоднородная шерсть натуральных цветов: темно-коричневая, коричневая, темно-серая, черная и пестрая различных оттенков, а также с наличием цветных волокон в весенней шерсти более 12 %, в осенней и поярковой – более 20 % (в курдючной – более 30 %) и цветная светлая с клочками цветной темной шерсти в весенней – более 0,5 %, в осенней и поярковой – более 10 % массы мытой шерсти

В таблице 5.9 представлены примеры условного обозначения шерсти разного происхождения и качества.

Таблица 5.9 – Примеры условного обозначения шерсти

Характеристика шерсти	Обозначение
Шерсть мериносовая рунная основная, средняя тонины – 22 мкм, средняя длина штапеля – 72 мм, содержание растительных примесей – 2,5 %, разрывная нагрузка – 7,5 сН/текс.	M22Imз
Шерсть мериносовая рунная пожелтевшая, средняя тонины – 23 мкм, средняя длина штапеля – 65 мм, содержание растительных примесей – 3,2 %, разрывная нагрузка – 6,5 сН/текс.	M23Псз пож д
Шерсть кроссбредная рунная пожелтевшая, средняя тонины – 31,6 мкм, средняя длина штапеля – 90 мм, содержание растительных примесей – 0,9 %, разрывная нагрузка – 8,0 сН/текс.	K33I св пож
Шерсть тонкая помесная базовая, цветная	T/П баз 25цв
Шерсть неоднородная сараджинская осенняя, свободная от сора, светло-серая	Сар ос св с/с
Шерсть неоднородная тушинская весенняя, средняя тонины – 27,8 мкм, длина пуховой зоны косицы – 60 мм, содержание растительных примесей – 3,2 %, разрывная нагрузка – 8,5 сН/текс, белая	Туш вес 28Псз б

5.2 Состав смесей и их классификация

В состав волокнистых смесей входят разнообразные компоненты, резко отличающиеся по своим технологическим и физико-механическим свойствам.

Подбор смесей является ответственной операцией, требующей хорошего знания применяемых видов сырья, характеристики пряжи и изделий из нее, особенностей ассортимента. От состава смеси зависят свойства пряжи и изделий из нее: прочность, внешний вид, носкость и др. Состав смеси обуславливает технико-экономические и финансовые результаты работы предприятий. Поэтому первой задачей технолога является правильный подбор состава смесей с учетом строения и свойств волокон компонентов, а также назначения, внешнего вида и стоимости изделий. Второй задачей является составление плана подготовки компонентов к смешиванию с последующим осуществлением этих планов.

Смеси можно разделить на основные группы в зависимости от сырьевого состава и требований, предъявляемых к пряже.

Все смеси из шерсти можно подразделить на четыре основные группы:

- 1-я – смеси, содержащие тонкую шерсть,
- 2-я – смеси, содержащие полутонкую шерсть,
- 3-я – смеси, содержащие полугрубую шерсть,
- 4-я – смеси, содержащие грубую шерсть.

Каждую группу смесей можно, в свою очередь, подразделить на смеси чистошерстяные и смешанные с химическими волокнами различных видов.

Смешанные смеси по своему составу подразделяются на три основные вида:

- смеси натуральной шерсти и вискозного штапельного волокна с обязательным вложением малой дозы капроновых волокон (5–10 %), улучшающих протекание технологического процесса и повышающих износостойкость;
- смеси натуральной шерсти и синтетических штапельных волокон;
- трехволоконные смеси, образуемые из натуральной шерсти, вискозного волокна и синтетических волокон.

Смеси для получения аппаратной пряжи составляют как малокомпонентные, так и многокомпонентные. В состав многокомпонентных смесей в аппаратной системе прядения, помимо шерсти и химических волокон, входят прядомые отходы камвольного производства, восстановленная шерсть и отходы суконного производства. Ввиду большого разнообразия смесей унификация их состава будет способствовать нормализации производства аппаратной пряжи.

5.3 Основные требования к составлению смесей для гребенной и аппаратной систем прядения

Существует ряд общих требований, которые предъявляются к составу смеси, как для камвольной, так и для аппаратной пряжи:

- смеси следует составлять в соответствии с требуемым качеством готовых изделий, их художественным и колористическим оформлением, причем состав компонентов должен обеспечивать нормальное протекание технологических процессов прядения, ткачества, трикотажного производства и отделки;
- все компоненты смеси должны быть исследованы в фабричной лаборатории для определения качества или сортности, длины, линейной плотности, прочности, содержания посторонних примесей и других свойств, причем особое внимание следует обращать на показатели неровноты свойств;
- все компоненты смеси должны быть исследованы в фабричной лаборатории для определения качества или сортности, длины, линейной плотности, прочности, содержания посторонних примесей и других свойств, причем особое внимание следует обращать на показатели неровноты свойств;
- при составлении смеси следует учитывать породное происхождение шерсти, место ее производства и способ промывки, так как эти факторы значительно влияют на прядильную способность смесей;
- мериновую шерсть следует вводить в смеси для получения чистошерстяных изделий, тонкую помесную шерсть смешивать с химическими волокнами – для получения изделий из смешанной пряжи;
- недопустимо смешивать шерсть белого цвета с темной, что обесценивает использование шерсти белого цвета и ухудшает внешний вид изделий;

– размер партий должен быть возможно большим: чем больше объем партии, тем меньше перезаправок, лучше используется сырье, меньше отходов, выше производительность оборудования.

Существует несколько специфических требований, которые должны выполняться при составлении смесей для гребенной пряжи:

– не допускается использование короткой, дефектной и ослабленной по прочности шерсти;

– для составления смесей в камвольной системе прядения должна применяться тонкая и полутонкая шерсть со средней длиной не менее 55 мм, высший, I и II сорта помесной шерсти с длиной пуховой части волокон от 55 до 70 мм;

– для получения высококачественной пряжи допустимо смешивание шерсти только соседних качеств мериносовой шерсти, но не следует допускать смешивание мериносовой шерсти с помесной шерстью одноименных качеств.

В аппаратной системе прядения используется более разнообразное по качеству сырье, в том числе различные отходы производства, в связи с чем к смесям для переработки по данной системе установлен ряд дополнительных требований и рекомендаций:

– в состав смесей с натуральной шерстью высокого качества, кроме ровничного лома, следует вводить лишь химические волокна, правильно подобранные по длине, тонине и прочности; не следует вводить короткие отходы производства;

– из восстановленной шерсти и отходов производства следует составлять смеси с химическими волокнами без вложения натуральной шерсти, вырабатывая из таких смесей пряжу специальных артикулов;

– в смеси для ворсовых тканей следует вкладывать прочную, упругую шерсть и не вкладывать коротких волокон восстановленной шерсти, сдира, аппаратных выпадов и других оборотов; нельзя вкладывать дефектную и очень короткую шерсть, ввиду того, что ворсовая поверхность ткани будет непрочной, так как короткие волокна не будут в ней удерживаться;

– следует практиковать отдельные смеси для выработки основной и уточной пряжи, вводя в состав смесей для получения основы более длинные и прочные волокна. В настоящее время данное требование может выполняться не всегда. Для переработки на высокопроизводительных ткацких станках нити основы и утка могут вырабатываться из одинаковых по составу смесей;

– в смеси для подкладочных утков, не подвергающихся ворсованию, не следует вкладывать натуральную шерсть; вырабатывать такую пряжу рекомендуется из восстановленной шерсти и различных отходов производства;

– в смеси для смешанных, полшерстяных и чистошерстяных рисунчатых тканей, содержащих в просьновке вискозные нити или хлопчатобумажную пряжу, следует вводить шерсть, камвольные обороты, из которых путем карбонизации удалены репей и другие растительные примеси;

- в состав смесей для чистошерстяных гладких тканей, которые подвергают карбонизации в отделке, можно вводить сорную и в отдельных случаях репейную шерсть;
- восстановленную шерсть, разработанную из полушерстяного лоскута, а также все виды смешанных (полушерстяных) оборотов нельзя вводить в состав чистошерстяных смесей;
- волокна восстановленной шерсти, оборотов и отходов не должны огрублять состав смеси; тонины их должны быть не меньше тонины волокна натуральной шерсти;
- для тканей, подвергающихся значительной увалке, в состав смесей для утков необходимо вводить большее количество чистошерстяных, более коротких и тонких волокон, чем в смесях для основы, что придает тканям мягкость, пушистость и хороший застил.

5.4 Выбор параметров химических волокон для смешивания с шерстью

5.4.1 Выбор линейной плотности (тонины) химических волокон

Как указывалось ранее, чем тоньше волокна, тем большее их количество расположится в поперечном сечении пряжи одной и той же линейной плотности (толщины), и такая пряжа будет иметь меньшую неровноту. Возрастает и ее прочность, так как при увеличении площади соприкосновения большего числа тонких волокон возрастут силы трения между волокнами. Из более тонкого волокна можно вырабатывать более тонкую и упругую пряжу, так как в ее поперечном сечении будет необходимое количество волокон для получения продукта нормального качества.

С другой стороны, вследствие уменьшения абсолютной прочности очень тонкие химические штапельные волокна, особенно вискозные, не выдерживают усилий, возникающих в процессе кардочесания, обрываются и, образуя большое количество узелков, ухудшают качество прочеса. Такое явление четко проявляется при совместном кардочесании волокон, когда неровнота по тонине основной массы шерсти и штапельных волокон достигает ощутимых величин, затрудняющих установление нормальных разволок между рабочими органами. Поэтому лучшие результаты при переработке шерсти с химическими штапельными волокнами достигаются, если неровнота волокон смеси по тонине уменьшается по сравнению с неровнотой исходной шерсти в пределах определенных значений.

Рассмотрим распределение волокон шерсти 64^K по классам тонины (рисунок 5.1). Наибольшим по количеству волокон классом тонины однородной шерсти является класс от 18,5 до 22,5 мкм. При подборе химического волокна для смешивания с такой шерстью необходимо стремиться к тому, чтобы количество волокон этого класса не уменьшилось, а увеличилось.

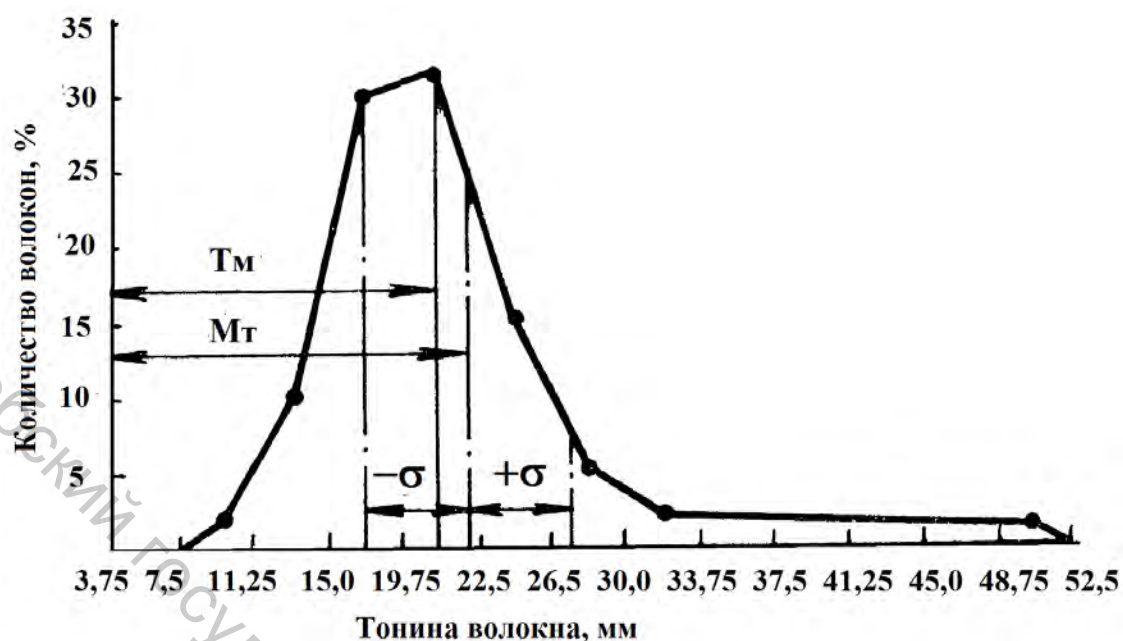


Рисунок 5.1 – Распределение волокон однородной шерсти 64^К по классам тонины

Следовательно, для уменьшения неровноты смеси по тонине волокон и повышения ее придильной способности необходимо, чтобы тонина химических волокон соответствовала модальной тонине шерсти. Однако невозможно обеспечить точное соответствие данных значений, так как химические волокна выпускаются определенных линейных плотностей, а значит, их толщина может отличаться от модальной тонины волокон шерсти.

Для выполнения данного условия необходимо рассчитать два параметра, то есть два граничных значения тонины химического волокна.

Первый параметр для выбора тонины штапельного волокна для смешивания с однородной шерстью

$$П_{1o} = T_M, \quad (5.1)$$

где T_M – средняя тонина класса шерсти, представляющего модальную тонины в мкм.

Из кривой распределения волокон шерсти по тонине следует, вложение химических волокон толщиной в границах отрицательного значения среднего квадратического отклонения волокон шерсти по тонине уменьшает толщину волокон смеси и неровноту по данному свойству по сравнению с исходной шерстью. В связи с этим второй параметр для выбора тонины штапельного волокна для смешивания с однородной шерстью

$$П_{2o} = M_T - \sigma, \quad (5.2)$$

где M_T – средняя тонина шерсти, мкм; σ – среднее квадратическое отклонение тонины, мкм.

Диапазон рекомендуемой линейной плотности химических волокон при смешивании с шерстью рассчитывается следующим образом:

– верхняя граница

$$T_{2o} = \frac{\pi \gamma T_M^2}{4} A, \quad (5.3)$$

– нижняя граница

$$T_{2o} = \frac{\pi \gamma (M_T - \sigma)^2}{4} \cdot A, \quad (5.4)$$

где γ – плотность волокна, г/см³; A – поправочный коэффициент, учитывающий неравномерность химических волокон по толщине ($A = 0,9-0,95$).

На рисунке представлено влияние толщины химического штапельного волокна на среднюю тонины и коэффициент вариации волокон их смеси с шерстью 70^К. Можно отметить, что минимальная неравномерность волокон смеси по тонине достигается при вложении в смесь волокон линейной плотности 333 мтекс, попадающей в расчетный диапазон.

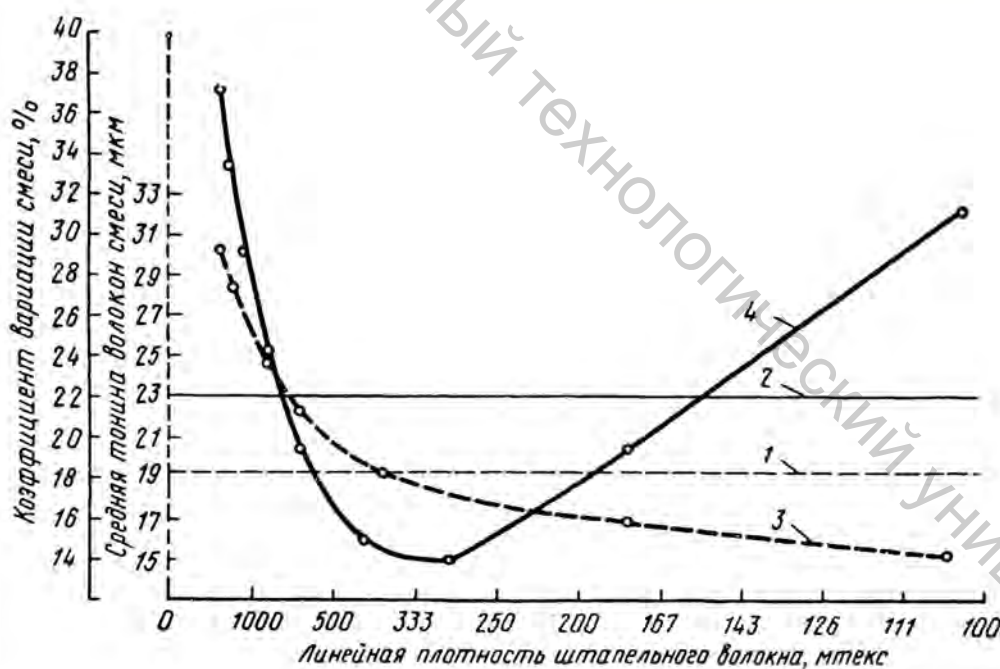


Рисунок 5.2 – Диаграмма изменения средней тонины и коэффициента вариации волокон смеси шерсти 70^К и химического штапельного волокна:

1 – средняя тонины волокон шерсти; 2 – коэффициент вариации волокон шерсти; 3 – тонины волокон смеси; 4 – коэффициент вариации волокон смеси по тонине

Указанными рекомендациями нельзя пользоваться при подборе химических волокон для смешивания с неоднородной шерстью, так как эта шерсть характеризуется наличием пуховых, переходных и остевых волокон, существенно

различающихся по тонине. В неоднородной шерсти пуховых волокон содержится от 50 до 72 %, переходных волокон – от 18 до 33 %, тонкой ости – от 2,5 до 13,5 %, ости средней толщины – от 0,25 до 1,5 %, грубой ости и мертвого волоса – от 0,15 до 1,15 %.

На рисунке 5.3 представлено распределение волокон неоднородной шерсти по тонине. Для данного примера средняя тонина волокна составляет 30,8 мкм, что несколько больше средней тонины волокна пуховой части (30 мкм), что объясняется наличием более грубых волокон ости.

В то же время наибольшую часть волокон неоднородной шерсти составляют именно пуховые волокна, самые ценные в технологическом отношении. Поэтому при выборе толщины химических волокон для смешивания с неоднородной шерстью следует учитывать только волокна пуховой части.

Первый параметр для выбора тонины штапельного волокна для смешивания с неоднородной шерстью

$$P_{IH} = T_{M.П.}, \quad (5.5)$$

где $T_{M.П.}$ – модальная тонина пуховой части неоднородной шерсти, мкм.

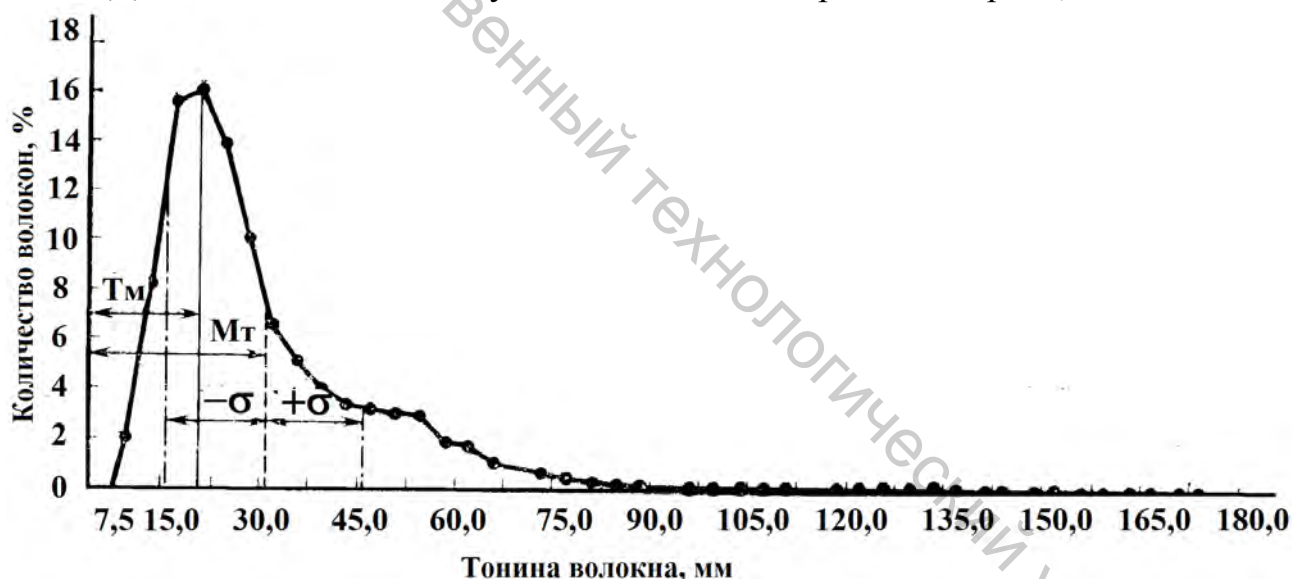


Рисунок 5.3 – Распределение волокон неоднородной шерсти по тонине

При вложении в смесь химических волокон толщиной меньше модальной тонины волокон пуховой части неоднородной шерсти увеличится неровнота шерсти по этому показателю, в результате чего ухудшится протекание технологического процесса. Вложение химических волокон, толщина которых находится в пределах положительного значения среднего квадратического отклонения тонины пуховой части неоднородной шерсти, уменьшит среднюю тонину и неровноты волокон смеси по сравнению с исходной шерстью.

Поэтому второй параметр для выбора тонины штапельного волокна для смешивания с неоднородной шерстью рекомендуется рассчитывать по следующей формуле

$$P_{2H} = M_{T.П.} + \sigma_{П.} \quad (5.6)$$

где $M_{T.П.}$ – средняя тони́на пуховой части неоднородной шерсти, мкм; $\sigma_{П.}$ – среднее квадратическое отклонение тонины пуховой части неоднородной шерсти, мкм.

При дальнейших расчетах линейной плотности химических волокон коэффициент A можно не учитывать.

5.4.2 Выбор длины химических волокон

При смешивании шерсти с химическими волокнами необходимо добиваться уменьшения долевого содержания коротких волокон, неровнота волокон смеси по длине при этом должна уменьшаться.

При выборе длины волокна необходимо учитывать следующие условия:

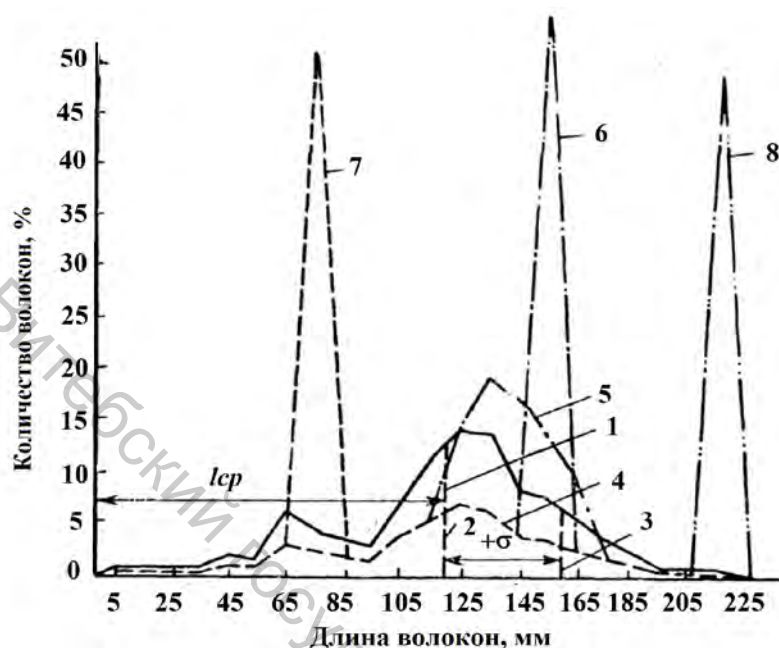
Первое условие. Нельзя вкладывать штапельное волокно длиной меньше средней длины волокон шерсти, так как это ухудшает свойства продукта: снижает среднюю длину волокон смеси, увеличивает ее неравномерность и количество коротких волокон.

Второе условие. Нельзя подбирать длину штапельного волокна в границах отрицательного значения среднего квадратического отклонения, так как длина волокон будет ниже средней длины шерсти.

Третье условие. При выборе длины штапельного волокна следует учитывать коэффициент вариации смеси. Волокна смеси должны иметь значительно меньший коэффициент вариации по сравнению с исходной шерстью, но большую среднюю длину волокон.

Четвертое условие. Для смешивания с шерстью рекомендуется применять штапельное волокно переменной длины.

Анализируя диаграммы, представленные на рисунке 5.4, можно отметить, что выполнение всех указанных условий (кривая 5) позволяет получить наиболее равномерную смесь по длине волокон.



- 1 – средняя длина волокон шерсти;
 2 – 3 – границы положительного значения квадратического отклонения длины волокон шерсти;
 4 – распределение по длине волокон шерсти, входящих в состав смеси в количестве 50 %;
 5 – распределение по длине волокон смеси при подборе штапельного волокна переменной длины;
 6 – распределение по длине волокон смеси со штапельным волокном длиной 155 мм;
 7 – распределение по длине волокон смеси при смешивании со штапельным волокном длиной 75 мм;
 8 – распределение по длине волокон смеси со штапельным волокном длиной 215 мм

Рисунок 5.4 – Диаграмма распределения по длине волокон неоднородной шерсти и смесей ее со штапельным волокон различной длины в соотношении 50/50

С учетом изложенных условий В.Е. Гусев предложил определять минимальную L_1 и максимальную L_2 длину химических волокон для смешивания с шерстью по следующим формулам:

$$L_1 = L_{CP} K_1 K_2, \quad (5.7)$$

$$L_2 = L_{CP} + \sigma + n l, \quad (5.8)$$

где L_{CP} – средняя длина волокон шерсти, мм; $K_1 = 1,05 \dots 1,10$ – коэффициент, учитывающий степень неравномерности штапельного волокна по длине; $K_2 > 1$ – коэффициент, учитывающий степень укорчения волокон в процессе переработки; σ – среднее квадратическое отклонение длины волокон шерсти, мм; $l = 10$ мм – классовый промежуток длины волокон в диаграмме распределения; n – число классовых промежутков:

- для тонкой шерсти $n = 0$;
- для однородной полутонкой шерсти $n = 1$;
- для неоднородной шерсти $n = 1 \dots 3$.

5.4.3 Высший расчетный номер пряжи

В аппаратном прядении шерсти качественной оценкой смеси является высший расчетный номер пряжи N_P^B . Он является аналогом прядильной способности волокна в хлопкопрядении и рассчитывается по формуле

$$N_P^B = \frac{1000}{T_{min}}, \quad (5.9)$$

где T_{min} – минимальная линейная плотность пряжи, которую можно получить из данной смеси, текс.

При выработке пряжи из смеси различных компонентов высший расчетный номер рассчитывается по формуле

$$N_P^B = \sum N_{КОМ} \cdot a_{КОМ}, \quad (5.10)$$

где $N_{КОМ}$ – номер пряжи при выработке ее только из волокон одного компонента; $a_{КОМ}$ – долевое содержание в смеси соответствующего компонента.

В случае вложения в смесь отходов и оборотов необходимо учитывать тот факт, что различные виды отходов характеризуются существенными различиями по свойствам, даже если они выделялись из одинаковой смеси волокон в процессе переработки.

Высший расчетный номер для каждого вида отходов (оборотов) рассчитывается по формуле:

$$N_{ОБР}^B = N_P^B \cdot K_{ОБР}, \quad (5.11)$$

$K_{ОБР}$ – понижающий коэффициент, N_P^B – высший расчетный номер смеси, из которой выделился данный вид отходов или оборотов.

Значения понижающих коэффициентов рекомендуется принимать из следующих диапазонов:

- для ровничного лома $K_{ров} = 0,95 - 0,97$;
- для крутых концов $K_{кр} = 0,75 - 0,8$;
- для выпадов аппаратных $K_{вып} = 0,65 - 0,75$;
- для сдира аппаратного $K_{сд} = 0,65 - 0,7$.

Высший расчетный номер смеси с вложением компонентов исходного сырья с высшими расчетными номерами $N_{КОМ}$ и отходов (оборотов) рассчитывается по формуле

$$N_P^B = 1,2 \cdot \frac{\sum N_{КОМ} \cdot a_{КОМ}}{1 - \sum N_{ОБР}^B \cdot a_{ОБР}}. \quad (5.12)$$

Коэффициент (1,2) учитывается, если в технологическом процессе используются современные кольцевые прядильные машины.

В таблице 5.10 приведены расчетные значения высшего номера пряжи, полученной из различных видов исходного сырья.

Таблица 5.10 – Расчетные значения высшего номера пряжи

Сырье	Высший расчетный номер пряжи	
	Без учета повышающего коэффициента (1,2)	С учетом повышающего коэффициента (1,2)
Тонкая шерсть третьей длины 70 ^К	20	24
Мериносовая шерсть 64 ^К	18,6	22,3
Мериносовая шерсть 60 ^К	17,3	20,8
Помесная шерсть 58/56 ^К	16,3–17,3	19,6–20,8
Помесная полугрубая шерсть	10,5–14,2	12,6–17,0
Грубая шерсть	5–12,6	6–15,1
Штапельное химическое волокон	16–20	19,2–24

При вложении в смесь химических волокон в формулу для расчета высшего номера вводятся дополнительные поправочные коэффициенты, с учетом которых формула принимает следующий вид:

$$N_P^B = H(N_1 a_1 + N_2 a_2 + \dots + N_n a_n) K_D K_T K_{II} K_Y, \quad (5.13)$$

где H – поправочный коэффициент, учитывающий повышение прядильной способности в зависимости от уровня техники и технологии прядения; N_i – высший прядильный номер пряжи из i -того компонента; a_i – массовая доля i -того компонента в смеси; K_D – коэффициент, учитывающий влияние длины химических волокон; K_T – коэффициент, учитывающий влияние тонины химических волокон; K_{II} – коэффициент, учитывающий влияние прочности химических волокон; K_Y – коэффициент, учитывающий влияние удлинения химических волокон.

Если длина химических волокон соответствует средней длине волокон шерсти, то коэффициент K_D принимается равным 1. При увеличении длины химического волокна или уменьшении его линейной плотности по сравнению с аналогичными показателями волокон шерсти коэффициенты K_D и K_T будут больше 1. В противном случае коэффициенты принимаются меньше 1. Аналогично меняется и значение коэффициента K_{II} .

Минимальная линейная плотность камвольной пряжи, а значит и высший расчетный номер, определяется с учетом минимального количества волокна в ее сечении, равном 40.

При таком числе волокон процесс прядения стабилен, а качество пряжи отвечает установленным требованиям.

На рисунке 5.5 представлены кривые изменения числа волокон в поперечном сечении пряжи из смеси тонкой камвольной шерсти 64^к и химических волокон (50/50) в зависимости от линейной плотности штапельного волокна и пряжи.

Анализируя представленные графики, можно отметить, что из смесь с вложением химических волокон линейной плотности 0,4 текс не рекомендуется вырабатывать пряжу тоньше 17,9 текс. Снижение линейной плотности волокна до 0,22 текс позволяет вырабатывать из смеси пряжу линейной плотности 12,5 текс.

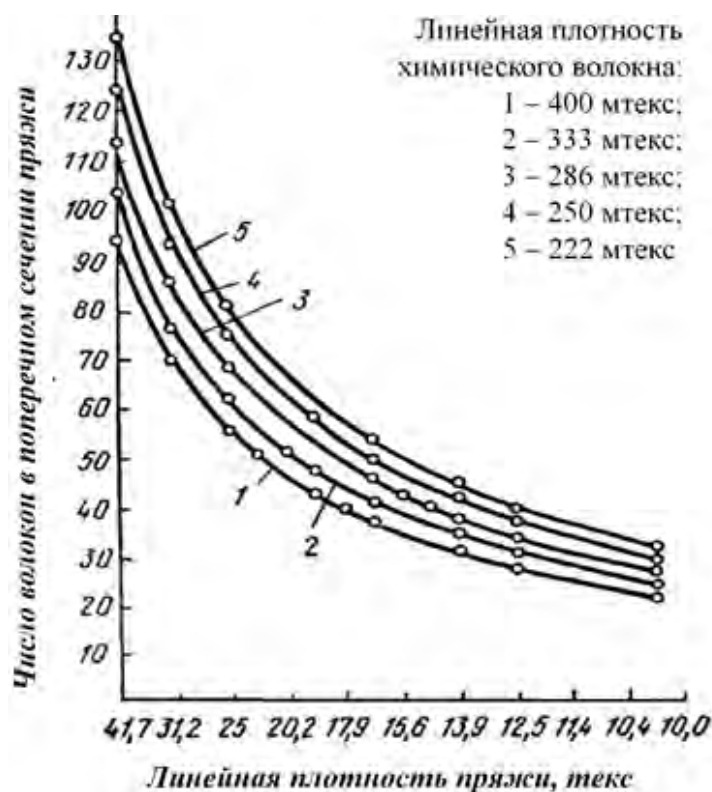


Рисунок 5.5– Влияние линейной плотности химического волокна и полушерстяной пряжи и на количество волокон в ее сечении

Резерв прядильной способности введен М.В. Эммануэлем для сопоставления расчета наименьшей линейной плотности пряжи $T_{P\min}$ с фактической линейной плотностью пряжи T_ϕ , которую планируется вырабатывать из смеси волокон.

$$R = \frac{T_\phi - T_{P\min}}{T_\phi} 100. \quad (5.14)$$

Резерв также может быть рассчитан и через высший расчетный номер пряжи

$$R = \frac{N_P^B - N_\phi}{N_P^B} 100, \quad (5.15)$$

где N_ϕ – фактический номер вырабатываемой пряжи.

Значение резерва прядильной способности колеблется в пределах 15–30 % в зависимости от вида и назначения пряжи, уровня техники и технологии производства. Большое значение резерва прядильной способности свидетельствует о том, что из выбранного сырья может быть выработана пряжа значительно более высокого качества, чем планируется. Данный вывод является основанием для корректировки состава волокнистой смеси.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кукин, Г. Н. Текстильное материаловедение (исходные текстильные материалы) : учебник для вузов / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев. – 2-е изд., перераб и доп. – Москва : Легпромбытиздат, 1985. – 216 с.
2. Рыклин, Д. Б. Технология и оборудование для производства волокнистого настила : учебное пособие / Д. Б. Рыклин. – Витебск : УО «ВГТУ», 2010. – 205 с.
3. Проектирование прядильных производств : учебное пособие / А. Г. Коган [и др.]. – Витебск : УО «ВГТУ», 2001. – 210 с.
4. Справочник по хлопкопрядению / В. П. Широков [и др.] ; под ред. В. П. Широкова. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1985. – 472 с.
5. Прядение хлопка и химических волокон (проектирование смесей, приготовление холстов, чесальной и гребенной ленты) : учебник для вузов / И. Г. Борзунов [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 376 с.
6. Иброгимов, Х. И. Теория процессов технологии подготовки хлопка к джинированию : монография / Х. И. Иброгимов, Р.В. Корабельников. – Кострома : Изд-во Костром. гос. технол. ун-та, 2009. – 161 с.
7. Разумеев, К. Э. Сырье для предприятий шерстяной отрасли промышленности : конспект лекций : учебное пособие / Разумеев К. Э. ; – 2-е изд. – Москва : МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2003. – 205 с.
8. Протасова, В. А. Прядения шерсти и химических волокон (приготовление аппаратной ровницы и чесальной ленты) / В. А. Протасова, Б. Е. Бельшев, П. М. Панин – Москва : Легпромбытиздат, 1987. – 294 с.
9. Гусев В. Е. Прядение шерсти и химических волокон : учебник для вузов / В. Е. Гусев [и др.] – Москва : Легкая индустрия, 1974 – 550 с.
10. Медвецкий, С. С. Переработка химических волокон и нитей : учебное пособие / С. С. Медвецкий. – Витебск : УО «ВГТУ», 2012. – 323 с.
11. Ушакова, К. Н. Основы производства и подготовки к текстильной переработке химических волокон : учебник для вузов / К. Н. Ушакова. – Москва : Легпромбытиздат, 1991. – 352 с.
12. Перепелкин, К. Е. Химические волокна: развитие производства, методы получения, перспективы : монография / К. Е. Перепелкин. – Санкт-Петербург : РИО СПбГУТД, 2008. – 354 с.
13. Uster HVI 1000 : Application Handbook. – Uster, 2008.
14. Uster Statistics 2013.
15. Материалы сайта: uster.com.
16. Материалы сайта: rieter.com.
17. Материалы сайта: sohim.by.
18. Материалы сайта: psu.by.

Учебное издание

Рыклин Дмитрий Борисович

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ПРЯДЕНИЮ**

Конспект лекций

Редактор *Н.В. Скобова*

Технический редактор *З.П. Снарская*

Корректор *Н.В. Медведева*

Компьютерная верстка *Д.Б. Рыклин*

Подписано к печати 09.03.17. Формат 60x90 1/16. Усл.печ.листов 3,56

Уч.-изд. лист. 7,0 Тираж 85 экз. Заказ № 99

Учреждения образования «Витебский государственный технологический университет» 210035, г. Витебск, Московский пр–т, 72.

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

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